

ANALISIS KOORDINASI OVER CURRENT RELAY dan RECLOSER AKIBAT ADANYA MANUVER JARINGAN dari PENYULANG 05 ke PENYULANG 07 GARDU INDUK WELERI KENDAL

Andreas Bahda Muchamad^{*)}, Juningtyastuti, and Susatyo Handoko

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail : andreasbahda.m@gmail.com

Abstrak

Untuk menjaga kontinuitas peyaluran energi listrik apabila terjadi gangguan hubung singkat, salah satu caranya adalah manuver jaringan dan sistem proteksi. Seperti halnya di saluran WLI 05 yang kerap melakukan manuver jaringan ke saluran WLI 07. Karena adanya manuver jaringan maka relay outgoing dan recloser yang terpasang di kedua saluran ini mengalami overlapping. Hal itu dikarenakan arus setting recloser dan relay tidak sesuai dengan arus beban maksimum dengan kondisi ketika adanya manuver jaringan. Maka dari itu peralatan proteksi yang terpasang di kedua saluran perlu di evaluasi supaya tidak terjadi overlapping. Untuk melakukan evaluasi maka di perlukan arus beban maksimum yang melewati peralatan proteksi, arus beban maksimum ini di peroleh dengan 2 perhitungan. Perhitungan 1 adalah saat kondisi jaringan melakukan manuver 1 yaitu ketika ABSW-47/3 dalam keadaan close. Sedangkan untuk perhitungan 2 adalah saat kondisi jaringan melakukan manuver melalui ABSW-73/51. Hasil resetting menghasilkan waktu kerja peralatan proteksi dengan setting existing lebih kecil dibanding dengan setting perhitungan 1 dan perhitungan 2. Setting hasil perhitungan 1 dan 2 menyebabkan waktu kerja relay dan recloser lebih lama hal ini dikarenakan pengaruh adanya grading time antar peralatan proteksi namun hal itu masih sesuai standard dan tidak terjadi overlapping.

Kata kunci: energi listrik, manuver jaringan, sistem proteksi,

Abstract

To keep continuity of electricity in case of short circuit, one of the way is the maneuver network and protection systems, like in the WLI 5 that is often on the network to the WLI. 07. Because the maneuver network then relay outgoing and recloser are installed on both lines are overlapping. That's because of the recloser and relay is not in accordance with the maximum capacity with the condition when the maneuver network. Therefore, the portection which is placed in the second line needs to be in a row just in case overlapping. To do an evaluation then in need of maximum capacity through the equipment protection, the current maximum capacity with two calculations. The first calculation is when ABSW-47/3 in a close. And the second calculation when the network to maneuver through ABSW-73/51. The resetting a time work equipment protection, with the setting of freeway is smaller than with the setting of the first and second calculation. Setting the results of the 1 and 2 lead to the time of the relay and recloser longer this is because the influence of the grading time between equipment tools protection, but it still according to standards and not an overlapping.

Keywords: electrical energy, maneuver, system protection.

1. Pendahuluan

Sebagian energi yang dibutuhkan oleh masyarakat modern disuplai dalam bentuk energi listrik [1]. Energi listrik sudah tidak bisa dipisahkan lagi dalam kehidupan sehingga suplai listrik harus kontinu. Namun dalam praktiknya biasanya penyaluran energi listrik ke konsumen mengalami permasalahan yang disebabkan karena adanya *maintenance* atau gangguan hubung singkat. Gangguan ialah setiap keadaan sistem yang tidak normal, sehingga

pada umumnya terdiri dari hubung singkat dan rangkaian terbuka [2]. Tetapi penyaluran energi listrik tidak boleh terhenti akibat adanya gangguan atau *maintenance*. Distribusi tenaga listrik tersebut harus menjamin kontinuitas terkirimnya energi listrik, untuk menjaga kontinuitas penyaluran energi listrik adalah dengan cara melakukan pelimpahan beban atau *manuver* jaringan.

Manuver jaringan adalah kegiatan membuat modifikasi terhadap operasi normal dari jaringan akibat adanya gangguan/pekerjaan jaringan sehingga tetap tercapainya

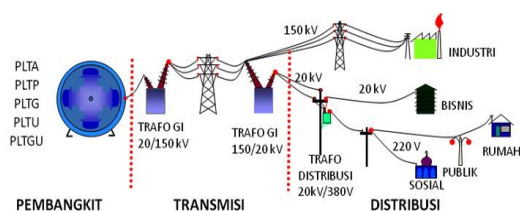
kondisi penyaluran tenaga listrik yang maksimal [3]. Selain *manuver* jaringan, untuk menjaga kontinuitas penyaluran energi listrik di butuhkan sistem proteksi. Sistem proteksi adalah susunan perangkat proteksi secara lengkap yang terdiri dari perangkat utama dan perangkat-perangkat lain yang dibutuhkan untuk melakukan fungsi tertentu berdasarkan prinsip-prinsip proteksi sesuai dengan definisi yang terdapat pada standar IEC 60255-20 [4]. Salah satu komponen penting dalam sistem proteksi adalah *Over Current Relay* dan *recloser*. *Recloser* dan *Over Current Relay* tersebut perlu dilakukan koordinasi yang dilihat dari zona proteksi yang harus dilindungi dan waktu trip CB, sehingga dalam kinerja pelepasan beban tidak terjadi kesalahan pembukaan CB. *Recloser* adalah alat pengaman arus lebih yang dapat membuka secara otomatis dan menutup kembali sebanyak waktu yang ditentukan untuk menghilangkan gangguan sementara atau mengisolasi gangguan permanen [5].

Untuk itu perlu adanya koordinasi *relay* dan *recloser* untuk tetap menjamin kontinuitas penyaluran energi listrik terlebih beban yang akan selalu bertambah yang akan menghasilkan arus gangguan yang lebih besar pula. Selain itu dengan adanya proteksi yang baik maka energi listrik yang disalurkan ke jaringan dapat selalu terpenuhi. Tetapi koordinasi *relay* dan *recloser* hasil *restting* perlu dibandingkan juga dengan waktu ketahanan konduktor supaya waktu *restting* tidak melebihi ketahanan konduktor.

2. Metode

2.1. Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik adalah sistem penyaluran energi listrik dari pembangkit ke pelanggan secara umum, seperti terlihat di gambar 1 ini.



Gambar 1. Skema Sistem Tenaga Listrik [6]

Di skema terlihat penyaluran energi listrik mulai dari pembangkit, kemudian tegangannya dinaikkan yang semula 6kV menjadi 150kV (SUTET) atau ke 20 kV. Setelah menjadi 150 kV kemudian dari 150 kV diturunkan menjadi 70 kV (SUTM) dari 150 kV diturunkan lagi menjadi 20 kV. Setelah dari 20 kV diturunkan lagi menjadi 220 V untuk perumahan dan 380 V untuk industri.

2.1.1. Jenis-jenis jaringan listrik.

Ada banyak sekali jenis-jenis jaringan listrik yang di aplikasikan. Berikut ada beberapa jaringan listrik:

1. Jaringan listrik radial

Jaringan ini adalah skema paling dasar jaringan listrik selain itu jaringan radial paling banyak dipakai. Banyak dipakai karena jaringan ini relatif murah dalam pemasangannya.

2. Jaringan listrik loop

Nama lain jaringan ini adalah *ring*. Dengan bentuk seperti itu memungkinkan titik beban dapat disuplai dari dua arah, sehingga kontinuitas pelayanan.

3. Jaringan listrik spindel

Salah satu modifikasi jaringan listrik adalah jaringan *spindel*. Jaringan ini maksimum adalah 6 saluran bekerja dengan beban dan 1 saluran tanpa beban (*express feeder*). Kegunaan *express feeder* ini adalah apabila ada 1 saluran terganggu maka *express feeder* ini yang akan mensuplai titik beban.

2.1.2. Hubung singkat

Gangguan hubung singkat terjadi karena terhubungnya antara dua titik atau lebih yang tidak seharusnya terhubung dalam suatu jaringan penyalur tenaga listrik aktif, baik secara tidak sengaja maupun sengaja .

Jenis-jenis gangguan hubung singkat ada 4 yaitu:

1. Gangguan hubung singkat 3 fasa

Gangguan hubung singkat tiga fasa dapat terjadi jika ketiga konduktor pada sebuah jaringan tenaga listrik tiga fasa saling terhubung sehingga menyebabkan nilai arus yang melonjak.

2. Gangguan hubung singkat 2 fasa

Gangguan hubung singkat ini terjadi jika 2 fasa bersentuhan sehingga melonjaknya arus.

3. Gangguan 2 fasa ke tanah

Hampir sama seperti gangguan hubung singkat 2 fasa, bedanya adalah 2 fasa yang saling terhubung bersentuhan juga dengan tanah.

4. Gangguan 1 fasa ke tanah

Gangguan ini apabila 1 fasa terhubung ke tanah. Hal ini biasanya terjadi karena isolator pecah, sambaran petir ataupun pohon tumbang.

2.1.3. Pelimpahan beban

Manuver atau memanipulasi jaringan distribusi adalah serangkaian kegiatan membuat modifikasi terhadap

operasi normal dari jaringan akibat dari adanya gangguan atau pekerjaan jaringan yang membutuhkan pemadaman tenaga listrik, sehingga dapat mengurangi daerah pemadaman dan agar tetap tercapai kondisi penyaluran tenaga listrik yang semaksimal mungkin

2.1.4. Sistem proteksi

Sistem proteksi adalah susunan perangkat proteksi secara lengkap yang terdiri dari perangkat utama dan perangkat-perangkat lain yang dibutuhkan untuk melakukan fungsi tertentu berdasarkan prinsip-prinsip proteksi sesuai dengan definisi yang terdapat pada standar IEC 6255-20 [4]. Berikut adalah peralatan proteksi:

1. Over Current Relay

OCR adalah suatu alat yang mendeteksi besaran arus yang melalui suatu jaringan tenaga listrik dengan bantuan trafo arus. Relay akan mendeteksi adanya gangguan apabila arus yang melewati jaringan lebih dari arus *setting*. Kemudian *relay* akan membandingkan nilai arus tadi dengan arus *setting*, apabila nilai arusnya sama atau melebihi arus *setting* maka *relay* akan memerintahkan CB untuk *trip*.

Karakteristik OCR ada 3 yaitu *Instantaneous Relay*, *Definite Time Relay* dan *Inverse Time Relay*. Sedangkan *Inverse Time Relay* dibagi 3 lagi yaitu:

- *Standart Inverse Time*

$$t = \frac{0,14}{\left[\frac{I_{hs}}{I_{set}}\right]^{0,02} - 1} \times TMS \quad (1)$$

- *Very Inverse Time*

$$t = \frac{13,2}{\left[\frac{I_{hs}}{I_{set}}\right]^1 - 1} \times TMS \quad (2)$$

- *Extreme Inverse Time*

$$t = \frac{80}{\left[\frac{I_{hs}}{I_{set}}\right]^2 - 1} \times TMS \quad (3)$$

2. Recloser

Recloser prinsip kerja hampir sama seperti OCR sama-sama mendeteksi arus lebih, yang membuat beda adalah ketika terjadi gangguan *recloser* akan membuka kemudian setelah beberapa saat akan menutup kembali. Apabila gangguan itu belum terisolir maka *recloser* akan membuka kembali kemudian mengunci.

2.1.5. Ketahanan konduktor

Ketahanan konduktor adalah lamanya waktu pembebanan arus pada konduktor. Gangguan hubung singkat pada

saluran transmisi atau distribusi akan membuat suhu penghantar akan naik karena arus sesaat akibat hubung singkat tersebut.

2.2. Menghitung *setting relay*, *recloser* dan ketahanan konduktor

2.2.1. Menghitung impedansi sumber

Bila nilai impedansi sumber diketahui dalam satuan (Ω), maka impedansi sumber dalam satuan per unit dapat dihitung dengan menentukan base sumber terlebih dahulu, secara matematis dapat dihitung dengan persamaan :

$$\text{Impedansi (Z)} = \frac{kV^2}{MVA} \quad (4)$$

Untuk sisi sekunder trafo maka :

$$Z_2 = \frac{KV_2^2}{KV_1^2} \times Z_1 \quad (5)$$

dimana :

Z_1 = Impedansi sumber lama

Z_2 = Impedansi sumber baru

KV_1^2 = Tegangan dekat sumber

KV_2^2 = Tegangan dekat trafo

Menghitung impedansi pada transformator tenaga di gardu induk. Nilai impedansi pada transformator dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan :

$$\begin{aligned} Z_{1T} = Z_{2T} &= j \frac{kV^2}{MVA \text{ trafo}} \times X \text{ (pu) trafo} \\ &= j \frac{kV^2}{MVA \text{ trafo}} \times \frac{X \text{ (%) trafo}}{100 \%} \end{aligned} \quad (6)$$

dimana :

Z_{1T} = impedansi urutan positif transformator (Ω)

Z_{2T} = impedansi urutan negatif transformator (Ω)

X = impedansi trafo (pu)

$X \text{ (%)}$ = $X \text{ (pu)} \times 100\%$

Untuk impedansi urutan nol pada transformator (Z_{0T}) perlu diperhatikan ada tidaknya belitan delta dengan syarat sebagai berikut :

- Jika kapasitas Δ sama dengan kapasitas Y, maka berlaku nilai $Z_{0T} = Z_{1T}$
- Jika pada transformator mempunyai hubungan Y- Δ maka terdapat belitan Δ dengan kapasitas 3x kapasitas primer (sekunder), sehingga $Z_{0T} = 3 \times Z_{1T}$
- Jika pada transformator mempunyai hubungan Y-Y tanpa belitan Δ didalamnya sehingga $Z_{0T} = 10 \times Z_{1T}$

2.2.2. Menghitung impedansi saluran

Impedansi saluran tergantung pada luas penampang kabel yang digunakan, panjang saluran, dan bahan yang digunakan.

Impedansi urutan positif dan negatif pada penyulang dalam analisis hubung singkat mempunyai nilai yang sama besar

$Z_{1L} = Z_{2L}$. Secara umum impedansi pada penyulang dapat dihitung dengan rumus :

$$Z_L = \text{Panjang saluran} \times Z \text{ per km} \quad (7)$$

Jika nilai impedansi sumber, impedansi transformator, dan impedansi penyulang telah di dapat, maka setiap nilai impedansi urutan dijumlahkan untuk mendapatkan impedansi ekivalen urutan.

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = Z_{1S} + Z_{1T} + Z_{1L} \quad (8)$$

Sedangkan untuk impedansi ekivalen urutan nol perlu dipertimbangkan besarnya tahanan pentanahan (R_n), sehingga didapat :

$$Z_{0eq} = Z_{0S} + Z_{0T} + 3R_n + Z_{0L} \quad (9)$$

Setelah itu dijadikan dalam satuan pu. Satuan perunit merupakan sistem penskalaan untuk mempermudah kalkulasi dari setiap harga didefinisikan sebagai nilai sebenarnya yang ada dari besaran tersebut dibagi dengan nilai dasar yang dipilih. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut : [8]

$$\text{Sistem per unit (pu)} = \frac{\text{Nilai sebenarnya}}{\text{nilai dasar}} \quad (10)$$

$$\text{Base arus (I}_{base}) = \frac{\text{KVA base}}{\sqrt{3} \times \text{KV base}} \quad (11)$$

$$\text{Base impedansi (Z}_{base}) = \frac{kV^2}{\text{MVA base}} \quad (12)$$

2.2.3. Menghitung hubung singkat

Gangguan arus hubung singkat dapat dicari dengan persamaan dibawah ini. [8]

Persamaan arus hubung singkat 3 fasa :

$$I_f = I_{a1} = \frac{E_a}{Z_1 + Z_f} \quad (13)$$

Persamaan arus hubung singkat 2 fasa :

$$I_f = I_{a1} = \frac{E_a}{Z_1 + Z_2 + Z_f} \quad (14)$$

Persamaan arus hubung singkat 2 fasa dengan tanah :

$$I_f = I_{a1} = \frac{E_a}{Z_1 + \frac{Z_2(Z_0 + 3Z_f)}{Z_2 + Z_0 + 3Z_f}} \quad (15)$$

Persamaan arus hubung singkat 1 fasa dengan tanah :

$$I_f = 3I_{a1} = \frac{3E_a}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_f} \quad (16)$$

2.2.4. Menghitung setting recloser dan relay

i. Menghitung *setting relay outgoing*

- *Setting relay outgoing OCR*

$$I_{setting \text{ primer OCR}} = 1,2 \times \text{Arus beban maksimum} \quad (17)$$

$$I_{setting \text{ sekunder}} = \frac{I_{set \text{ primer}}}{\text{ratio CT}} \quad (18)$$

$$\text{TMS} = \frac{Top \times \left[\left(\frac{I_{\text{hubung singkat 3 fasa}}}{I_{set \text{ primer}}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} \quad (19)$$

- *Setting relay outgoing GFR*

$$I_{setting \text{ primer GFR}} = 0,3 \times \text{ arus beban maksimum} \quad (20)$$

Sedangkan untuk menghitung arus sekundernya sama seperti persamaan (17)

$$\text{TMS} = \frac{Top \times \left[\left(\frac{I_{\text{hubung singkat 1 fasa ke tanah}}}{I_{set \text{ primer}}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} \quad (21)$$

ii. Menghitung *setting recloser*

- *Setting recloser OCR*

Untuk *setting recloser OCR* sama seperti persamaan (17) dan untuk menghitung nilai TMS sama seperti persamaan (18)

- *Setting recloser GFR* caranya adalah sebagai berikut.

$$I_{setting \text{ GFR}} = 0,12 \times \text{ arus beban maksimum} \quad (22)$$

Untuk menghitung TMS sama seperti persamaan (21)

2.2.5. Menghitung ketahanan konduktor

Lamanya waktu ketahanan konduktor juga perlu di perhatikan supaya waktu *resetting relay* dan *recloser* tidak melebihi waktu ketahanan konduktor terhadap arus gangguan hubung singkat yang menyebabkan konduktor terbakar. Oleh sebab itu ketahanan konduktor perlu ditentukan dengan rumus seperti ini.

$$I = \frac{79,25 \times S}{\sqrt{t}} \quad (23)$$

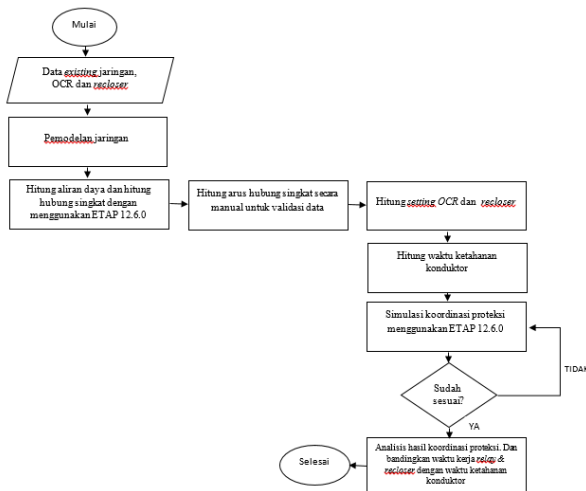
Dimana :

I = Arus

S = Luas penampang konduktor

t = Waktu pembebanan arus

3. Hasil dan Analisa



Gambar 2. Diagram alir

Disini akan dilakukan 3 perbandingan *setting relay* dan *recloser* yaitu *setting* menggunakan data *existing*, perhitungan 1 dan perhitungan 2. Perhitungan 1 di dapat saat WLI 07 menerima pelimpahan beban dari WLI 05 melalui ABSW W1-47/3. Sedangkan untuk perhitungan 2 di dapat dari kondisi dimana WLI 07 menerima pelimpahan beban dari WLI 05 melalui ABSW 73/51. Dari 2 kondisi ini kan di dapatkan arus beban maksimum dan hubung singkat yang berbeda, yang dimana akan digunakan untuk mendapatkan *setting relay* dan *recloser*. Setelah di dapatkan *setting relay* dan *recloser* dari 2 kondisi maka akan di dibandingkan tujuannya adalah untuk mengetahui *setting* mana yang lebih baik untuk koordinasi *relay outgoing* dan *recloser* disaluran WLI 07 ketika terjadi pelimpahan dari WLI 05 menggunakan ETAP 12.6.0 dan perhitungan manual.

3.1. Setting existing

Table 1. Data Existing

Setting	Existing			
	TMS		Iset	
	OCR	GFR	OCR	GFR
Relay	0,125	0,25	480	240
Recloser 7	0,1	0,1	200	100
Recloser 5	0,05	0,14	380	150

Dengan data *existing* seperti diatas maka di dapatkan kurva karakteristik seperti di tunjukan gambar 3. Untuk kurva karakteristik saat terjadi pelimpahan beban melalui kondisi 2 dengan gangguan 3 fasa terlihat kurva *recloser 05* dengan *recloser 07* saling berpotongan yang dapat dilihat di gambar 9. Hal ini tidak diperbolehkan karena tidak sesuai standard. Tetapi untuk gangguan 1 fasa dengan kondisi yang sama kurva menunjukkan hasil yang baik.

3.2. Setting dengan perhitungan kondisi 1

Dengan menggunakan persamaan 1 sampai persamaan 18 dan simulasi arus beban maksimum, kemudian dapat menghitung *setting relay* dan *recloser*. Dan hasilnya seperti tabel 2

Tabel 2. Setting perhitungan kondisi 1

Setting	Existing				Perhitungan 1			
	TMS (detik)		Iset (A)		TMS (detik)		Iset (A)	
	OCR	GF R	OC R	GF R	OCR	GFR	OCR	GFR
Relay	0,12	0,2	480	240	0,29	0,45	572,1	172,2
Recloser 7	0,1	0,1	200	100	0,15	0,18	164,2	68,8
Recloser 5	0,05	0,1	380	150	0,01	0,01	126	68,8

3.3. Setting dengan kondisi perhitungan 2

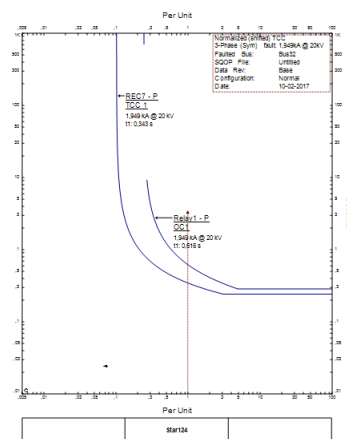
Dengan menggunakan persamaan 1 sampai persamaan 18 dan simulasi arus beban maksimum maka di dapatkan lah *setting relay* dan *recloser* untuk kondisi 2 seperti tabel 3 di bawah ini

Tabel 3. Setting perhitungan kondisi 2

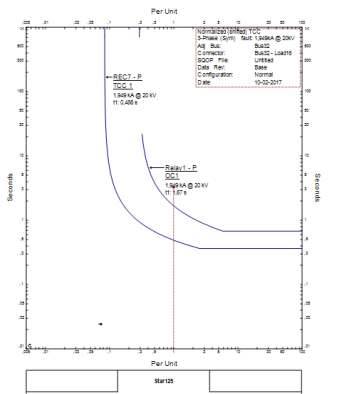
Setting	Existing				Perhitungan 2			
	TMS (detik)		Iset (A)		TMS (detik)		Iset (A)	
	OCR	GF R	OC R	GF R	OCR	GFR	OCR	GFR
Relay	0,12	0,2	480	240	0,30	0,49	531	123,9
Recloser 7	0,1	0,1	200	100	0,10	0,19	479,7	49,5
Recloser 5	0,05	0,1	380	150	0,01	0,01	140,8	49,5

Dari ketiga *setting* ini kemudian dibandingkan ke tiganya dama semua kondisi, yitu kondisi normal, kondisi pelimpahan beban 1 (ABSW 47/3 *close*, ABSW 73-51 *open*) dan kondisi pelimpahan beban 2 ABSW 47/3 *open*, ABSW 73-51 *close*)

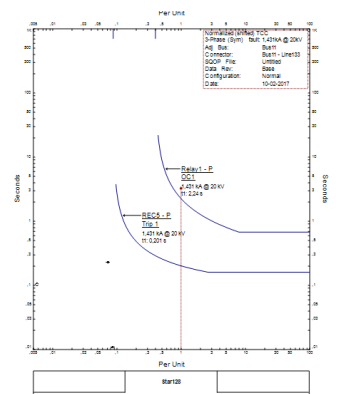
3.4. Kondisi tidak ada manuver



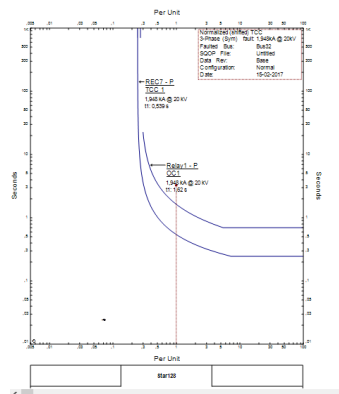
Gambar 3. Kurva karakteristik OCR setting existing



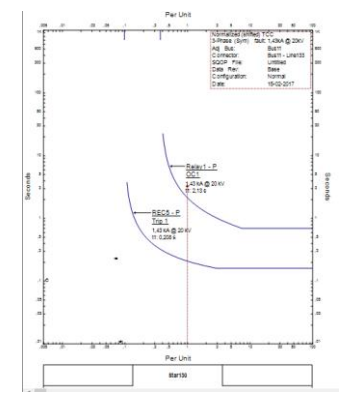
Gambar 4. Kurva karakteristik OCR setting perhitungan 1



Gambar 7. Kurva karakteristik OCR setting perhitungan 1



Gambar 5. Kurva karakteristik OCR setting perhitungan 2



Gambar 8. Kurva karakteristik OCR setting perhitungan 2

Dengan kondisi tidak ada manuver, baik *setting existing*, perhitungan 1 dan perhitungan 2 kurva karakteristik dari *relay* dan *recloser* tidak saling berpotongan (*overlapping*) dengan begitu dari ke tiga *setting* ini baik digunakan.

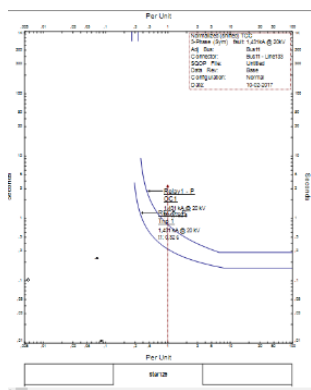
Dengan kondisi *manuver 1*, baik *setting existing*, perhitungan 1 dan perhitungan 2 kurva karakteristik dari *relay* dan *recloser* tidak saling berpotongan (*overlapping*) dengan begitu dari ke tiga *setting* ini baik digunakan

3.5. Kondisi manuver 1

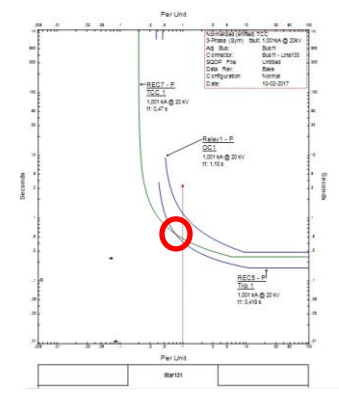
Kondisi *manuver 1* adalah ketika WLI 07 menerima pelimpahan beban dari WLI 05 melalui ABSW 47/3. Disini akan dibandingkan 3 *setting* yang berbeda kemudian di lihat kurva karakteristik kurva *relay* dan *recloser*.

3.6. Kondisi manuver 2

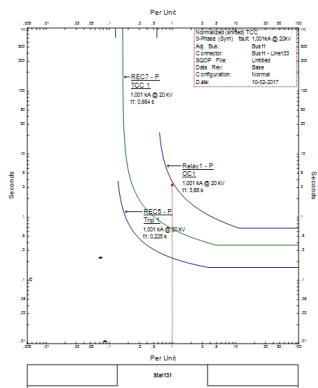
Kondisi *manuver 1* adalah ketika WLI 07 menerima pelimpahan beban dari WLI 05 melalui ABSW 73/51. Disini akan dibandingkan 3 *setting* yang berbeda kemudian di lihat kurva karakteristik kurva *relay* dan *recloser*.



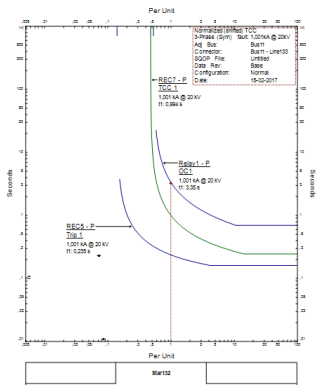
Gambar 6. Kurva karakteristik OCR setting existing



Gambar 9. Kurva karakteristik OCR setting existing



Gambar 10. Kurva karakteristik OCR setting perhitungan 1



Gambar 11. Kurva karakteristik OCR setting perhitungan 2

Dengan kondisi *manuver 2*, terlihat dengan menggunakan *setting existing*, kurva karakteristik *relay* dan *recloser* saling berpotongan (*overlapping*) sedangkan untuk perhitungan 1 dan perhitungan 2 kurva karakteristik dari *relay* dan *recloser* tidak saling berpotongan (*overlapping*) dengan begitu *setting relay* dan *recloser* yang baik digunakan untuk kondisi 2 ini adalah *setting* hasil perhitungan 1 atau *setting* hasil perhitungan 2.

3.7. Perbandingan ketahanan konduktor dengan waktu kerja relay dan recloser hasil perhitungan 1

Perbandingan ketahanan konduktor dengan waktu kerja *rekay* dan *recloser* perlu di perhatikan karena apabila waktu kerja *relay* dan *recloser* melebihi waktu ketahanan konduktor maka akan menyebabkan konduktor terbakar, apabila terbakar maka jaringan akan mengalami *blackout*.

Tabel 4. Perbandingan waktu lamanya ketahanan konduktor dengan waktu kerja *relay* dan *recloser setting* perhitungan 1

BUS	Ketahanan Konduktor (detik)	Waktu Kerja (detik)		
		Relay	Recloser7	Recloser 5
PMT	9,488	0,9	-	-
W1-24	11,482	0,887	-	-
B3-635/1	15,386	0,949	-	-
B3-624	12,397	0,903	-	-
bus 25	15,424	0,950	-	-
W1-47	27,124	0,950	-	-
W1-49	27,124	1,098	-	-
W1-52	27,244	1,099	-	-
W1-49/7	29,164	1,120	-	-
W1-54	29,164	1,120	0,350	-
W1-19/73	52,301	1,338	0,388	-
W1-19/80	55,157	1,362	0,392	-
W1-19/164	95,627	1,673	0,437	-
W1-32/1	52,782	1,342	0,389	-
bus 43	82,503	1,577	0,424	-
B3-551	17,208	0,975	0,321	-
B3-561	17,390	0,978	0,322	-
B3-549	20,715	1,021	0,331	-
B3-549/7	31,911	1,149	0,355	-
B3-481	27,991	1,107	0,348	-
B3-480	40,546	1,234	0,370	-
bus 39	41,996	1,247	0,373	-
W5-188	41,289	1,241	0,372	-
W5-37	147,327	2,036	0,480	0,05
W5-27	177,404	2,246	0,501	0,051
bus 08	179,157	2,257	0,502	0,052
B3-G/13	179,157	2,258	0,502	0,052
B3-110	266,087	2,890	0,554	0,056
W5-19	203,898	2,432	0,518	0,053

Tabel 5. Perbandingan waktu lamanya ketahanan konduktor dengan waktu kerja *relay* dan *recloser setting* perhitungan 2

BUS	Ketahanan Konduktor (detik)	Waktu Kerja (detik)		
		Relay	Recloser7	Recloser 5
PMT	9,448	0,9	-	-
W1-24	11,482	0,886	-	-
B3-635/1	15,386	0,946	-	-
B3-624	12,397	0,901	-	-
bus 25	15,424	0,947	-	-
W1-47	15,462	0,947	-	-
W1-49	27,124	1,088	-	-
W1-52	27,244	1,089	-	-
W1-49/7	29,164	1,109	-	-
W1-54	29,164	1,109	0,350	-
W1-19/73	52,301	1,316	0,411	-
W1-19/80	55,157	1,338	0,418	-
W1-19/164	95,627	1,627	0,501	-
W1-32/1	52,621	1,318	0,412	-
bus 43	82,503	1,538	0,476	-
B3-551	112,654	1,738	0,533	-
B3-561	113,032	1,740	0,534	-
B3-549	103,896	1,680	0,517	-
B3-549/7	82,345	1,537	0,476	-
B3-481	119,901	1,784	0,546	-
B3-480	145,280	1,943	0,591	-
bus 39	146,765	1,952	0,593	-
W5-188	146,578	1,951	0,593	-
W5-37	319,949	3,052	0,886	0,05
W5-27	362,485	3,364	0,963	0,051
bus 08	364,672	3,379	0,967	0,051
B3-G/13	364,672	3,380	0,967	0,051
B3-110	485,735	4,383	1,205	0,055
W5-19	400,000	3,650	1,033	0,053

4. Kesimpulan

Saat gangguan hubung singkat 3 fasa terjadi di bus W1-24 relay outgoing dengan setting existing bekerja setelah 0,347 detik sedangkan waktu kerja relay outgoing dengan setting perhitungan 1 bekerja setelah 0,887 detik. Hal itu terjadi juga di setting perhitungan 2, relay outgoing dengan setting existing bekerja setelah 0,347 detik sedangkan dengan perhitungan 2 relay outgoing bekerja setelah 0,886 detik. Walaupun waktu kerja relay outgoing setting perhitungan 1 dan perhitungan 2 lebih lama, tetapi dengan setting perhitungan 1 dan 2 peralatan proteksi tidak terjadi overlapping.

Referensi

- [1]. E.P De Mello and Concordia. "Concepts of Synchronous Machine Stability by Excitation Control." *IEEE*. Vol.Pass-88. No.4. April 1969. Pp.316329.
- [2]. Stevenson, William D. 1983. "Analisis Sistem Tenaga Listrik". Erlangga. 1996.Ward J, Peppard J.
- [3]. Akhmad Jamaah. "Analisa Beban Section untuk Menentukan Alternatif Manuver Jaringan Distribusi 20 kV Penyulang BRG-3 PT PLN (Persero) Unit Layanan Salatiga" 2013; hal:160
- [4]. Bonar Pandjaitan, FI Sigit Suyantoro. Editors. "Praktik-praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik", Penerbit ANDI. 2012
- [5]. Kadir, Abdul,"Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik",Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta : 2000.
- [6]. Rusdi M. A Novel Fuzzy ARMA Model for Rain Prediction in Surabaya. PhD Thesis. Surabaya: Postgraduate ITS; 2009.
- [7]. Wahyudin, "Gangguan yang Terjadi pada Jaringan SUTM 20 kV Beserta Dampak yang Ditimbulkan", Universitas Komputer Indonesia : 2007Ahmad LP, Hooper A. *The Lower Switching Losses Method of Space Vector Modulation*. CN103045489 (Patent). 2007.
- [8]. Saadat, Hadi. "Power System Analysis". McGraw Hill. 1999.
- [9]. Sulasno,Ir.2001."Teknik dan Sistem Distribusi dan Tenaga Listrik".Badan Penerbit Universitas Diponegoro.Semarang.
- [10]. Suhadi , SMK Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid I, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Umum Dirjen Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional , 2008
- [11]. IEC 60255, *Electrical Relays*
- [12]. Gonen, Turan. 1986. *Electric Power Distribution System Engineering*. McGraw-Hill Book Company. University of Missouri Columbia.
- [13]. Perusahaan Umum Listrik Negara. "SPLN 52-3 : 1983, Pola Pengamanan Sistem, Bagian Tiga : Sistem Distribusi 6 kV dan 20 kV". Indonesia. 1983.
- [14]. PT PLN Gardu Induk Weleri : 2016."Data Trafo, Data single Line Gardu Induk,"
- [15]. PT PLN Rayon Weleri : 2016, "Data Single Line Diagram, Data panjang jaringan, Data Beban".
- [16]. PT PLN Area Semarang : 2016,"Data Setting Recloser, Data Setting OCR dan GFR Outgoing".