

ANALISIS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT SIMETRIS DAN ASIMETRIS UNTUK MENENTUKAN KAPASITAS PENGAMAN YANG TERPASANG PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 kV PENYULANG MAMBAL

I Kadek Purniawan Paramadita¹, Ngakan Putu Satriya Utama², I Wayan Arta Wijaya³

Program Studi Teknik elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email : purniawanparamadita@gmail.com¹, ngakansatriya@ee.unud.ac.id²,
artawijaya@ee.unud.ac.id

Abstrak

Gangguan hubung singkat tenaga listrik ditimbulkan oleh hubung singkat tiga fase simetris, gangguan hubung singkat tidak simetris satu fase ke tanah dan gangguan hubung singkat tidak simetris antar fasa dan dua fasa ke tanah. Gangguan tersebut telah menyebabkan beberapa trip, kegagalan kerja relay dan recloser. Untuk menentukan setting waktu kerja relay arus lebih dan recloser agar peralatan proteksi dapat bekerja dengan baik dilakukan simulasi gangguan hubung singkat pada beberapa titik lokasi gangguan yang dipilih berdasarkan kondisi di jaringan penyulang Mambal. Berdasarkan analisis, arus gangguan hubung singkat dipengaruhi oleh jarak titik gangguan, semakin dekat titik gangguan dengan sumber maka semakin besar arus gangguan hubung singkat pada titik tersebut. Arus gangguan maksimum dan minimum hubung singkat mengakibatkan selisih waktu kerja relay di tiap lokasi dengan selisih waktu TMS selama 0,4 detik. Dilakukannya setting sistem proteksi pada penyulang Mambal sesuai dengan hasil analisis dapat memperbaiki selektifitas sistem proteksi pada Penyulang Mambal.

Kata kunci : Gangguan hubung singkat, relay arus lebih, sistem proteksi.

1. PENDAHULUAN

Gangguan adalah penghalang dari suatu sistem yang sedang beroperasi atau suatu keadaan dari sistem penyaluran tenaga listrik yang menyimpang dari kondisi normal. Suatu gangguan di dalam peralatan listrik didefinisikan

sebagai terjadinya suatu kerusakan di dalam jaringan listrik yang menyebabkan aliran arus listrik keluar dari saluran seharusnya. [1]

PT. PLN (Persero) Rayon Mengwi khususnya pada Penyulang Mambal mempunyai total 74 gardu distribusi dan pada Penyulang mambal melakukan pergantian kabel dari AAAC 70 mm² dengan yang baru yaitu AAAC 150 mm² untuk mengantisipasi peningkatan beban pada jaringan distribusi penyulang Mambal, dengan setting relay arus lebih penyulang Mambal dan recloser Ds. Sedangkan yang tetap mengacu pada setting terdahulu sebelum pergantian kabel yaitu pada relay arus lebih pada penyulang Mambal dengan kurva Standard Inverse TMS (Time Multiple Setting) sebesar 0,025 dan recloser Ds. Sedangkan TMS sebesar 1.

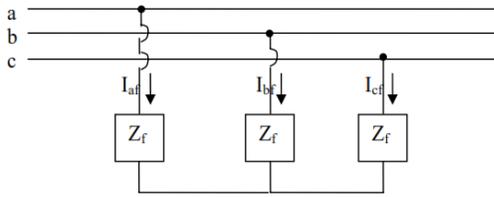
Berdasarkan kondisi eksisting dilapangan, dilakukan analisa gangguan hubung

singkat simetris dan asimetris pada penyulang Mambal menggunakan perangkat lunak dan metode komponen simetris guna untuk menghitung nilai gangguan hubung singkat pada penyulang Mambal sehingga dapat dilihat pengaruh analisis yang dilakukan pada beberapa gangguan hubung singkat yang timbul terhadap nilai kapasitas pengaman berupa, settingan Relay proteksi jenis Relay Arus lebih (OCR) penyulang Mambal, dan Recloser (Penutup Balik Otomatis) Ds. Sedangkan yang terpasang, sehingga sistem koordinasi setting proteksi tersebut dapat bekerja sesuai dengan persyaratan pengaman dan melokalisasi jaringan yang mengalami gangguan.

2. GANGGUAN HUBUNG SINGKAT

A. Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa

Kondisi saat terjadi gangguan hubung singkat tiga fasa dapat dilihat pada gambar dibawah ini [1] :



Gambar 1. gangguan hubung singkat tiga fasa

Karena pada sistem seimbang maka urutan negatif dan urutan nol tidak ada, sehingga diperoleh [1] :

$$V_a = V_f - I_{a1}Z = 0$$

$$I_{a1} = I_a = I_f = \frac{V_f}{Z_1}$$

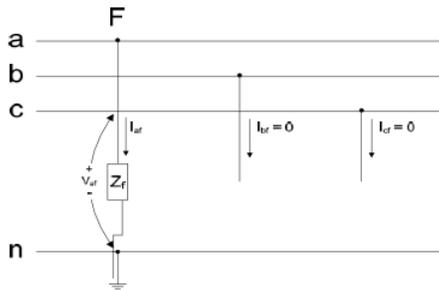
Dimana :

V_f = tegangan di titik gangguan pada saat sebelum terjadi gangguan (Volt)

Z_1 = Impedansi urutan positif dilihat dari titik gangguan (ohm)

B. Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah

Untuk gangguan ini dianggap fasa a mengalami gangguan. Gangguan ini dapat digambarkan pada gambar di bawah [1] :



Gambar 2. Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah

Untuk persamaan arus yang digunakan didapatkan dari komponen simetris :

$$I_{1\text{phasa}} = 3 \times I_0 = \frac{3 \times V_f}{(Z_1 + Z_2 + Z_0)}$$

Dimana :

V_f = tegangan pada titik gangguan pada saat sebelum terjadinya gangguan (Volt)

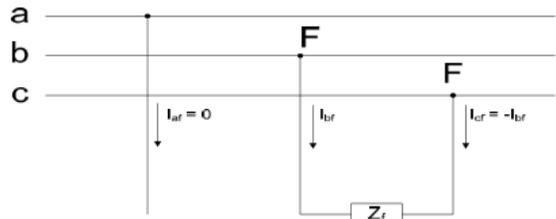
Z_1 = Impedansi urutan positif pada titik gangguan (ohm)

Z_2 = Impedansi urutan negatif pada titik gangguan (Ohm)

Z_0 = Impedansi urutan nol pada titik gangguan (Ohm)

C. Gangguan hubung singkat antar fasa

Gangguan antar fasa hubung singkat terjadi ketika dua fasa dari system tenaga listrik terhubung singkat dapat dilihat pada gambar dibawah [1] :



Gambar 3. Gangguan hubung singkat dua fasa

Persamaan fasa ketika gangguan ini terjadi adalah :

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2}$$

Dimana :

I_a = Arus pada fasa a

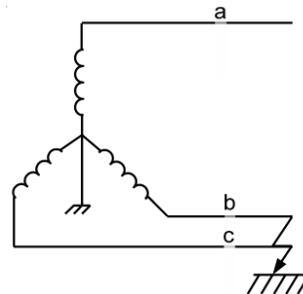
V_f = tegangan pada titik gangguan sesaat sebelum terjadinya gangguan (Volt)

Z_1 = Impedansi urutan positif pada titik gangguan (ohm)

Z_2 = Impedansi urutan negatif pada titik gangguan (Ohm)

D. Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa Ke tanah

Gangguan dua fasa ketanah terjadi ketika dua buah fasa dari system tenaga listrik mengalami hubung singkat dapat dilihat pada gambar dibawah [1] :



Gambar 3. Gangguan hubung singkat dua fasa ketanah

Persamaan setiap fasa ketika gangguan terjadi adalah :

$$I_{a1} = \frac{V_f}{z_1 + \frac{z_0 z_2}{z_0 + z_2}}$$

Dimana :

I_a = Arus pada fasa a

V_f = tegangan pada titik gangguan sesaat sebelum terjadinya gangguan (Volt)

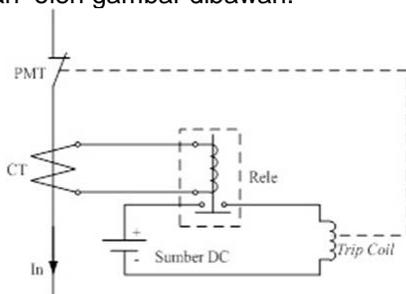
Z_1 = Impedansi urutan positif dilihat pada titik gangguan (ohm)

Z_2 = Impedansi urutan negatif dilihat pada titik gangguan (Ohm)

Z_0 = Impedansi urutan nol dilihat pada titik gangguan (Ohm)

E. Relay Pengaman

Gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik dapat dirasakan oleh rele dengan bantuan trafo arus, kemudian rele memberi sinyal perintah trip kepada PMT sehingga rangkaian terputus. Dalam merasakan adanya gangguan, rele pengaman dibantu oleh trafo arus atau CT sebagai alat penurun arus pada sisi primer menjadi arus yang lebih kecil pada sisi sekunder sesuai dengan angka perbandingannya. Rangkaian kerja rele ditunjukkan oleh gambar dibawah.



Gambar 4. Rangkaian Kerja Rele

F. Rele Arus Lebih

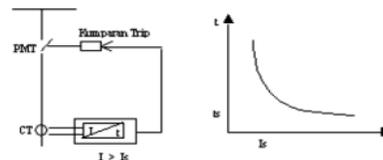
Rele arus lebih adalah suatu rele bekerja berdasarkan terdapat kenaikan pada arus yang melebihi nilai pengamanan tertentu dan dalam jangka waktu tertentu, sehingga rele ini dapat dipakai sebagai pola pengamanan arus lebih [2].

Karakteristik rele arus lebih adalah sebagai berikut :

1. Rele Arus Lebih Waktu Terbalik (*Inverse Time Relay*)

Rele dengan karakteristik waktu terbalik merupakan jika jangka waktu mulai rele arus *pick up* sampai selesai kerja rele diperpanjang dengan besarnya nilai yang berbanding terbalik

dengan arus yang menggerakkan seperti terlihat pada gambar dibawah :



Gambar 5. Karakteristik Rele Arus Lebih Waktu Terbalik

Untuk menghitung arus setting rele arus lebih, harus diketahui terlebih dahulu arus beban maksimum yang melalui jaringan tersebut. Sesuai *British standard* untuk persamaan [2] :

1. Rele *Inverse Time* biasa diset sebesar :
 $I_s = 1,05 \text{ s/d } 1,3 \times I_{\text{beban}}$

2. Rele *Definite Time* biasa diset sebesar :
 $I_s = 1,2 \text{ s/d } 1,3 \times I_{\text{beban}}$

Keterangan :

I_s = Penyetelan arus (Ampere)

I_{beban} = Arus beban maksimum dan minimum (Ampere)

Waktu operasi rele merupakan waktu operasi yang membutuhkan rele untuk pemutus tenaga setelah arus gangguan yang masuk pada rele melalui transformator arus melebihi arus penyetelan dan dapat dituliskan seperti persamaan berikut [2] :

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

$$I = \frac{I_f}{I_s}$$

Keterangan :

t = Waktu operasi (detik)

tms = Penyetelan waktu atau *time multiple setting*

I_f = Arus gangguan terbesar (A)

I_s = Penyetelan arus (A)

Syarat yang harus terpenuhi untuk waktu setting rele adalah waktu setting minimum pada rele arus lebih (terutama di penyulang) tidak lebih kecil dari 0,3 detik.

Pertimbangan ini diambil agar rele tidak sampai trip kembali, akibat arus *inrush current* pada transformator distribusi, sewaktu PMT penyulang tersebut dioperasikan [3].

G. Pemutus Balik Otomatis (*Recloser*)

Alat pengaman ini bekerja dengan otomatis untuk mengamankan sistem dari arus lebih yang diakibatkan terdapat gangguan hubung singkat. Cara kerja recloser adalah untuk menutup balik dan membuka secara otomatis yang dapat diatur selang waktunya, dimana untuk gangguan temporer, *recloser* tidak membuka tetap (*lock out*), kemudian *recloser* akan menutup kembali setelah gangguan itu hilang. Apabila gangguan bersifat permanen, maka setelah membuka atau menutup balik sebanyak setting yang telah ditentukan kemudian *recloser* akan membuka tetap (*lock out*).

H. Fungsi Recloser

Dalam suatu gangguan permanen, *recloser* berfungsi untuk memisahkan daerah atau jaringan yang terganggu sistemnya secara cepat sehingga memperkecil daerah yang terganggu pada gangguan sesaat, *recloser* akan memisahkan daerah gangguan secara sesaat sampai gangguan tersebut akan dianggap hilang, dengan demikian *recloser* akan masuk kembali sesuai settingannya sehingga jaringan akan aktif kembali secara otomatis. Dibawah adalah beberapa setting waktu pada gangguan yang terjadi [4]:

1. *Setting recloser* terhadap gangguan permanen

Interval	
1 st	:5 detik
2 nd	:10 detik
Lock out	:3X trip (reclose 2X)
Reset delay	:90 detik
2. *Setting recloser* terhadap gangguan sesaat sama dengan gangguan permanen yang membedakan adalah tidak ada trip ke 3.

3. METODE PENELITIAN

A. Analisis Data

Metode yang digunakan dalam analisis ini adalah dengan langkah-langkah sebagai berikut.

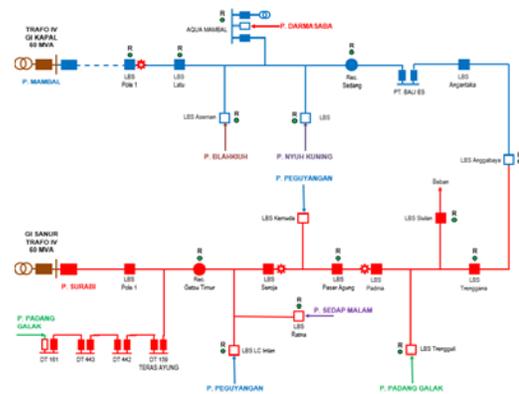
1. Pengumpulan data Saluran jaringan Distribusi 20 kV, dan Data Impedansi GI pada Penyulang Mambal.
2. membuat *single line diagram*, melakukan pengecekan dengan simulasi *load flow*, melakukan simulasi *short circuit analysis* pada penyulang Mambal dengan Perangkat Lunak.
3. Analisis besar gangguan hubung singkat dengan metode komponen simetris pada penyulang Mambal.

4. Cara perbaikan atau meminimalisir gangguan hubung singkat dengan menentukan nilai dari kapasitas pengaman yang terpasang pada Penyulang Mambal.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Penyulang Mambal memiliki panjang jaringan mencapai 23 kms yang terdiri dari 74 gardu distribusi. Penghantar yang dipergunakan pada saluran di penyulang Mambal terdiri dari penghantar AAAC, AAACs, MVTIC, dan kabel tanam. Penghantar AAAC, AAACs dan MVTIC menggunakan diameter 150 mm², sedangkan untuk kabel tanah menggunakan penghantar berdiameter 240 mm². Jaringan pada penyulang Mambal menggunakan pengaman seperti rele proteksi pada pangkal dari penyulang mambal yang berdekatan dengan trafo IV pada Gardu Induk, jaringan pada penyulang Mambal juga menggunakan 1 recloser yang dipasang di tengah-tengah jaringan penyulang Mambal, serta jaringan pada penyulang mambal juga menggunakan fuse yang dipasang di dekat trafo distribusi. Gambar single line diagram dari penyulang Mambal dapat dilihat pada gambar 7. [5]:



Gambar 7. Single line penyulang Mambal

B. Data Penghantar Jaringan Penyulang Mambal

Penghantar pada penyulang Mambal menggunakan jenis dan penghantar yang berbeda-beda, yaitu :

Tabel 1. data penghantar penyulang Mambal

No	Lokasi Penghantar	Jenis Penghantar	Panjang (m)
1	Dusun Penarungan – LBS Latu	MVTIC 150mm ²	3.900
2	LBS Latu – LBS Aseman	AAAC 150mm ²	1.561

No Bus	3-fase Fault (kA)	Line-to-Ground Fault
Bus 789	2,654	0,285
Bus 849	3,622	0,281
Bus 810	2,285	0,280

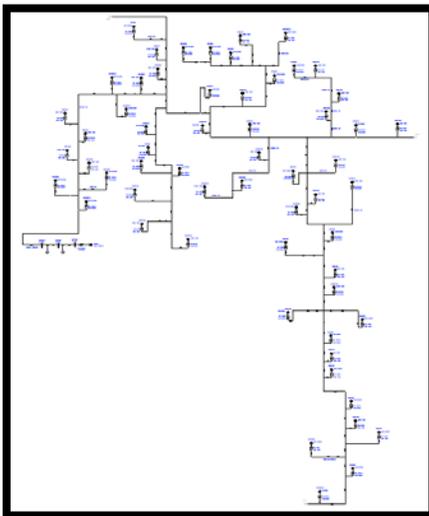
3	LBS Latu – LBS Samu	AAAC 150mm ²	8.971
4	Rec. Ds. Sedang – LBS Anggabaya	AAACs 150mm ²	6.455
5	GI Kapal – LBS Pole I	Kabel 240mm ² Tanam	1.700

C. Data Relay Penyulang Mambal
 Pada penyulang Mambal terdapat beberapa relay yang terpasang pada jaringan.

Tabel 2. data relay penyulang Mambal

No	Lokasi	CT Rasio	Iset (Ampere)	Waktu Kerja (Detik)	Karakteristik Relay
1.	GI Kapal (Travo IV)	800:5	250	0,025	SI(Standard Inverse)

D. Model Sistem Distribusi Penyulang Mambal



Gambar 6. Model sistem distribusi Penyulang Mambal

E. Simulasi Gangguan Hubung Singkat
 1. Simulasi Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa Dan Satu Fasa Ketanah

Tabel 3. Simulasi Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa Dan Satu Fasa Ketanah

2. Simulasi Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa Dan Dua Fasa Ketanah

Tabel 4. Simulasi Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa Dan Dua Fasa Ketanah

No Bus	Line-to-line Fault (kA)	Line-to-line-to-Ground Fault (kA)
Bus 789	2,298	2,356
Bus 849	3,166	3,227
Bus 810	1,978	2,034

Pada simulasi ini dilakukan pada bus yang terjadi gangguan yang mengakibatkan hubung singkat berdasar pada pemilihan bus 789, 849 dan 810 yang terletak di Desa Mambal, dimana pada bus 789 dan bus 849 merupakan bus yang disuplai tenaga listrik terbesar yaitu 128 kVA dikhawatirkan terjadi gangguan hubung singkat sehingga menyebabkan kerusakan pada peralatan dan kerugian dari pelanggan listrik dan PLN sebagai penyuplai tenaga listrik menjadi terhambat ke konsumen. Sedangkan pada bus 810, dimana pada bus 810 merupakan bus dengan saluran terpanjang yaitu 1300m yang melewati daerah persawahan dan pohon rindang yang berpotensi terkena gangguan eksternal yaitu pohon tumbang dan petir.

F. Seting Relay Arus Lebih
 1. Perhitungan Setting Arus OCR

Setting arus *Over Current relay* (OCR) pada *relay* Penyulang Mambal dan *recloser* Ds. Sedang menggunakan panduan karakteristik *Inverse Time*. Karakteristik *inverse time* diterapkan pada setting OCR pada *relay* penyulang Mambal dan *recloser* Ds. Sedang. Setting arus pada OCR dengan karakteristik *inverse time* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

1. Setting OCR Karakteristik *inverse time* pada *relay* penyulang Mambal

$$I_{set} = 1,05 \times I_{beban\ peny.\ Mambal}$$

$$= 1,05 \times 250$$

$$= 265,5\ A$$

2. Setting OCR karakteristik *inverse time* pada *recloser* Ds. Sedang

$$I_{set} = 1,05 \times I_{beban\ rec.\ Ds.Sedang}$$

$$= 1,05 \times 186$$

$$= 195,3$$

3. Perhitungan TMS pada OCR *Recloser* Ds.Sedang

Setting TMS pada OCR *recloser* Ds. Sedang dihitung menggunakan gangguan hubung singkat 3 fasa terbesar. Waktu kerja *relay* arus lebih pada nilai arus gangguan 3 fasa maksimum ditentukan selama 0,3 detik dengan karakteristik *standard inverse*, hal ini dimaksudkan untuk menghindari efek arus *inrush* pada saat pengisian tegangan setelah terjadinya *trip* ataupun *manual load shedding*. TMS pada *relay* arus lebih dengan karakteristik *standars inverse* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$tms = \frac{t \times \left[\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}} \right)^\alpha - 1 \right]}{\beta}$$

$$tms = \frac{0,3 \times \left[\left(\frac{2654}{195,3} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$tms = 0,114$$

4. Perhitungan TMS pada OCR *Relay* Penyulang Mambal

Setting TMS pada OCR *relay* Penyulang Mambal dapat dihitung dengan menggunakan data nilai arus gangguan hubung singkat 3 fasa terbesar. Waktu kerja *relay* arus lebih diambil selama 0,4 detik lebih lambat dari TMS pada OCR *recloser* Uapan atau sebesar 0,7 detik, maka nilai setting TMS pada OCR *relay* penyulang Mambal dengan karakteristik *standard inverse* dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$tms = \frac{t \times \left[\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}} \right)^\alpha - 1 \right]}{\beta}$$

$$tms = \frac{0,7 \times \left[\left(\frac{3622}{265,5} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$tms = 0,268$$

Berdasarkan hasil perhitungan arus hubung singkat, perhitungan setting arus dan setting waktu OCR pada *recloser* Ds. Sedang dan *relay* Penyulang Mambal maka diperoleh nilai koordinasi OCR dan *Recloser* pada Penyulang Mambal sebagai berikut :

Tabel 5. Data setting OCR hasil perhitungan

Setting	Relay Penyulang Mambal	Recloser Ds.Sedang
OCR		
I_{set} (A)	265,5	195,5
TMS	0,268	0,114
Kurva	SI	SI

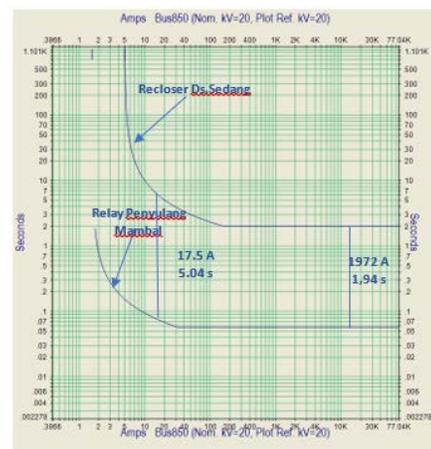
G. ANALISIS KURVA KOORDINASI RELAY ARUS LEBIH (OCR)

1. Analisis Kurva Koordinasi Relay Arus Lebih (OCR) Setting *Exsisting*

Berdasarkan data dari PLN Distribusi Bali, data Kondisi eksisting OCR Relay pada Penyulang Mambal pada tabel 6. dapat dipresentasikan kedalam kurva koordinasi OCR sebagai berikut :

Tabel 6. Data setting OCR setting eksisting

Setting	Relay Penyulang Mambal	Recloser Ds.Sedang
OCR		
I_{set} (A)	250	186
TMS	0,025	1
Kurva	SI	SI

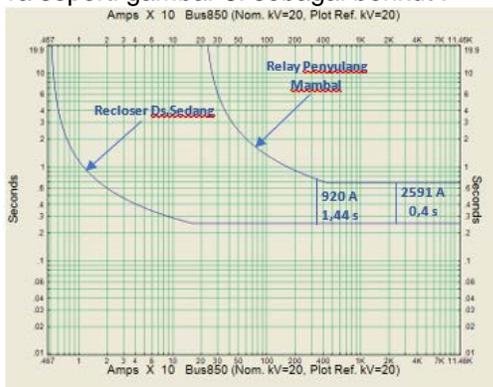


Gambar 7. Kurva Koordinasi Relay Arus Lebih (OCR) Setting Eksisting

Berdasarkan pada gambar 7., granding time antara relay penyulang Mambal dengan Recloser Ds. Sedang fungsi OCR pada beberapa titik tingkatan nilai arus hubung singkat jauh diatas 0,4 detik dan setting waktu dari relay lebih cepat dibandingkan recloser sehingga koordinasi waktu kerja antara kedua peralatan proteksi tersebut kurang selektif.

2. Analisis Kurva Koordinasi Relay Arus Lebih (OCR) Hasil Perhitungan

Perhitungan Setting relay arus lebih (OCR) pada relay penyulang Mambal dilakukan untuk mendapatkan setting yang lebih baik dengan standar-standar sistem proteksi yang baik. Nilai setting yang baik akan menghasilkan sistem proteksi yang baik dan koordinasi kerja sistem proteksi yang optimal dan sesuai dengan syarat-syarat sistem proteksi. Berdasarkan data setting OCR hasil perhitungan pada tabel 4. didapat kurva seperti gambar 8. sebagai berikut :



Gambar 8. Kurva Koordinasi Relay Arus Lebih (OCR) Hasil Perhitungan

Berdasarkan pada gambar 8. granding time antara relay dan recloser pada fungsi OCR dengan karakteristik inverse time berada pada nilai lebih dari 0,4 pada semua tingkatan nilai arus gangguan. Nilai granding time lebih dari 0,4 detik menunjukkan koordinasi kerja yang selektif.

5. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan tentang analisis gngguan hubung singkat simetris dan tidak simetris untuk menentukan kapasitas pengaman pada jaringan distribusi 20 kV Penyulang mambal dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Besanya arus gangguan hubung singkat tertinggi baik gangguan hubung singkat tiga fasa, antar fasa, maupun satu fasa ketanah yang terjadi pada penyulang Mambal

disebabkan bus 789 memiliki jarak yang lebih pendek diantara bus-bus yang dianalisis. Arus gangguan hubung singkat dipengaruhi oleh jarak titik gangguan, semakin jauh jarak titik gangguan maka semakin kecil arus gangguan hubung singkat, begitupun sebaliknya. Hal ini karena besarnya impedansi saluran.

2. Dengan adanya gangguan-gangguan tersebut dengan setting pada peralatan yang terpasang dilapangan didapatkan granding time antara relay penyulang Mambal dengan Recloser Ds. Sedang fungsi OCR pada beberapa titik tingkatan nilai arus hubung singkat yaitu sebesar 1,94 detik yang dimana jauh diatas 0,4 detik dan setting waktu dari relay lebih cepat dibandingkan recloser sehingga koordinasi waktu kerja antara kedua peralatan proteksi tersebut kurang selektif dan direkomendasikan untuk dilakukan setting ulang sesuai hasil analisis.

6. Daftar Pustaka

- [1] Weedy, B. M., dkk. 2012. *Electric Pwer System*. Inggris.
- [2] Samaulah, Hazairin. 2000. *Dasar-dasar System Proteksi Tenaga Listrik*. Jakarta.
- [3] Kadarisman, Pribadi & Sarimun Wahyudi. *Proteksi Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta.
- [4] PT. PLN (Persero). 2010. *Buku I Kriteria Disain Enjineriing Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*. Jakarta Selatan: PT. PLN (Persero).
- [5] PT. PLN (Persero) Distribusi Area Bali selatan "Single line penyulang Mambal"