

Evaluasi Sistem Proteksi pada Jaringan Tegangan Menengah Kabupaten Kepulauan Selayar

M. Akmal Hidayat

Prodi Teknik Elektronika, Akademi Teknologi Industri Dewantara Palopo, Jalan K.H Ahmad Razak 2 No 7, Wara Selatan, Kota Palopo, Sulawesi Selatan, Indonesia

Email : akmalhidayat@atidewantara.ac.id

Abstrak

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk mengetahui tingkat selektifitas *relay* proteksi pada jaringan tegangan menengah di Pulau Selayar bagian selatan yang meliputi tingkat selektifitas *Over Current Relay* (OCR) dan *Ground Fault Relay* (GFR). Pendistribusian tenaga listrik seringkali mengalami gangguan, dan gangguan yang sering terjadi diantaranya adalah gangguan hubung singkat. Oleh karena itu untuk meminimalisir gangguan tersebut diperlukan sistem proteksi yang memenuhi persyaratan sensitifitas, keandalan, selektifitas dan kecepatan, yang semuanya tergantung pada ketepatan dalam *setting* peralatan proteksinya. Salah satu peralatan proteksi yang di gunakan dalam jaringan tegangan menengah di pulau selayar adalah *Over Current Relay* (OCR) dan *Ground Fault Relay* (GFR), yaitu *relay* yang berfungsi menginstruksikan PMT untuk membuka sehingga gangguan pada jaringan tegangan menengah yang terganggu dapat dipisahkan dari sistem pendistribusian tenaga listrik.

Kata Kunci : *Proteksi, Tegangan Menengah, Relay, OCR, GFR*

1. Latar Belakang

Selayar merupakan salah satunya daerah yang terpisah dari daratan pulau Sulawesi, sehingga keandalan dan keamanan system tenaga listrik, sangat penting dalam mendukung kegiatan Industri maupun kehidupan sehari-hari bagi warga Kabupaten Kepulauan Selayar. Faktor frekuensi dan lama gangguan pasokan tenaga listrik yang mungkin terjadi harus diperhatikan dan di pertimbangkan dengan sangat hati-hati sebab faktor-faktor tersebut dapat berpengaruh terhadap aktivitas industri maupun kegiatan sehari-hari [8], suatu sistem proteksi di katakan layak apabila memenuhi persyaratan proteksi yaitu *kehandalan, kecepatan, sensitivitas dan selektivitas* [5]. Oleh sebab itu, evaluasi perlu dilakukan untuk mengetahui tingkat selektifitas relay proteksi pada pada Feeder Tabang di Pulau

Selayar sudah sesuai dengan standar yang ditetapkan.

2. Metodologi

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif, yang bertujuan bertujuan mendeskripsikan atau menggambarkan hasil penelitian dalam bentuk angka, sesuai hasil perhitungan dari data yang di dapatkan di lapangan. Untuk mengumpulkan data yang dibutuhkan dalam penelitian ini, beberapa hal yang dilakukan adalah observasi, wawancara, studi literatur dan dokumentasi yaitu pengumpulan data mengenai proteksi arus lebih pada Jaringan Tegangan Menengah PT. PLN (Persero) Rayon Selayar Cabang Bulukumba secara langsung di lapangan dengan melakukan pengamatan secara langsung dilapangan serta melakukan interview dan dokumentasi terhadap data-

data yang diperlukan untuk melakukan penelitian.

Agar diperoleh suatu jawaban dari permasalahan penelitian yang telah dirumuskan, maka dibutuhkan analisis data empiris yang telah diperoleh (dikumpulkan) selama penelitian berlangsung. Sesuai dengan metode penelitian yang dikemukakan sebelumnya maka teknik analisa data yang digunakan adalah teknik deskriptif. Dengan menggambarkan jenis relay proteksi yang digunakan, serta menyajikan data perhitungan relay proteksi pada jaringan tegangan menengah yang di gunakan di Kabupaten Kepulauan Selayar dengan bantuan Software pengolah angka *Microsoft Excel*.

3. Hasil dan Pembahasan

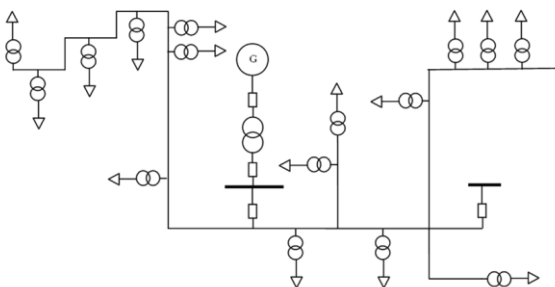
Berdasarkan hasil wawancara dengan staff teknik PLN gangguan yang mengakibatkan pemadaman pada tahun 2015, gangguan yang sering terjadi dalam jaringan adalah gangguan arus hubung singkat yang di sebabkan oleh pengaruh alam seperti: angin kencang dan pepohonan yang mengganggu SUTM.

Tabel 1. Data *Setting Relay* Lapangan

No.	Nama Feeder	Jenis Relay	CT	Relay Type	Iset (A)	Time(ms)	Ket
1.	Feeder Tabang	OCR	200/5	SEPAM	40	100	SIT
		GFR		1000 S 20	20	100	DT

Tabel 2. Data *Feeder* Tabang

No.	Nama Feeder	Panjang Feeder (KM)	Imaks(A)
1.	Feeder Tabang	7,13	22



Gambar 1. *Single Line SUTM Feeder* Tabang

Pada sistem kelistrikan Kabupaten Selayar bagian selatan, terdapat beberapa penyulang yang melayani beberapa wilayah di kabupaten kepulauan selayar. Adapun data-data yang diperlukan untuk analisis ini adalah sebagai berikut:

a. Impedansi Sumber

Impedansi sumber

$$(Z_s) = \frac{kV^2}{MVA} \quad (1)$$

$$= \frac{37,8^2}{9,8} = 3,85 \Omega$$

dikonversikan impedansi yang terletak di sisi 44,1 kV ke sisi 20 kV

$$\frac{37, kV^2}{3,85 \Omega} = \frac{20 kV^2}{Z_{s20}}$$

$$Z_{s20} = \frac{20^2}{37,8} \times 3,85$$

$$Z_{s20} = 40,7 \Omega$$

b. Impedansi Trafo Tenaga

Impedansi dasar pada trafo (100%) sisi 20 kV

$$Z_T = \frac{kV^2}{MVA} \quad (2)$$

$$Z_T = \frac{20kV^2}{10} = 40 \Omega$$

Reaktansi trafo = 10 %

$$X_T = 10\% \times 40 \Omega$$

$$= 4 \Omega (X_{T \text{urutan}} + \text{dan-})$$

$$X_{T0} = 3 \times 4 \Omega$$

$$X_{T0} = 12 \Omega$$

c. Impedansi Feeder

Menghitung impedansi penyulang, impedansi penyulang ini dihitung tergantung dari besarnya impedansi per meter penyulang yang bersangkutan, dimana besar nilainya ditentukan dari konfigurasi tiang yang digunakan untuk

jaringan SUTM atau dari jenis kabel tanah untuk jaringan SKTM. Dalam perhitungan disini diambil dengan impedansi $Z=(R+jX)\Omega/km$.

Tabel 3. Data Teknis Kabel AAAC/mm²

Kabel A3C	Impedansi Urutan Positif (ohm)/km	Impedansi Urutan Nol (ohm)/km
(70mm ²)	0,4608 + j0,3572	0,6088 + j1,6447

(SPLN 64:1985)

Dari data yang di peroleh bahwa jenis penghantar yang di gunakan pada penyulang Tabang hanya menggunakan satu buah tipe kabel yaitu AAAC (*All-Aluminium-Alloy-Conductor*) 70 mm². Panjang penyulang = 7,13 km, dan panjang penghantar AAAC (*All-Aluminium-Alloy-Conductor*) 70 mm² = 7,13 km.

Dengan demikian nilai impedansi penyulang untuk lokasi gangguan yang dalam perhitungan ini disimulasikan terjadi pada lokasi dengan jarak 0%,25%,50%,75%dan 100% panjang penyulang.

- 1) Impedansi Urutan Positif, Negatif dan Nol ($Z_1=Z_2$)
 $Z_1=Z_2 = \text{Panjang Feeder} \times Z \text{ perkm.}$

Tabel 4. Impedansi Urutan + dan -

$(Z_1=Z_2)$			
Feeder Tabang			
%		R	jX
25	0,25 x 7,13 km x (0,4608 + j0,3572)Ω/km	0,821376	0,636709
50	0,5 x 7,13 km x (0,4608 + j0,3572)Ω/km	1,642752	1,273418
75	0,75 x 7,13 km x (0,4608 + j0,3572)Ω/km	2,464128	1,910127
100	1,00 x 7,13 km x (0,4608 + j0,3572)Ω/km	3,285504	2,546836

- 2) Impedansi Urutan Nol (Z_0)

Tabel 5. Impedansi Urutan Nol

(Z_0) Feeder Tabang			
%		R	jX
25	0,25 x 7,13 km x (0,6088 + j1,6447)Ω/km	1,085186	2,9316775
50	0,5 x 7,13 km x (0,6088 + j1,6447)Ω/km	2,170372	5,8633555
75	0,75 x 7,13 km x (0,6088 + j1,6447)Ω/km	3,255558	8,79503325
100	1,00 x 7,13 km x (0,6088 + j1,6447)Ω/km	4,340744	11,726711

- 3) Impedansi Ekuivalen Jaringan

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = Z_s + Z_T + Z \text{ saluran} \quad (4)$$

$$= j40,7 + 4 + Z_{feeder}$$

$$= j44,7 + Z_{feeder}$$

Karena lokasi gangguan di asumsikan terjadi pada 25%, 50%, 75%, 100% dari panjang saluran maka $Z_{1eq}(Z_{2eq})$ yaitu :

Tabel 6. Impedansi equivalenten urutan Positif dan Negatif

$(Z_{1eq}=Z_{2eq})$			
Feeder Tabang			
%		R	jX
25	44,7 + (0,821376 + j0,636709)Ω/km	0,821376	45,337
50	44,7 + (1,642752 + j1,273418)Ω/km	1,642752	45,973
75	44,7 + (2,464128 + j1,910127)Ω/km	2,464128	46,610
100	44,7 + (3,285504 + j2,546836)Ω/km	3,285504	47,247

- 4) Impedansi Ekuivalen Urutan Nol (Z_{0eq})

Perhitungan Impedansi Urutan Nol

$$(Z_{0eq}) = Z_{T0} + 3RN + Z_0 \text{ saluran} \quad (5)$$

$$= j12 + (3 \times 40) + Z_0 \text{ saluran}$$

$$= j12 + 120 + Z_0 \text{ saluran}$$

Karena lokasi gangguan di asumsikan terjadi pada 25%, 50%, 75%, 100% maka Z_{0eq} menghasilkan :

Berdasarkan analisis dari kelima aspek tersebut dan didukung oleh analisis sensitivitas, maka rencana investasi usaha daur ulang kertas di wilayah Jawa Barat khususnya dapat memenuhi kebutuhan permintaan kertas daur ulang dan layak untuk dijadikan alternative usaha bagi masyarakat setidaknya untuk lima tahun mendatang.

Tabel 7. Impedansi Equivalenten Urutan Nol

(Z_{0eq})			
Feeder Tabang			
%		R	jX
25	j12 + 120 (1,085186 + j2,9316775)Ω/km	121,085186	14,93
50	j12 + 120 (2,170372 + j5,8633555)Ω/km	122,170372	17,86
75	j12 + 120 (3,255558 + j8,79503325)Ω/km	123,255558	20,80
100	j12 + 120 (4,340744 + j11,726711)Ω/km	124,340744	23,73

d. Arus Gangguan Hubung Singkat

1) Feeder Tabang

a) Gangguan Hubung Singkat 3 Phasa

Seperti di ketahui bahwa lokasi gangguan diasumsikan terjadi pada 25%, 50%, 75% dan 100%. Maka perhitungan hubung singkat 3 phasa adalah sebagai berikut:

Tabel 8. Perhitungan hubung singkat 3 phasa

% Panjang	Arus Gangguan Hub. Singkat 3 Phasa
25	254,6510 A
50	251,0091 A
75	247,3912 A
100	243,8078 A

b. Gangguan Hubung Singkat 2 Phasa

Seperti di ketahui bahwa lokasi gangguan di asumsikan terjadi pada 25%, 50%, 75% dan 100%.

Tabel 9. Perhitungan hubung singkat 2 phasa

% Panjang	Arus Gangguan Hub. Singkat 2 Phasa
25	220,5 A
50	217,4 A
75	214,2 A
100	211,1 A

c. Gangguan Hubung Singkat 1 Phasa ke tanah

Seperti di ketahui bahwa lokasi gangguan di asumsikan terjadi pada 25%, 50%, 75% dan 100%.

Tabel 10. Perhitungan hubung singkat 1 phasa ke tanah

% Panjang	Arus Gangguan Hub. Singkat 3 Phasa
25	132,5427 A
50	129,8449 A

75	127,2471 A
100	124,7530 A

e. Setelan relay di sisi feeder Tabang

Setelan relay yang terpasang di penyulang di hitung berdasarkan arus maksimum. Untuk relay inverse biasa di set sebesar 1,05 sampai 1,1 x imaks, sedangkan untuk relay definite di set sebesar 1,2 sampai dengan 1,3 x Imaks. persyaratan lain yang harus di penuhi yaitu untuk penyetelan waktu minimum dari relay arus lebih tidak lebih kecil dari 0,3 detik. Keputusan ini diambil agar relay tidak sampai trip lagi akibat adanya arus inrush dari trafo-trafo distribusi yang sudah tersambung di jaringan distribusi, pada PMT penyulang tersebut di masukkan

Tabel 11. IDMT standar inverse yang memakai standar IEC 60255

Karakteristik Rele	Standar IEC 60255
<i>Standard Inverse (SI)</i>	$T = TMS \times \frac{0.14}{I_r^{0.02} - 1}$
<i>Very Inverse (VI)</i>	$T = TMS \times \frac{0.14}{I_r^{0.02} - 1}$
<i>Extremely Inverse (EI)</i>	$T = TMS \times \frac{0.14}{I_r^{0.02} - 1}$
<i>Long Time Standart Earth Fault</i>	$T = TMS \times \frac{0.14}{I_r^{0.02} - 1}$

Sumber : Marsudi D [8].

f. Perhitungan Koordinasi OCR

Hasil Perhitungan Arus Hubung Singkat, di pergunakan untuk menentukan nilai setelan relay arus lebih terutama nilai setelan TMS (*Time Multiple Setting*).

1) Feeder Tabang

a) Setelan Arus

$$\begin{aligned} \text{Iset (primer)} &= 1,05 \times \text{Ibeban} \\ &= 1,05 \times 22 \text{ A} \\ &= 23,1 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Iset (sekunder)} &= 23,1 \times \frac{1}{\text{Rasio CT}} \\ &= 23,1 \times \frac{5}{200} \\ &= 0,6 \text{ A} \end{aligned}$$

b) Setelan waktu TMS

$$t = \frac{0,14 \times TMS}{\left[\frac{Ihs}{Iset} \right]^{0,02} - 1}$$

$$0,3 = \frac{0,14 \times TMS}{\left[\frac{124,7530}{23,1} \right]^{0,02} - 1}$$

$$TMS = 0,1$$

g. Perhitungan Koordinasi GFR

Setelan relay gangguan tanah pada sisi penyulang 20 kV Setelan arus untuk setelan arus di penyulang menggunakan pedoman yaitu setelan arus gangguan tanah di penyulang di set 10% x arus gangguan tanah terkecil di penyulang tersebut. Hal ini di lakukan untuk menampung tahanan busur.

1) Feeder Tabang

a) Setelan Arus

Iset (primer) = 10% x Arus Gangguan

Tanah Terkecil

$$= 0,1 \times 124,7530 \text{ A}$$

$$= 12,4753 \text{ A}$$

$$\text{Iset (sekunder)} = 12,4753 \times \frac{1}{\text{Rasio CT}}$$

$$= 12,4753 \times \frac{5}{200}$$

$$= 0,3 \text{ A}$$

b) Setelan waktu TMS

$$t = \frac{0,14 \times TMS}{\left[\frac{Ihs}{Iset} \right]^{0,02} - 1}$$

$$0,3 = \frac{0,14 \times TMS}{\left[\frac{132,5427}{12,4753} \right]^{0,02} - 1}$$

$$TMS = 0,1$$

h. Pemeriksaan Waktu Kerja Relay

Secara lengkap hasil hitungan waktu kerja sesuai standar inverse yang memakai standar IEC 60255 pada kondisi

25%, 50 % 75 % dan 100 % adalah sebagai berikut:

$$t = \frac{0,14 \times TMS}{\left[\frac{Ihs}{Iset} \right]^{0,02} - 1} \quad (5)$$

Tabel 12. Pemeriksaan waktu kerja relay

%	3 FASA	2 FASA	1 FASA
25	0,299 detik	0,300 detik	0,299 detik
50	0,301 detik	0,299 detik	0,299 detik
75	0,300 detik	0,301 detik	0,298 detik

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah di lakukan pada PT PLN Rayon Selayar, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Dari hasil perhitungan dan simulasi, kinerja *relay* tidak hanya di pengaruhi oleh nilai *setting* TMS nya saja, jarak gangguan dan besarnya arus gangguan yang terjadi mempengaruhi kerja dari *relay*.
- Setting* OCR dan GFR yang ada di PT. PLN Rayon Selayar Cabang Bulukumba, berdasarkan hasil perhitungan penulis di simpulkan bahwa *setting* relay yang di gunakan tidak *selektif*.

Daftar Pustaka

- [1] Affandi Irfan., Analisa setting relay arus lebih dan relay gangguan tanah pada penyulang sadewa di GI Cawang, FT. UI, Depok, 2009.
- [2] Alawiy T., Diktat Proteksi Sistem Tenaga Listrik, FT Universitas Islam Malang, 2006.
- [3] Hakim Yanuar., Diktat Proteksi Sistem Tenaga Listrik, Feeder Protection, 2002.
- [4] Hutauruk Ts., Pengetanahan Netral Sistem Tenaga & pengetanahan Peralatan, Erlangga, Jakarta 1999.

- [5] Tjandi Y, Kasim S., Buku Ajar Dasar-Dasar Proteksi STL, JPTE FT. UNM, Makassar, 2007.
- [6] Muddassir., Diktat Mata Kuliah, Distribusi sistem tenaga listrik.
- [7] Muddassir., Diktat Mata Kuliah, Proteksi Sistem Tenaga Listrik.
- [8] Marsudi Djiteng., Operasi Sistem Tenaga Listrik, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2006.
- [9] Mason, C. Russel. The Art and Science of Protective Relaying, New Delhi, 1979