

STUDI ANALISIS SETTING RELAY PENGAMAN DI PENYULANG NGURAH RAI I DAN PENYULANG NGURAH RAI II

I.K.Sutarjana¹, I.G.D Arjana², T.G.I.Partha³

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar 2015
Email : sutarjana82@gmail.com¹, dyanaarjana@ee.unud.ac.id², cokindra@ee.unud.ac.id³

Abstrak

Permasalahan gangguan di jaringan distribusi 20 kV seringkali menyebabkan terputusnya pasokan daya listrik kepada pelanggan. Salah satu penyebab keandalan sistem kurang baik adalah kesalahan koordinasi setting relay pada penyulang. Seperti yang terjadi pada penyulang Ngurah Rai I dan Penyulang Ngurah Rai II dimana terdapat kesalahan koordinasi setting antara relay pada pangkal penyulang yang terletak di Gardu Induk (GI) dengan relay pada di ujung jaringan yang terletak di Gardu Hubung (GH). Untuk memecahkan masalah tersebut maka perlu dianalisis setting relay yang sudah ada (eksisting). Untuk membuktikan koordinasi setting relay sudah sempurna, maka akan dilakukan simulasi menggunakan bantuan program computer yaitu Electrical Transient Analysis Program (ETAP). Dari hasil analisis diperoleh nilai setting dimulai dari setting Over Current Relay (OCR) pada pangkal penyulang (GI) 360 A dan Tms 0,36 sedangkan untuk nilai setting arus OCR pada ujung penyulang (GH) yang menggunakan relay directional 330 A dan TMS 0,16. Kemudian untuk setting GFR pada pangkal penyulang (GI) diperoleh nilai 34 A dan TMS 0,2. Sedangkan setting GFR pada ujung penyulang (GH) yang menggunakan relay directional diperoleh nilai 31 A dan TMS 0,1.

Kata Kunci : Penyulang, Setting, relay, Analisa hubung singkat

1. Pendahuluan

Bandar Udara Ngurah Rai merupakan satu-satunya Bandar Udara di Bali yang melayani rute internasional dan domestik. Seiring diselenggarakannya event-event penting seperti APEC dan Miss World pada bulan oktober 2013. Aktifitas keluar masuk penumpang akan semakin meningkat, sehingga pihak Bandara perlu meningkatkan sarana dan prasarana. Semakin bertambah sarana dan prasarana yang disediakan maka pasokan daya listrik yang tersedia juga harus ditambah. Daya listrik yang sebelumnya dimiliki pihak bandara sebesar 10.380 kVA.

Untuk mendukung hal tersebut sejak Bulan Juli 2013 pihak Bandara menambah pasokan daya listriknya sebesar 10.380 KVA yang disuplay dari dua penyulang yaitu penyulang Ngurah Rai I dan penyulang Ngurah Rai II. Sistem jaringan yang digunakan adalah sistem *close loop*. Untuk menjaga kontinuitas aliran daya ke Bandara Ngurah Rai digunakan sistem pengaman yaitu OCR dikoordinasikan dengan *directional relay*.

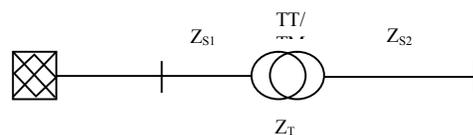
Sesuai dengan data gangguan penyulang yang diperoleh di PLN Area Bali Selatan, Penyulang Ngurah Rai I mengalami satu kali gangguan [1]. Gangguan di Penyulang Ngurah Rai I mengakibatkan juga padamnya penyulang Ngurah Rai II. Gangguan tersebut kemungkinan disebabkan oleh koordinasi sistem proteksi yang kurang sempurna.

Pada penelitian ini akan dibahas koordinasi setting *power directional relay* dengan OCR di Penyulang Ngurah Rai I dan Penyulang Ngurah Rai II. Untuk menjaga kontinuitas aliran daya listrik di Bandara Ngurah Rai, sebagai pembanding akan disimulasikan dengan bantuan program ETAP.

2. Kajian Pustaka

2.1 Impedansi sumber

Untuk menghitung besarnya impedansi sumber dapat digunakan nilai kapasitas daya hubung singkat yang telah dihitung oleh PLN pada jala- jala yang terhubung dengan GI. Secara umum bentuk dari jaringan di Indonesia seperti gambar 1 [2].



Gambar 1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Kapasitas hubung singkat GI dapat dicari dengan menggunakan persamaan (1).

$$MVA_{hs} = \sqrt{3} \times I_{hs} \times E_{TT} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

- MVA_{hs} = Kapasitas hubung singkat GI
 - I_{hs} = Arus hubung singkat GI
 - E_{TT} = Tegangan sisi primer
- Reaktansi sumber sisi 20kV (X_{s2}) dapat dihitung dengan persamaan (2).

$$X_{s2} = \frac{E_{TM}^2 (kV)}{MVA_{hs}} \dots\dots\dots(2)$$

2.2 Reaktansi Pada Transformator Tenaga

Nilai Reaktansi urutan positif (X_{T1}) dari transformator tenaga diperoleh dengan persamaan (3) [3].

$$X_{T1} = \%X_T \times \frac{E_{TM}^2}{MVA_{TR}} \dots\dots\dots(3)$$

Sedangkan nilai reaktansi urutan nol dari transformator tenaga diperoleh dengan persamaan (4) [3].

$$X_{T0} = 3 \times X_{T1} \dots\dots\dots(4)$$

2.3 Impedansi Jaringan Distribusi

Perhitungan impedansi jaringan distribusi 20 kV adalah impedansi (ohm/km) yang diperoleh, besarnya tergantung luas penampang, nilai impedansi dalam ohm tergantung dari panjang kawat [2].

2.4 Impedansi Ekuivalen

Impedansi ekuivalen untuk perhitungan arus hubung singkat terdiri dari impedansi urutan positif dan impedansi urutan negatif. Impedansi urutan positif dapat dicari dengan menggunakan persamaan (5). Sedangkan impedansi urutan negatif dicari menggunakan persamaan (6).

$$Z_{1eq} = Z_{s2} + Z_{T1} + Z_{1,penyulang} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

- Z_{1eq} = Impedansi ekuivalen urutan positif
- Z_{s2} = Impedansi sumber
- Z_{T1} = Impedansi transformator tenaga
- Z_{1 penyulang} = Impedansi jaringan distribusi

$$Z_{0eq} = Z_{T0} + 3R_N + Z_{0,jaringan} \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan:

- Z_{0eq} = Impedansi ekuivalen urutan nol
- Z_{T0} = Impedansi tranformator tenaga urutan nol
- 3R_N = NGR (nilai tahanan pembumian)

Z_{0 Jaringan} = Impedansi urutan nol jaringan

2.5 Arus Hubung Singkat

Arus hubung singkat tiga fasa dapat dicari dengan persamaan (7). [3].

$$I_{f3FASA} = \frac{E_{ph}}{Z_{1eq}} \dots\dots\dots(7)$$

Arus ubung singkat dua fasa dapat di hitung dengan persamaan (8). [3] :

$$I_{f2fasa} = \frac{E_{ph-ph}}{2 \times Z_{1eq}} \dots\dots\dots(8)$$

Untuk nilai hubung singkat satu fasa ke tanah dapat dicari dengan persamaan (9). [3].

$$I_{f1fasa} = \frac{3 \times E_{ph}}{2 \times Z_{1eq} + Z_{0eq}} \dots\dots\dots(9)$$

2.6 Setting Arus Lebih, GFR dan Time Multipe Setting

2.6.1 Setting Arus Lebih

Relay arus lebih yang digunakan adalah dengan karakteristik normal (standar *inverse*). *Setting* relay arus lebih dapat dicari dengan persamaan (10) [3].

$$I_{set} = 1,05 \text{ s/d } 1,3 \times I_{beban} \dots\dots\dots(10)$$

2.6.2 Setting Ground Fault Relay

Setting Ground Fault Relay (GFR) dapat dicari dengan persamaan (11) [3].

$$I_{set} = 6\% \text{ s/d } 12\% \times I_{f1fasa \text{ ketanah terkecil}} \dots\dots\dots(11)$$

2.6.3 Setting Time Multiple Setting

Persamaan yang digunakan untuk menghitung *Time multiple setting* (Tms) adalah persamaan (12) [3].

$$tms = \frac{tx \left[\frac{Ifault}{Iset} \right]^\alpha - 1}{\beta} \dots\dots\dots(12)$$

Tabel 1. Konstanta α dan β [3]

Nama Kurva	α	β
Standard Inverse	0.02	0.14
Very Inverse	1	13.2
Extremely Inverse	2	80

2.7 Penerapan Program ETAP PowerStation

ETAP PowerStation adalah software untuk power system yang bekerja berdasarkan plant (project). ETAP PowerStation dapat melakukan penggambaran single line diagram secara grafis, dimana setiap plant harus menyediakan modeling peralatan dan alat-alat pendukung yang berhubungan dengan analisis yang akan dilakukan, misalnya generator, data motor, data kabel, relay, Current Transformer (CT), dan lain-lain.

3. Metode Penelitian

Analisis dalam penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Pengumpulan data teknis yang berkaitan dengan analisa perhitungan setting relay pada Penyulang Ngurah Rai I dan Ngurah Rai II berupa arus hubung singkat GI, kapasitas Trafo GIS Bandara, beban nominal, data penyulang, data CT, Data PT, jenis pengantar, single line dan data seting relay eksisting.
2. Mensimulasikan data setting relay eksisting menggunakan bantuan program ETAP.
3. Menghitung kapasitas arus hubung singkat dengan persamaan 1, reaktansi sumber dengan persamaan 2, reaktansi transformator dengan persamaan 3 dan 4, impedansi jaringan dan impedansi ekivalen urutan positif dengan persamaan 5, impedansi ekivalen urutan nol dengan persamaan 6, arus hubung singkat tiga fase dengan persamaan 7, arus hubung singkat dua fase dengan persamaan 8 dan arus ubung singkat satu fase ke tanah dengan persamaan 9 untuk menentukan nilai setting peralatan.
4. Menghitung setting relay.
5. Mensimulasikan data setting relay menurut pembahasan menggunakan bantuan program ETAP.
6. Membandingkan data hasil pembahasan dengan data setting eksisting.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Gambaran Umum Koordinasi Setting Relay di Penyulang Ngurah Rai I dan Penyulang Ngurah Rai II

Peralatan proteksi pada Penyulang Ngurah Rai I dan Penyulang Ngurah Rai II yaitu memakai relay directional yang dikoordinasikan dengan OCR. Untuk itu perlu dihitung setting koordinasi peralatan tersebut agar dapat berkoordinasi dengan sempurna apabila salah satu dari penyulang tersebut mengalami gangguan. Proses perhitungan koordinasi setting relay directional dengan OCR terlebih

dahulu harus diketahui kapasitas daya hubung singkat di GIS Bandara, impedansi sumber GIS Bandara, impedansi transformator tenaga, impedansi Penyulang, impedansi ekivalen Penyulang dan arus hubung singkat pada masing-masing penyulang. Tabel 2 merupakan data setting relay eksisting [4].

Tabel 2. Data Setting Relay Eksisting

	GH		GI	
		OCR	200 A SI 0,12	OCR
NGRH RAI I	GFR	50 SI 0,25	GFR	40 SI 0,12
	DR	Revers 30°	DR	- -
NGRH RAI II	OCR	200 A SI 0,12	OCR	400 A SI 0,2
	GFR	50 SI 0,25	GFR	40 SI 0,12
	DR	Revers 30°	DR	- -

4.2 Simulasi Data Eksisting Dengan Menggunakan Program ETAP

Diawali dengan membuat single line diagram penyulang Ngurah Rai I dan Penyulang Ngurah Rai II. Dilanjutkan dengan memasukkan data peralatan seperti CT, PMT, Relay, dan data pengantar. Dari hasil simulasi diketahui koordinasi relay belum sesuai. Disana terlihat apabila salah satu dari penyulang tersebut terjadi gangguan, PMT yang lepas pada GI. Disusul dengan lepasnya PMT incoming, maka dari itu kontinuitas daya listrik ke Bandara Ngurah Rai akan terganggu. Dari kesalahan koordinasi eksisting untuk itu diperlukan pengaturan ulang untuk mencapai koordinasi yang aman dan handal.

4.3 Analisis Setting Directional Relay dan OCR di Penyulang Ngurah Rai I dan Penyulang Ngurah Rai II

4.3.1 Analisis impedansi sumber GIS Bandara

Arus hubung singkat (I_{hs}) pada sisi 150 kV sebesar 7761 kA [5]. Dari I_{hs} tersebut dapat diperoleh kapasitas daya hubung singkat (MVA_{hs}) pada sisi 150 kV dengan menggunakan persamaan (1) adalah sebesar 2016 MVA.

Berdasarkan kapasitas daya hubung singkat (MVA_{hs}) dapat diperoleh nilai impedansi sumber (Z_{S2}) pada sisi 20 kV

dengan menggunakan persamaan (2) sebesar:

$$X_{S2} = \frac{20^2 (kV)}{2016 (MVA)}$$

$$X_{S2} = 0,1984 \Omega$$

4.3.2. Perhitungan Reaktansi Transformator Tenaga

4.3.2.1 Reaktansi urutan positif dan urutan negatif ($X_{T1} = X_{T2}$)

Reaktansi Urutan positif diperoleh dengan menggunakan persamaan (3) yang mana diketahui reaktansi trafo tenaga dalam persen 12.19% [6].

$$X_{T1} = 12,19 \% \times \frac{20^2}{60}$$

$$X_{T1} = 0,8126 \Omega$$

4.3.2.2 Reaktansi urutan nol (X_{T0})

Reaktansi urutan nol diperoleh dengan menggunakan persamaan (4).

$$X_{T0} = 3 \times 0,8126$$

$$X_{T0} = 2,4378 \text{ohm}$$

4.3.3 Analisis Impedansi Jaringan Distribusi

Nilai impedansi urutan positif jaringan dari panjang 1%, 20%, 40% sampai 100% bisa dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Impedansi Urutan Positif

% Panjang	Z ₁ dan Z ₂
1%	0,0059 + j0,0131
20%	0,1178 + j0,2619
40%	0,2356 + j0,5238
60%	0,3534 + j0,7857
80%	0,4712 + j1,0476
100%	0,5890 + j1,3095

Nilai impedansi urutan nol jaringan dari 1%, 20%, 40% sampai 100% bisa dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Impedansi Urutan Nol

% Panjang	Z ₀
1%	0,0114 + j0,0128
20%	0,2266 + j0,2555
40%	0,4531 + j0,5111
60%	0,6797 + j0,7666
80%	0,9062 + j1,0222
100%	1,1328 + j1,2777

4.3.4 Perhitungan nilai impedansi ekuivalen

4.3.4.1 Impedansi Urutan Positif (Z_{1eq})

Impedansi ekuivalen urutan positif dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (5).

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = Z_{sc2} + Z_{T1} + Z_{1penyulang}$$

$$Z_{1eq} = 0.5890 + j2.3205$$

Nilai tersebut merupakan nilai pada 100% panjang jaringan, dengan persamaan 5, maka nilai impedansi dari 1%, 20%, 40% sampai 100% panjang jaringan diperoleh seperti tabel 5.

Tabel 5. Impedansi ekuivalen Urutan Positif

% Panjang	(Z _{1eq} dan Z _{2eq})
1%	0,0059 + j1,0241
20%	0,1178 + j1,2729
40%	0,2356 + j1,5348
60%	0,3534 + j1,7967
80%	0,4712 + j1,0586
100%	0,5890 + j1,3095

4.3.4.2 Impedansi Ekuivalen Urutan Nol

Impedansi ekuivalen urutan nol jaringan dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (6).

$$Z_{0eq} = Z_{T0} + 3R_N + Z_{0jaringan}$$

$$Z_{0eq} = 121,328 + j3,7147$$

Nilai tersebut merupakan nilai pada 100% panjang jaringan, dengan persamaan 5, maka nilai impedansi dari 1%, 20%, 40% sampai 100% panjang jaringan diperoleh seperti tabel 6.

Tabel 6. Impedansi Ekuivalen Urutan Nol

% Panjang	Z _{0eq}
1%	120,0114 + j2,4498
20%	120,2266 + j2,6925
40%	120,4531 + j2,9481
60%	120,6797 + j3,2036
80%	120,9062 + j3,4592
100%	121,1328 + j3,7147

4.3.5 Perhitungan dan Analisis Arus Hubung Singkat

Arus Hubung Singkat 3 fase diperoleh dengan menggunakan persamaan (7).

$$I_{f3 \text{ fase}} = \frac{11547,0054}{1,0241} = 11275,271A$$

Arus hubung singkat 2 fase diperoleh dengan menggunakan persamaan (8).

$$I_{f2 \text{ fase}} = \frac{20000}{2 \times 1,0241} = \frac{20000}{2,0482} = 9764,67A$$

Arus hubung singkat 1 fase ke tanah diperoleh dengan menggunakan persamaan (9).

$$I_{f, fase} = \frac{34641.016}{120,049} = 288,56A$$

Jadi perhitungan arus hubung singkat 3 fase, 2 fase dan 1 fase ke tanah, untuk lokasi yang diasumsikan gangguan terjadi 1%, 20%, 40% sampai 100% panjang jaringan, hasil yang diperoleh seperti pada tabel 7.

Tabel 7. Arus hubung singkat 3 fase, 2 fase dan 1 fase ke tanah

% Panjang jaringan	I _f 3 fase (A)	I _f 2 fase (A)	I _f 1 fase ke tanah(A)
1%	11275,2714	9764,6714	288,5580
20%	9033,0950	7822,8898	287,4651
40%	7436,2477	6439,9794	286,3123
60%	6306,0485	5461,1982	285,1575
80%	5467,8499	4735,2969	284,0007
100%	4823,1091	4176,9350	282,8422

4.4 Setting Arus Lebih dan Tms

4.4.1 Perhitungan setting arus lebih di GH (directional relay)

Setting arus relay di GH, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (10). Dimana diketahui beban pelangan 300 A.

$$\begin{aligned} I_{set} &= 1,1 \times I_{beban} \\ &= 1,1 \times 300 \\ &= 330 \text{ A} \end{aligned}$$

4.4.2 Perhitungan setting Tms di GH

Nilai TMS di GH dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (12).

$$tms = \frac{0,3 \times \left[\frac{11275,27}{330} \right]^{0,02} - 1}{0,14} = 0,16$$

4.4.3 Perhitungan setting arus di GI

Setting arus di GI dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (10).

$$\begin{aligned} I_{set (pri)} &= 1,2 \times I_{beban} \\ &= 1,2 \times 300 \\ &= 360 \text{ A} \end{aligned}$$

4.4.4 Perhitungan setting tms di GI

Nilai Tms di GI dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (12).

$$tms = \frac{0,7 \times \left[\frac{11275,27}{360} \right]^{0,02} - 1}{0,14} = 0,36$$

4.5 Perhitungan Setting GFR

4.5.1 Setting arus Ground Fault relay di GH (directional)

Nilai setting arus GFR yang terletak di GH dapat dicari dengan persamaan (11).

$$\begin{aligned} I_{set (pri)} &= 0,11 \times 282,84 \\ &= 31 \text{ A} \end{aligned}$$

4.5.2 Setting Tms di GH

Nilai setting TMS di GH diperoleh dengan menggunakan persamaan (12).

$$tms = \frac{0,3 \times \left[\frac{282,84}{31} \right]^{0,02} - 1}{0,14} = 0,1$$

4.5.3 Setting arus GFR di GI

Nilai setting arus GFR di GI diperoleh menggunakan persamaan (11)

$$\begin{aligned} I_{set (pri)} &= 0,12 \times 282,84 \\ &= 34 \text{ A} \end{aligned}$$

4.5.4 Setting Tms di GI

Nilai setting TMS di GI diperoleh menggunakan persamaan (12).

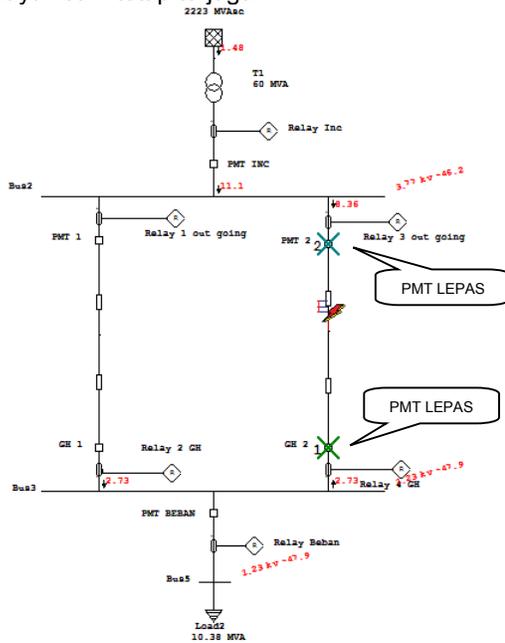
$$tms = \frac{0,7 \times \left[\frac{282,84}{34} \right]^{0,02} - 1}{0,14} = 0,2$$

Tabel 8. Data Perhitungan Setting Relay

	GH		GIS	
P.N. Rai I	OCR	P. up =330 A Curva =SI Tms = 0,16	Phasa OCR	P. up = 360 A Curva =SI Tms = 0,36
	GFR	Pick up = 31 A Curva = SI Tms = 0,1	Neutral GFR	P. up = 34 A Curva = SI Tms = 0,2
P. N. Rai II	OCR	P. up =315 A Curva =SI Tms = 0.16	Phasa OCR	P. up = 360 A Curva =SI Tms = 0,36
	GFR	P. up 31 A Curva = SI Tms = 0,1	Neutral GFR	P. up = 34 A Curva = SI Tms = 0,2

Hasil perhitungan seperti yang terdapat pada tabel 8 apabila disimulasikan

dengan program ETAP hasilnya seperti gambar 2. Pada Gambar 2 dapat dijelaskan saat salah satu penyulang mengalami gangguan maka PMT yang lepas adalah PMT yang di GH kemudian disusul lepanya PMT di GI. Hal tersebut menyatakan setting relay sudah sesuai dan kontinuitas aliran daya listrik tetap terjaga.



Gambar 2. Tampilan Simulasi Data Hasil Pembahasan

5. Simpulan

Nilai *setting* relay pada penyulang Ngurah Rai I dan Penyulang Ngurah Rai II sebesar 360 A pada relay yang terdapat di pangkal penyulang (GI) dengan Tms 0,36 sedangkan untuk nilai *setting* arus OCR pada ujung penyulang (GH) yang menggunakan relay *directional* 330 A dengan TMS 0,16. Nilai *setting* GFR pada pangkal penyulang (GI) diperoleh 34 A dengan TMS 0,2 sedangkan nilai *setting* GFR pada ujung penyulang (GH) yang menggunakan relay *directional* diperoleh 31 A dan TMS 0,1.

6 Daftar Pustaka

- [1] PT. PLN (Persero) Area Bali Selatan. 2013. Monitoring Kerja Relay 2013
- [2] Stevenson, Jr. William D. 1994. Analisa Sistem Tenaga terjemahan Ir.Kamal Idris, cetakan keempat, Jakarta : Erlangga

- [3] Kadarisman, Pribadi., Wahyudi Sarimun. N. 2009. Proteksi Distem Distribusi Tegangan Menengah, Jakarta: PT.PLN (Persero).
- [4] PT PLN (Persero) Distribusi Bali. Setting Relay Yang Terpasang Pada Penyulang Ngurah Rai I dan Penyulang Ngurah Rai II 2013.
- [5] PT. PLN (Persero) P3B JB RJTB Sub Region Bali. Data Arus Hubung Singkat dan Impedansi GI Sisi 150 kV 2014.
- [6] PT. PLN (Persero) P3B JB RJTB Sub Region Bali. Data Trafo Terpasang Pada Gardu Induk 2014.