

**ANALISA KOORDINASI PERALATAN PENGAMAN JARINGAN
PENYULANG KALIWUNGU 03 SECARA INDEPENDEN SERTA
PELIMPAHAN BEBAN DARI PENYULANG WELERI 06
SUMARDJIYONO L2F 303 521**

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang

ABSTRAK

Kelistrikan di Jawa Tengah menganut system pentanahan langsung sepanjang jaringan (solid grounded multi grounding system), sehingga arus gangguan yang terjadi sangat besar, maka perluasan atau pelimpahan beban dari penyulang lain harus mempertimbangkan jangkauan pengindera peralatan pengaman dan mengkoordinasikan antara pengaman yang satu dengan yang lain, koordinasi system proteksi berperan sangat penting untuk menjamin keandalan system penyaluran tenaga listrik.

Dengan menganalisa besar arus gangguan yang dapat terjadi dan memperhatikan karakteristik serta pola setting peralatan pengaman terpasang, diharapkan dapat diketahui tingkat keandalan penyulang Kaliwungu 03 (KLU03) dalam kondisi normal atau saat menerima pelimpahan beban dari penyulang Weleri 06 (WLI06).

Dari analisa diketahui bahwa dengan besar arus gangguan yang terjadi, koordinasi antar PMT penyulang dengan recloser atau recloser dengan sectionaliser dan dengan pengaman lebur dapat dilakukan koordinasi proteksi secara baik, serta peralatan pengaman penyulang Kaliwungu 03 dapat mengakomodir pelimpahan beban dari penyulang Weleri 06..

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik wilayah kota Kendal disuplai dari GI. (Gardu Induk) Kaliwungu Trafo I penyulang Kaliwungu 03 (KLU03) dan dari GI. Weleri Trafo II penyulang Weleri 06 (WLR06), yang mana dalam kondisi operasi normal kedua penyulang tersebut dipisahkan oleh ABSW (Air Break Switch) pada posisi buka/NO (Normaly Open). Titik posisi NO tidak selalu pada ABSW tertentu saja, namun bisa dipindah ke ABSW lain yang sebelumnya pada posisi tutup/NC (Normaly Close) yang berada pada batas pembagi / seksi atau zone, pemindahan titik ABSW NO ini dengan mempertimbangkan regulasi beban antara kedua penyulang yang disesuaikan dengan kemampuan / kapasitas dari masing-masing penyulang.

Pada kondisi tertentu untuk keperluan pemeliharaan atau perbaikan peralatan disuatu seksi diperlukan manuver (pelimpahan) beban dari penyulang satu ke penyulang yang lainnya, untuk meminimalkan daerah padam. Kondisi yang sifatnya hanya sementara ini tetap harus diperhitungkan koordinasi pengamannya, sehingga apabila terjadi gangguan dimanapun titiknya, kinerja pengaman jaringan akan tetap memenuhi

1.2. Tujuan

Tujuan penyusunan tugas akhir ini adalah untuk menyajikan analisa teknis keandalan kelistrikan penyulang Kaliwungu 3 (KLU03) dari gardu induk

Kaliwungu, yang dalam kondisi normal melayani wilayah kota Kendal secara radial, dan dalam kondisi tertentu (manuver beban bersifat sementara) harus memikul beban dari penyulang Weleri 6 (WLR06), maka diperlukan pembahasan koordinasi peralatan pengaman, sehingga keandalan sistem penyaluran tenaga listrik dapat lebih terjamin secara optimal dengan tetap berpedoman pada desain kriteria dari masing-masing peralatan.

1.1. Pembatasan Masalah

Dalam penyusunan tugas akhir ini diberikan pembatasan masalah sebagai berikut :

- a. Sistem distribusi tenaga listrik.
- b. Perhitungan arus gangguan.
- c. Pola setting relay OCR & GFR Penyulang.
- d. Penentuan setting OCR dan GFR
- e. Koordinasi dan setting peralatan pengaman.

II. SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

2.1. Sistem Kelistrikan di Jawa Tengah

Karena berbagai persoalan teknis, tenaga listrik hanya dibangkitkan pada tempat-tempat tertentu. Sedangkan pelanggan tenaga listrik tersebar di berbagai tempat, maka penyampaian tenaga listrik dari tempat dibangkitkan sampai ke tempat pelanggan memerlukan jaringan. Tenaga listrik dibangkitkan dari PLTA, PLTU,

- FCO, dengan fuse pelebur untuk pemutus rangkaian akibat hubung singkat karena gangguan atau beban lebih.

c. Keistimewaan dari sistem 3 fasa 4 kawat.

- ✓ Sistem ini pendekatannya didasari dari jarak antara beban relatif jauh dan kepadatan beban rendah. Sistem ini juga lebih sesuai untuk daerah yang tahanan spesifik tanahnya relatif tinggi.
- ✓ Pada sistem ini kawat netral diusahakan sebanyak mungkin dan merata ditanahkan. kawat netral JTM dan JTR dihubungkan dan dipakai bersama, dimana pentanahannya dilakukan sepanjang JTM, JTR dan dihubungkan pula pada pentanahan TR dari tiap instalasi konsumen.
- ✓ Sistem pelayanan JTM terutama menggunakan jaringan 1 fasa yang terdiri dari kawat fasa dan netral, sehingga memungkinkan penggunaan trafo-trafo kecil 1 fasa yang sesuai bagi beban-beban kecil yang berjauhan letaknya.
- ✓ Dengan adanya tahanan netral yang sangat kecil mendekati nol, maka arus hubung tanah menjadi relatif besar dan berbanding terbalik dengan letak gangguan tanah sehingga perlu dan dapat digunakan alat pengaman yang dapat bekerja cepat dan dapat memanfaatkan alat pengindera (relay) dengan karakteristik waktu terbalik (invers time).
- ✓ Keuntungan lain dari arus gangguan fasa tanah yang besar adalah dapat dilakukannya koordinasi antara PMT dan relay arus lebih atau recloser dengan pengaman lebur atau antara recloser dengan automatic sectionalizer secara baik.
- ✓ Pada percabangan beban atau tapping 1 fasa dapat digunakan pengaman fasa tunggal yang lebih selectif.

2.4. Keandalan Sistem Distribusi

Keandalan system penyaluran distribusi tenaga listrik tergantung pada model susunan saluran, pengaturan operasi dan pemeliharaan serta koordinasi peralatan pengaman. Tingkat kontinuitas dibagi antara lain :

- Tingkat 1, Padam berjam-jam
- Tingkat 2, Padam beberapa jam
- Tingkat 3, Padam beberapa menit
- Tingkat 4, Padam beberapa detik
- Tingkat 5, tanpa padam

Keandalan dari suatu sistem adalah kebalikan dari besarnya jam pemutusan pelayanan, jam pemutusan pelayanan dapat dihitung berdasarkan jumlah konsumen atau jumlah daya yang padam (diputus)

$$\begin{aligned} \text{Jam pemutusan pelayanan} &= \frac{\{ h(\text{jam}) \times a(\text{konsumen}) \}}{n(\text{konsumen sistem}) \times 1 \text{ tahun}} \\ &= (h \times a) / n \text{ jam/tahun} \quad n = \sum a \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jam pemutusan pelayanan} &= \frac{h(\text{jam}) \times b(\text{kW})}{m(\text{kW}) \times 1 \text{ tahun}} \\ &= (h \times b) / m \text{ jam/tahun} \quad m = \sum b \end{aligned}$$

2.5. Macam-macam gangguan dan akibatnya

- Gangguan beban lebih.
- Gangguan hubung singkat.
- Gangguan tegangan lebih
- Gangguan hilangnya Pembangkit
- Gangguan Instability

2.6. Cara mengatasi gangguan

- Mengurangi terjadinya gangguan
- Mengurangi akibat gangguan

2.7. Impedansi Jaringan Distribusi

Pada sistem distribusi tenaga listrik impedansi yang menentukan besarnya arus hubung singkat, adalah :

- ✓ Impedansi sumber
- ✓ Impedansi transformator tenaga
- ✓ Impedansi hantaran/jaringan
- ✓ Impedansi gangguan atau titik hubung singkat

2.8. Komponen Simetris.

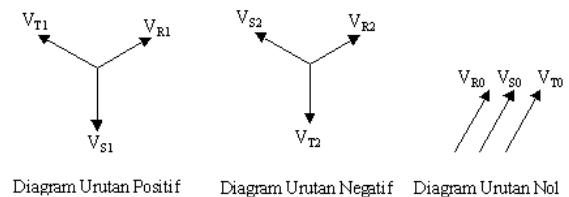
Komponen simetris lazim digunakan dalam menganalisa gangguan-gangguan yang tidak simetris didalam suatu sistim kelistrikan.

a. Sistem Tenaga Listrik Tiga Fasa

ketiga sistem simetris yang merupakan hasil uraian komponen simetris dikenal dengan nama :

- Komponen urutan positif
- Komponen urutan negatif
- Komponen urutan nol

Dari komponen vektor yang tidak seimbang dapat diuraikan menjadi komponen-komponen simetris

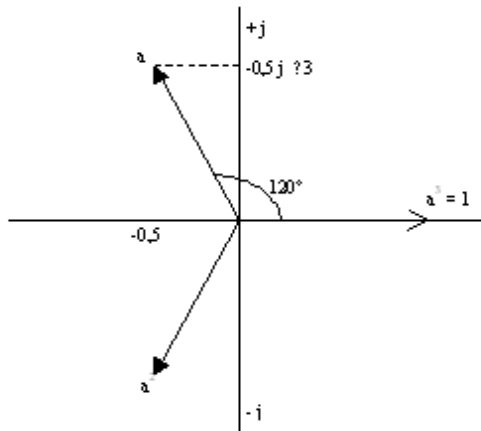


Gambar 3. Diagram komponen simetris

b. Operator Vektor “a”

Pada penggunaan komponen simetris sistem 3 fasa memerlukan suatu fasor atau operator yang akan memutar rotasi dengan vektor lainnya yang berbeda sudut 120° . Operator yang dipakai vektor satuan adalah “a”. Didefinisikan bahwa :

$$a = -\frac{1}{2} + \frac{j\sqrt{3}}{2} = \angle 120^\circ = e^{j120^\circ}$$



Gambar 4. Vektor scalar “a”

2.9. Teori Hubung Singkat

- a. Arus hubung singkat 3 fasa

$$I_{hs\ 3ph} = \frac{E}{Z_1}$$

- b. Arus hubung singkat 2 fasa

$$I_{hs\ 2ph} = \frac{\sqrt{3} E}{Z_1 + Z_2}$$

- c. Arus hubung singkat 1 fasa

$$I_{hs\ 1ph\ e} = \frac{3 E}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$$

Dimana, $Z_1 \approx Z_2$ maka

maka, dapat dihitung

$$I_{hs\ 2ph} = \frac{\sqrt{3} E}{Z_1 + Z_2} = \frac{\sqrt{3} E}{2 Z_1} = 0,866 I_{hs\ 3ph}$$

Gangguan 1 fasa ke tanah dekat GI : $Z_1 = Z_2 = Z_0$

$$I_{hs\ 1ph\ e} = \frac{3 E}{Z_1 + Z_2 + Z_0} = \frac{3 E}{3 Z_1} = I_{hs\ 3ph}$$

Gangguan 1 fasa ke tanah jauh dari GI : $Z_0 = 3 Z_1, Z_1 = Z_2$

$$I_{hs\ 1ph\ e} = \frac{3 E}{Z_1 + Z_2 + Z_0} = \frac{3 E}{5 Z_1} = 0,6 I_{hs\ 3ph}$$

III. SISTEM PENGAMAN PADA SUTM 20 kV 3 FASA 4 KAWAT

3.1. Pemutus Tenaga

Pemutus Tenaga (PMT) adalah alat pemutus otomatis yang mampu memutus/menutup rangkaian pada semua kondisi, yaitu pada kondisi normal ataupun gangguan.

Secara singkat tugas pokok pemutus tenaga adalah :

- Keadaan normal, membuka / menutup rangkaian listrik.
- Keadaan tidak normal, dengan bantuan relay, PMT dapat membuka sehingga gangguan dapat dihilangkan.

3.2. Relay Arus Lebih (OCR)

Relay arus lebih adalah relay yang bekerja terhadap arus lebih, ia akan bekerja bila arus yang mengalir melebihi nilai setingnya (I_{set}).

- a. Prinsip Kerja

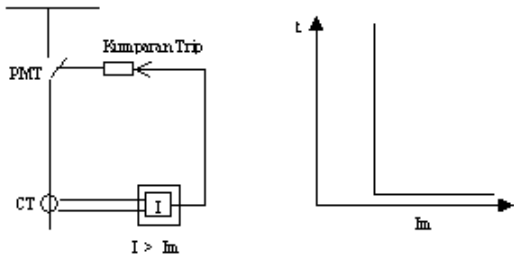
Pada dasarnya relay arus lebih adalah suatu alat yang mendeteksi besaran arus yang melalui suatu jaringan dengan bantuan trafo arus. Harga atau besaran yang boleh melewatinya disebut dengan setting.

Macam-macam karakteristik relay arus lebih :

- Relay waktu seketika (Instantaneous relay)
- Relay arus lebih waktu tertentu (Definite time relay)
- Relay arus lebih waktu terbalik

- b. Relay Waktu Seketika (Instantaneous relay)

Relay yang bekerja seketika (tanpa waktu tunda) ketika arus yang mengalir melebihi nilai settingnya, relay akan bekerja dalam waktu beberapa mili detik (10 – 20 ms). Dapat kita lihat pada gambar 5. dibawah ini.

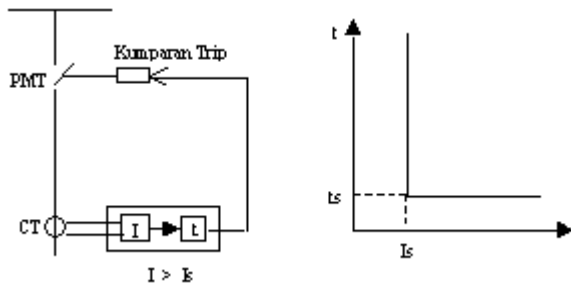


Gambar 5. Karakteristik relay waktu seketika.

Relay ini jarang berdiri sendiri tetapi umumnya dikombinasikan dengan relay arus lebih dengan karakteristik yang lain.

c. Relay arus lebih waktu tertentu (definite time relay)

Relay ini akan memberikan perintah pada PMT pada saat terjadi gangguan hubung singkat dan besarnya arus gangguan melampaui setingnya (I_s), dan jangka waktu kerja relay mulai pick up sampai kerja relay diperpanjang dengan waktu tertentu tidak tergantung besarnya arus yang mengerjakan relay, lihat gambar 6. dibawah ini



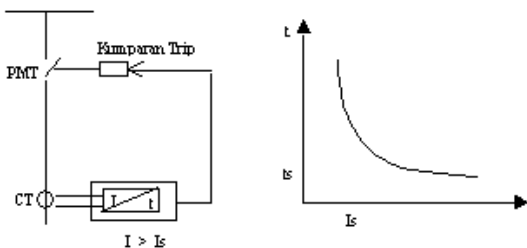
Gambar 6. Karakteristik relay waktu definite

d. Relay arus lebih waktu terbalik.

Relay ini akan bekerja dengan waktu tunda yang tergantung dari besarnya arus secara terbalik (inverse time), makin besar arus makin kecil waktu tundanya.

Karakteristik ini bermacam-macam. Setiap pabrik dapat membuat karakteristik yang berbeda-beda, karakteristik waktunya dibedakan dalam tiga kelompok :

- ✓ Standar invers
- ✓ Very inverse
- ✓ extremely inverse



Gambar 7. Karakteristik relay waktu Inverse

Pada relay arus lebih memiliki 2 jenis pengamanan yang berbeda antara lain:

- Pengamanan hubung singkat fasa

Relay mendeteksi arus fasa. Oleh karena itu, disebut pula "Relay fasa". Karena pada relay tersebut dialiri oleh arus fasa, maka setingnya (I_s) harus lebih besar dari arus beban maksimum.

Ditetapkan $I_s = 1,2 \times I_n$ (I_n = arus nominal peralatan terlemah).

- Pengamanan hubung tanah

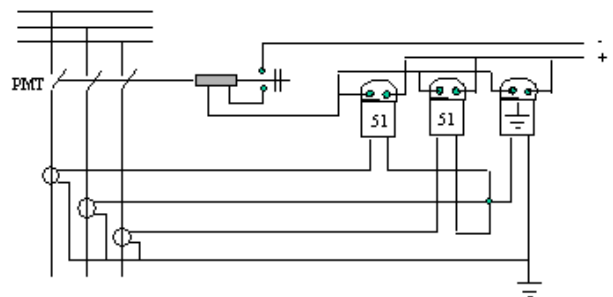
Arus gangguan satu fasa tanah ada kemungkinan lebih kecil dari arus beban, ini disebabkan karena salah satu atau dari kedua hal berikut:

- ✓ Gangguan tanah ini melalui tahanan gangguan yang masih cukup tinggi.
- ✓ Pentanahan netral sistemnya melalui impedansi/tahanan yang tinggi, atau bahkan tidak ditanahkan

Dalam hal demikian, relay pegaman hubung singkat (relay fasa) tidak dapat mendeteksi gangguan tanah tersebut. Supaya relay sensitive terhadap gangguan tersebut dan tidak salah kerja oleh arus beban, maka relay dipasang tidak pada kawat fasa melainkan kawat netral pada sekunder trafo arusnya. Dengan demikian relay ini dialiri oleh arus netralnya, berdasarkan komponen simetrisnya arus netral adalah jumlah dari arus ketiga fasanya.

$$I_a + I_b = 3 I_o$$

Arus urutan nol dirangkaian primernya baru dapat mengalir jika terdapat jalan kembali melalui tanah (melalui kawat netral)



Gambar 8. Sambungan relay GFR dan 2 OCR

3.3. Pemutus Balik Otomatis (Recloser)

Pemutus balik otomatis (Automatic circuit recloser = Recloser) ini secara fisik mempunyai kemampuan seperti pemutus beban, yang dapat bekerja secara otomatis untuk mengamankan sistem dari arus lebih yang diakibatkan adanya gangguan hubung singkat.

3.4. Saklar seksi Otomatis (sectionaliser)

Sectionaliser adalah alat perlindungan terhadap arus lebih, hanya dipasang bersama-sama dengan PBO yang berfungsi sebagai pengamanan back-upnya. Alat ini menghitung jumlah operasi pemutusan yang dilakukan oleh perlindungan back-upnya secara otomatis disisi hulu dan SSO ini membuka pada saat peralatan pengamanan disisi hulunya sedang dalam posisi terbuka.

3.5. Pelebur (fuse cut out)

Adalah suatu alat pemutus, dimana dengan meleburnya bagian dari komponen yang telah dirancang khusus dan disesuaikan ukurannya untuk membuka rangkaian dimana pelebur tersebut dipasang dan memutuskan arus bila arus tersebut melebihi suatu nilai dalam waktu tertentu. Oleh karena pelebur ditujukan untuk menghilangkan gangguan permanen, maka pelebur dirancang meleleh pada waktu tertentu pada nilai arus gangguan tertentu.

3.6. Koordinasi Peralatan Pengaman SUTM 20 kV

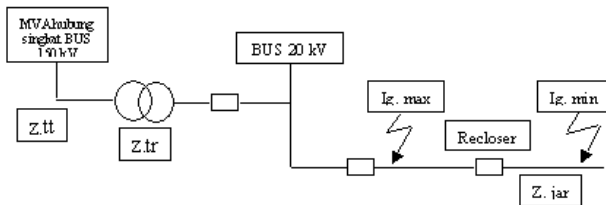
Pada dasarnya prinsip pokok dari koordinasi adalah :

- Peralatan pengaman pada sisi beban harus dapat menghilangkan gangguan menetap atau sementara yang terjadi pada saluran, sebelum peralatan pengaman di sisi sumber beroperasi memutuskan saluran sesaat atau membuka terus.
- Pemadaman yang terjadi akibat adanya gangguan menetap harus dibatasi sampai pada seksi sekecil mungkin.

IV. PERHITUNGAN ARUS GANGGUAN DAN ANALISIS KOORDINASI PERALATAN PENGAMAN.

4.1. Data-data Pengusahaan :

$I_{hs\ 3\Phi tt}$: 17.856,96 Ampere
 Kapasitas trf : 60 MVA
 Impedansi Trafo : 12,5 %
 Impedansi JTM 3 Φ : $Z_1 = Z_2 = 0,134 + j0,308$
 $Z_0 = 0,413 + j0,949$
 Impedansi JTM 1 fasa : $Z_{1\phi} = 1,623 + j0,746$



Gambar 9. Diagram Komponen Arus Gangguan

4.2. Perhitungan dan analisis

Impedansi trafo :

$$Z_{tr} = \frac{kV_2^2}{MVA_{tr}} \cdot 12,5\% = \frac{20^2}{60} = 0,833 \text{ Ohm}$$

Menghitung MVA_{hs tt}, bila diketahui $I_{hs3\Phi tt}$

$$MVA_{hs\ tt} = I_{hs3\Phi\ tt} \cdot Z_{tr} \cdot \sqrt{3} \cdot kV_1 / 10^3$$

$$MVA_{hs\ tt} = 17.856,96 \cdot \sqrt{3} \cdot 150 \cdot 0,8333 / 10^3 = 3866,15 \text{ MVA}$$

$$\text{Impedansi sisi TT} (Z_{tt}) = \frac{kV_2^2}{MVA_{tr}} = \frac{20^2}{3.865,87} = 0,1035 \text{ Ohm}$$

Arus gangguan maximum adalah yang terjadi pada dekat rel 20 kV GI.

$$I_{hs\ max\ 3ph} = \frac{kV_{2fn}}{Z_{tt} + Z_{tr}} = \frac{11.547}{(0,8333 + 0,1035)} = 12.326,07 \text{ Amp}$$

$$I_{hs\ 2F\ Max} = \frac{\sqrt{3} \cdot kV_{2fn}}{2(Z_{tt} + Z_{tr})} = 10.686,70 \text{ Amp}$$

$$I_{hs\ 1F-n\ Max} = \frac{3 \cdot kV_{2fn}}{(Z_{tt} + Z_{tr})} = I_{hs\ 3FTM} = 12.326,07 \text{ Amp}$$

Arus gangguan yang terjadi pada ujung jaringan SUTM (JTM) adalah merupakan arus hubung singkat minimum, rumus perhitungan sebagai berikut :

$$I_{hs\ 3F\ Min} = \frac{kV_{2fn}}{(Z_{tt} + Z_{tr} + Z_1)}$$

$$I_{hs\ 2F\ Min} = \frac{\sqrt{3} \cdot kV_{2fn}}{(Z_{tt} + Z_{tr} + Z_1 + Z_2)}$$

$$I_{hs\ 1F-n\ Min} = \frac{3 \cdot kV_{2fn}}{(Z_{tt} + Z_{tr} + Z_1 + Z_2 + Z_0)}$$

4.3. Setting arus OCR :

Peralatan dengan arus nominal terendah adalah CT, dengan $I_n = 400$ Ampere.

$$I_{s\ ocr} = 1,2 \times I_n \text{ CT} = 480 \text{ Ampere}$$

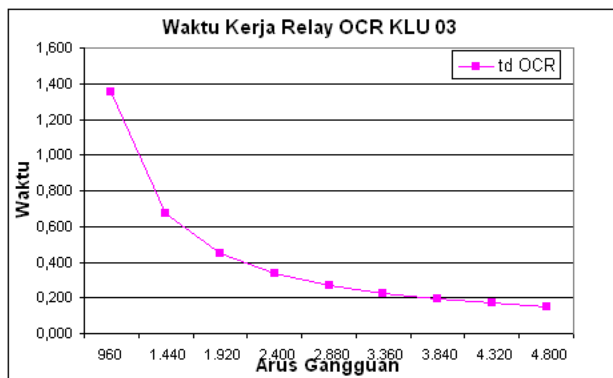
Setting waktu tunda relay OCR untuk penyulang dipilih karakteristik *Very Inverse*, dengan rumus

$$t_{d\ vi} = k.\beta/((I_{hs}/I_{s\ ocr})^\alpha)-1.$$

dimana : (k) = 0,1 $\beta = 13,5$ dan $\alpha = 1$.

Tabel 1. Perhitungan waktu tunda OCR

$x I_{s\ ocr}$	I_{hs}	t_d (detik)
100%	480	#DIV/0!
100% +1	481	648,000
200%	960	1,350
300%	1.440	0,675
400%	1.920	0,450
500%	2.400	0,338
600%	2.880	0,270
700%	3.360	0,225
800%	3.840	0,193
900%	4.320	0,169
1000%	4.800	0,150
$I_{hs\ max}$	12.326	0,055



Gambar 10. Kurva OCR Inverse

4.4. Setting GFR

Setting GFR pada penyulang : $0,5 \times I_n \text{ CT}$

: 200 Ampere

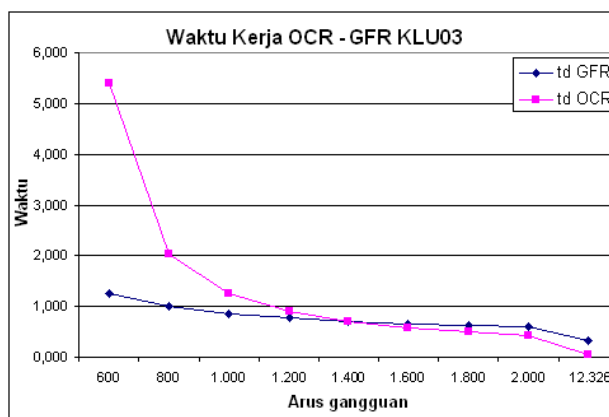
Setting waktu tunda relay GFR dipilih karakteristik *Standar Inverse*, dengan rumus waktu tunda, berikut :

$$t_{d\ si} = k.\beta/((I_{hs}/I_{s\ ocr})^\alpha)-1.$$

Tabel 2. Perhitungan waktu tunda OCR dan GFR

$x I_{s\ GFR}$	I_{hs}	$t_{d\ GFR}$ (detik)	$t_{d\ OCR}$ (detik)
100%	200	#DIV/0!	
100% +1	201		
200%	400	2,006	
300%	600	1,260	5,400
400%	800	0,996	2,025
500%	1.000	0,856	1,246
600%	1.200	0,767	0,900
700%	1.400	0,706	0,704
800%	1.600	0,659	0,579
900%	1.800	0,623	0,491
1000%	2.000	0,594	0,426
$I_{hs\ max}$	12.326	0,326	0,055

Relay GFR juga dikombinasi dengan setting waktu tunda definite (waktu tunda tertentu), yang mana pemilihannya ditetapkan 1 detik.



Gambar 11. Waktu kerja OCR dan GFR

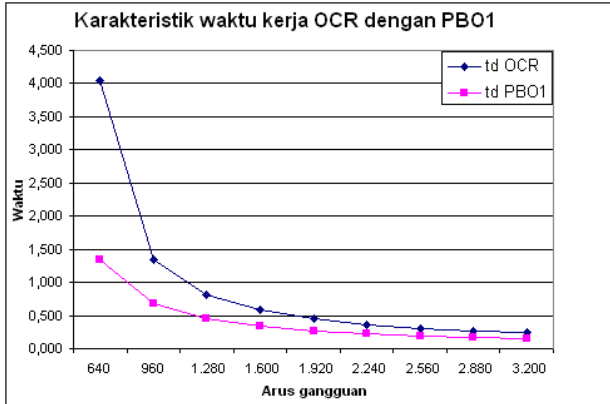
4.5. Setting arus momen (I_m)

Setting arus momen (I_m) yang akan bekerja tanpa tunda waktu, penetapannya sebagai berikut :

- Setting arus momen OCR = 400 % x I_n terendah
- Setting arus momen GFR = 600 % x I_n terendah

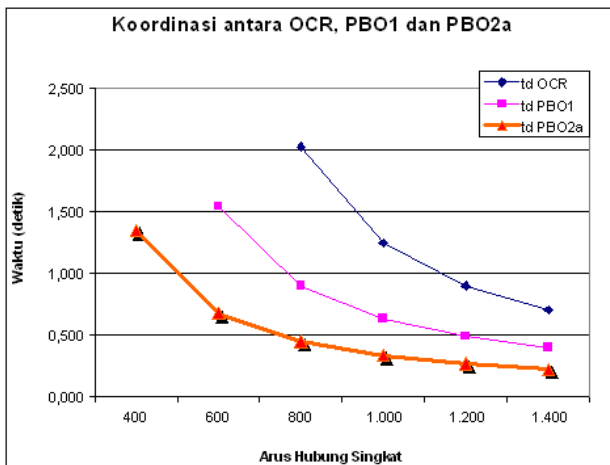
4.6. Koordinasi OCR dengan PBO1

Dengan beban tertinggi pada PBO1 sebesar 250 ampere, maka ditetapkan I_{sett} PBO1 adalah 320 Ampere



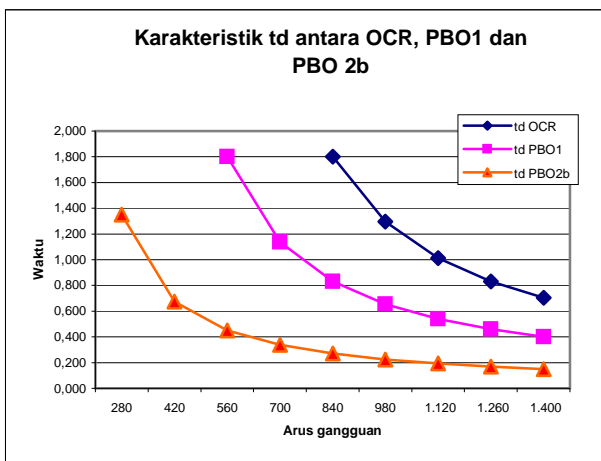
4.7. Koordinasi OCR, PBO 1 dan PBO 2a

Beban tertinggi pada PBO 2a adalah sebesar 88 Ampere, maka setting arus pada PBO 2a ditetapkan 200 Ampere



4.8. Koordinasi OCR, PBO 1 dan PBO 2b

Beban tertinggi pada PBO 2a adalah sebesar 40 Ampere, maka setting arus pada PBO 2a ditetapkan 140 Ampere



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Besar arus gangguan pada sistem 3 fasa 4 kawat memberikan keuntungan koordinasi antara peralatan pengaman yang satu dengan yang lain dengan baik.
2. Perbedaan mendasar dari perhitungan arus gangguan maksimum dengan minimum adalah besar impedansi jaringan Z_1 , Z_2 dan Z_0 , dimana pada arus gangguan maksimum yang terjadi dekat gardu induk, nilai impedansi jaringan mendekati nol, dan pada arus gangguan minimum nilai impedansi jaringan sesuai nilai impedansi pada titik lokasi gangguan ($\neq 0$). Rumus perhitungan yang digunakan untuk kedua kondisi pada dasarnya sama.
3. Jangkauan relay sangat dipengaruhi besar kecilnya arus hubung singkat, sedangkan besar arus hubung singkat dipengaruhi :
 - a. Jumlah pembangkit yang masuk ke sistem jaringan.
 - b. Kapasitas dan impedansi trafo
 - c. Titik gangguan atau panjang jaringan.
4. Peralatan Pengaman pada penyulang KLU-03 masih bisa menjangkau (melakukan penginderaan) pada saat menerima pelimpahan beban dari penyulang WLI-06.

5.2. Saran

1. Untuk menjamin keandalan sistem penyaluran tenaga listrik, analisa koordinasi peralatan pengaman harus selalu dilakukan setiap ada perubahan konfigurasi pembebanan jaringan, baik oleh perluasan jaringan, up-rating trafo, up-rating jaringan atau akibat pelimpahan beban.

2. Perlu pemasangan PBO tambahan pada penyulang WLI-06, untuk mengkondisikan adanya zona pengamanan I (Pertama) guna meminimalkan kerja PMT WLI-06 mengingat secara tekno ekonomis harga unit PMT jauh lebih mahal dibanding harga unit automatic recloser.

Menyetujui / Mengesahkan
Pembimbing I

Ir. Nugroho Agus Darmanto, MT.
NIP. 131 598 859

Pembimbing II

DAFTAR PUSTAKA

1. IEEE Power Engineering Society, Application and coordination of recloser, sectionalizer and fuse, New York, 1980.
2. SPLN 64 : 1985, Petunjuk pemilihan dan penggunaan pelebur pada sistem distribusi tegangan menengah.
3. SPLN 52 – 3 : 1983, Pola pengamanan sistem
4. Komari Ir., Pembumian titik netral, PT PLN (Persero), Udiklat Teknologi Kelistrikan.
5. Pribadi Kadarisman Ir., Pengaman Arus lebih, Udiklat Teknologi Kelistrikan.
6. Soemarto Soedirman Ir., Pembumian dan proteksi sistem distribusi, Udiklat Teknologi Kelistrikan.
7. , Relay proteksi, Diktat kursus operasi dan pemeliharaan gardu induk, PLN Pembangkitan Jawa Barat dan Jakarta Raya, 1982.
8. Hadi Saadat, Power system analysis, WCB McGraw Hill, 1999.
9. Sunil S. Rao, Switchgear and protection, Khanna Publishers, Delhi, 1978.
10., Design Approved, Chas. T. Main International. Inc. 1972.

Susatyo Handoko. ST, MT.
NIP. 132 282 683



Sumardjiyono (L2F 303 521) lahir di Semarang, 2 Agustus 1965. Sampai saat ini masih menyelesaikan studi S1 di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang mengambil konsentrasi Sistem Ketenagalistrikan