

ANALISIS KOORDINASI RELE PENGAMAN FEEDER WBO04 SISTEM KELISTRIKAN PT. PLN (PERSERO) RAYON WONOSOBO

Boy Marojahan F. Tambunan^{*)}, Karnoto, and Agung Nugroho

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

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

Abstrak

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang memiliki fungsi sebagai penyalur energi listrik ke konsumen menggunakan jaringan tegangan listrik. Sebagai penyedia tegangan listrik untuk konsumen, sistem distribusi listrik harus memiliki sistem yang baik untuk menghindari gangguan penyaluran tenaga listrik. Keandalan sistem distribusi listrik tergantung pada sistem proteksi jaringan tenaga listrik yaitu rele, pemutus tenaga dan penutup balik. Agar peralatan sistem proteksi tersebut dapat bekerja dengan baik diperlukan koordinasi sistem proteksi yang tepat. Pada Penelitian ini akan dilakukan studi kasus pada Gardu Induk Wonosobo feeder WBO04 tentang koordinasi rele dan recloser dan simulasi koordinasi sistem proteksi menggunakan ETAP 12.6. Sebagai upaya untuk memperbaiki sistem proteksi pada feeder WBO04 akan dilakukan perhitungan manual untuk mendapatkan nilai setting yang tepat untuk feeder WBO04, sesuai dengan syarat teknis dan standard PLN. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh nilai impedansi jaringan urutan positif dan negatif pada jarak 8,05 km senilai $0,27048 + j1,06131$ pu dan impedansi urutan nol senilai $0,692501 + j3,679995$ pu. Sedangkan arus hubung singkat pada jarak 8,05 km adalah $0,913047$ pu untuk 3 fasa. Ketika terjadi gangguan arus hubung singkat 3 fasa pada cabang 2 maka waktu kerja recloser I adalah $0,335897$ detik, recloser II adalah $0,05686$ detik.

Kata kunci : sistem distribusi, gangguan hubung singkat, rele, penutup balik.

Abstract

Power distribution system is part of a power system that has a function as a distributor of electrical energy to consumers using electric voltage network. As a provider for consumer electrical voltage, electrical distribution systems should have a good system to avoid interruption of electrical power. The reliability of the electrical distribution system depends on protection system that relays, circuit breaker and recloser. In order for equipment protection system can work properly it is need an appropriate coordination protection system. In this final project will be a case study in Wonosobo substation feeder WBO04 about coordination of relay and recloser and coordination of protection systems simulation using ETAP 12.6. In an effort to improve the protection system in feeder WBO04 will do manual calculations to get a proper setting for the feeder WBO04, in accordance with the technical requirements and standards PLN. Based on the analysis, the value of the network impedance positive sequence and negative at a distance of 8.05 km worth $0.27048 + j1.06131$ pu and zero sequence impedance is worth $0.692501 + j3.679995$ pu. While the short-circuit current at a distance of 8.05 km is 0.913047 pu for 3 phases. When an interruption occurs three phase short circuit on the branch 2, the working time Recloser I is 0.335897 seconds, Recloser II is 0.05686 seconds.

Keywords: distribution system, short circuit, relay, recloser.

1. Pendahuluan

Kemajuan teknologi pada saat ini sangat pesat seiring dengan meningkatnya kebutuhan energi listrik. Peningkatan kebutuhan energi listrik diakibatkan oleh beberapa faktor seperti semakin meningkatnya ekonomi suatu daerah, semakin padat nya penduduk suatu daerah dan semakin banyak industri-industri pada daerah tersebut. Dengan meningkatnya kebutuhan energi listrik maka

perusahaan energi listrik seperti PLN berusaha memberikan pelayanan terbaik untuk semua konsumennya.[1]

Sistem distribusi tenaga listrik adalah bagian dari sistem tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan listrik ke konsumen.[1] Sistem distribusi terdiri dari jaringan tegangan menengah (JTM) dan jaringan tegangan rendah (JTR).[1] Dengan meningkatnya jumlah beban yang

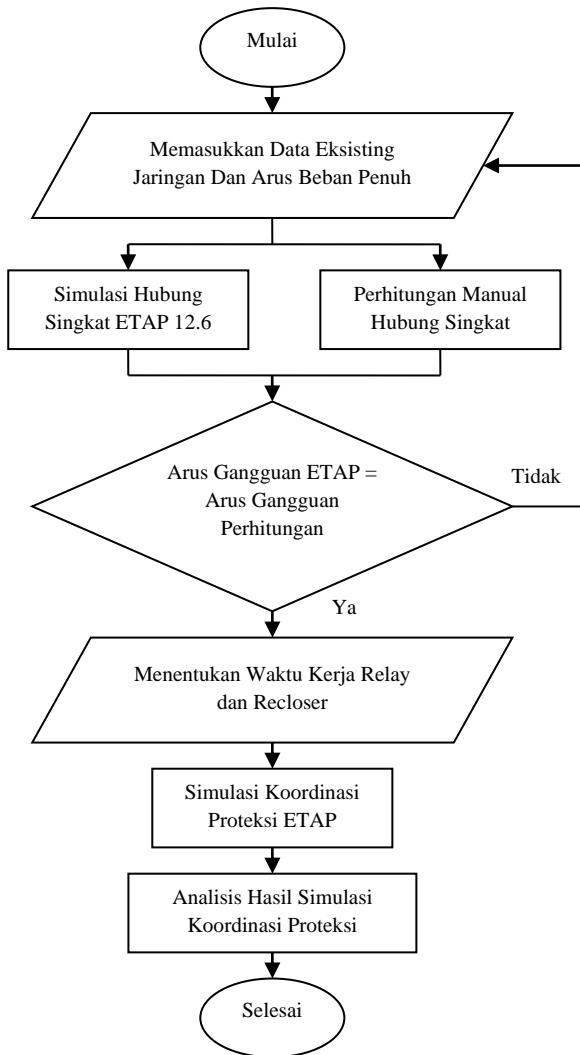
seiring dengan pertumbuhan penduduk, dapat menyebabkan naiknya persentasi terjadinya gangguan.[2] Pada dasarnya gangguan ialah setiap keadaan sistem yang tidak normal, sehingga pada umumnya terdiri dari hubung singkat juga rangkaian terbuka. Gangguan yang terjadi pada sistem distribusi dapat diminimalkan dengan adanya sistem proteksi pada sistem distribusi tersebut sehingga konsumen tetap dapat menggunakan energi listrik.[2]

Pada penelitian ini akan dilakukan analisa koordinasi relay pada Gardu Induk Wonosobo, PT PLN (Persero) Area purwokerto feeder WBO04. Simulasi dan pemodelan diagram satu garis Gardu Induk Wonosobo, feeder WBO04 akan dibuat dengan menggunakan ETAP 12.0.

2. Metode

2.1. Langkah Penelitian

Pada Penelitian ini menggunakan langkah-langkah penelitian seperti ditunjukkan pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Langkah penelitian analisa koordinasi rele pengaman pada sistem kelistrikan PT. PLN (persero) rayon Wonosobo feeder WBO04

2.2. Data Sistem

Gardu Induk Wonosobo feeder WBO04 terdiri 2 circuit breaker yang masing-masing terletak pada sisi incoming dan outgoing feeder WBO04, 2 relay pada sisi incoming dan outgoing feeder, 2 recloser pada jarak 2,83 km dan 8 km dari gardu induk.

Tabel 1. Data Trafo Tenaga

Data Trafo Tenaga	
Merk	PAUWELS
Daya	30 MVA
Arus SC	4192,56 MVA
Tegangan	150 KV/20 KV
Impedansi (Z)	12,60 %
Vektor Grup	Yyn0+d11

Tabel 2. Data OCR Incoming dan Outgoing Trafo 30 MVA

	Ratio CT	I set	TMS OCR	TMS GFR	Karakteristik
Inc	1000:5	1000	0,240	0,43	Standard Inverse
Out	600:5	480	0,200	0,30	Standard Invesere

Tabel 3 Data Feeder WBO04

Data Feeder WBO04	
Panjang saluran utama	8,05 Kms
Panjang cabang I	4,95 Kms
Panjang cabang II	5,00 Kms
Jenis kabel	AAAC
Arus	119 Amp
Beban	4.122 MVA

Tabel 4 Data Kabel Feeder WBO04

Kabel A3C	Data per Km (ohm)	
	R	jX
Z1/Km (240 mm ²)	0.1344	0.3158
Z2/Km (240 mm ²)	0.1344	0.3158
Z0/Km (150mm ²)	0.3441	1.618

Tabel 5 Data Recloser

	Ratio CT	OCR		GFR		Jarak
		TMS	I _{set}	TMS	I _{set}	
Rec I	1000:1	0,05	400	0,05	150	2,83 km
Rec II	1000:1	0,05	200	0,05	100	8 km

3. Hasil dan Analisa

3.1. Menghitung Impedansi Jaringan

Berikut adalah contoh perhitungan impedansi jaringan pada jarak 100%.

Menghitung impedansi penyulang WBO04

$$\begin{aligned}
 Z_{1/2} \text{ (AAAC 240 mm}^2\text{)} &= (0,1344 + j0,3158) \times \text{jarak} \\
 &= (0,1344 + j0,3158) \times 8,05 \text{ km} \\
 &= 1,08192 + j 2,54219
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_0 \text{ (AAAC 150 mm}^2\text{)} &= (0,3441 + j1,618) \times \text{jarak} \\
 &= (0,3441 + j1,618) \times 8,05 \\
 &= 2,770005 + j 13,0249
 \end{aligned}$$

Menghitung impedansi sumber

$$X_s = \frac{kV(\text{ sisi primer trafo})^2}{MVA \text{ hubung singkat sisi primer}} = \frac{150^2}{4192,56} = 5,366 \text{ j ohm}$$

Pada sisi 20 kV = $\frac{20^2}{150^2} \times 5,366 = 0,095 \text{ j ohm}$

Menghitung reaktansi trafo

$$X_t = \frac{kV^2}{MVA \text{ trafo}} \times \% \text{ trafo} = \frac{20^2}{30 MVA} \times 12\% = 1,600 \text{ j ohm}$$

Menghitung arus base dan z base

$$I_{base} = \frac{MVA}{\sqrt{3} \times kV_{base}} = \frac{100}{\sqrt{3} \times 20} = 2,886 \text{ kA}$$

$$Z_{base} = \frac{kV_{base} \div \sqrt{3}}{I_{base}} = \frac{20 \div \sqrt{3}}{2,8867} = 4 \text{ ohm}$$

Sehingga didapat nilai R dan X dalam satuan per unit jaringan WBO04 pada jarak 10% dari gardu induk sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Z_{eq} &= R + X + X_s + X_t \\ &= 0,108 + j 0,254 + j 0,095 + j 1,600 \\ &= 0,108 + j 1,949 \end{aligned}$$

$$R_{pu} = \frac{R}{Z_{base}} = \frac{0,108}{4} = 0,027 \text{ pu}$$

$$X_{pu} = \frac{X}{Z_{base}} = \frac{1,949}{4} = 0,487 \text{ pu}$$

3.2. Menghitung Arus Hubung Singkat

Beriku adalah contoh perhitungan arus hubung singkat pada jarak 10%.

Gangguan hubung singkat 3 fasa

$$I_{3 \text{ fasa}}(\text{ pu}) = \frac{V_{ps}}{Z_{1 \text{ eq}}} = \frac{E_a}{Z_{1 \text{ eq}}} = \frac{1}{\sqrt{(0,027^2 + 0,487^2)}} = 2,050 \text{ pu}$$

$$I_{3 \text{ fasa}}(\text{ A}) = I_{3 \text{ fasa}}(\text{ pu}) \times I_{base} = 2,050 \times 2,886 \text{ kA} = 5916,991 \text{ A}$$

Gangguan hubung singkat 2 fasa

$$\begin{aligned} I_{2 \text{ fasa}}(\text{ pu}) &= \frac{V_{ph-ph}}{Z_{1 \text{ eq}} + Z_{2 \text{ eq}}} = \frac{E_a}{Z_{1 \text{ eq}} + Z_{2 \text{ eq}}} \\ &= \frac{1}{\sqrt{3} \times 1} = 1,773 \text{ pu} \end{aligned}$$

$$I_{2 \text{ fasa}}(\text{ A}) = I_{2 \text{ fasa}}(\text{ pu}) \times I_{base} = 1,773 \times 2,886 \text{ kA} = 5118,935 \text{ A}$$

Gangguan hubung singkat 2 fasa ke tanah

$$I_{a1} = \frac{E_a}{Z_{1 \text{ eq}} + \frac{Z_{2 \text{ eq}} \times Z_{0 \text{ eq}}}{Z_{2 \text{ eq}} + Z_{0 \text{ eq}}}} = \frac{1}{0,488 \angle 86,82^\circ + \frac{0,488 \angle 86,82^\circ \times 0,753 \angle 84,72^\circ}{0,488 \angle 86,82^\circ + 0,753 \angle 84,72^\circ}}$$

$$= 1,275 \angle -86,51^\circ$$

$$I_{a0} = -\left(\frac{E_a - Z_{1 \text{ eq}} I_{a1}}{Z_0}\right) = -\left(\frac{1 - (0,488 \angle 86,82^\circ \times 1,275 \angle -86,51^\circ)}{0,753 \angle 84,72^\circ}\right)$$

$$I_{a0} = 0,502 \angle -85,24^\circ$$

$$I_{2 \text{ fasa tanah}}(\text{ pu}) = 3 \times I_{a0} = 3 \times 0,502 = 1,506 \text{ pu}$$

$$I_{2 \text{ fasa tanah}}(\text{ A}) = I_{2 \text{ fasa tanah}}(\text{ pu}) \times I_{base}$$

$$I_{2 \text{ fasa tanah}}(\text{ A}) = 1,506 \times 2,886 \text{ kA} = 4,344 \text{ kA}$$

Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah

$$I_{1 \text{ fasa-tanah}}(\text{ pu}) = \frac{3 \times V_{ph}}{Z_{1 \text{ eq}} + Z_{2 \text{ eq}} + Z_0} = \frac{3 \times E_a}{Z_{1 \text{ eq}} + Z_{2 \text{ eq}} + Z_0}$$

$$= \frac{3 \times 1}{3 \times 1}$$

$$2 \times (\sqrt{0,021927^2 + 0,289861^2}) + (\sqrt{0,059239^2 + 0,502315^2})$$

$$= 2,759 \text{ pu}$$

$$I_{1 \text{ fasa-tanah}}(\text{ A}) = I_{1 \text{ fasa}}(\text{ pu}) \times I_{base}$$

$$I_{1 \text{ fasa-tanah}}(\text{ A}) = 2,759 \times 2,8867 \text{ kA} = 7964,4 \text{ A}$$

3.3. Perhitungan setting proteksi

3.3.1. Setting Outgoing Relay

Perhitungan setting OCR outgoing

$$I_{set \text{ primer}} = 1,2 \times I_{beban \text{ max}} = 1,2 \times 119 \text{ A}$$

$$I_{set \text{ primer}} = 142,8 \text{ A}$$

$$I_{set \text{ sekunder}} = \frac{I_{set \text{ primer}}}{ratio \text{ CT}} = \frac{142,8 \text{ A}}{600:5}$$

$$I_{set \text{ sekunder}} = 1,19 \text{ A}$$

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

$$TMS = \frac{0,35 \times \left[\left(\frac{6810,619}{142,8} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} = 0,201$$

Perhitungan setting GFR outgoing

$$I_{set \text{ primer}} = 0,3 \times I_{hubung \text{ singkat } 1 \Phi \text{ tanah terkecil}}$$

$$I_{set \text{ primer}} = 0,3 \times 969,366 \text{ A}$$

$$I_{set \text{ primer}} = 290,809 \text{ A}$$

$$I_{set \text{ sekunder}} = \frac{I_{set \text{ primer}}}{ratio \text{ CT}} = \frac{290,809 \text{ A}}{600:5}$$

$$I_{set \text{ sekunder}} = 2,4234 \text{ A}$$

$$TMS = \frac{t_{op} \times \left[\left(\frac{I_{hubung \text{ singkat } 1 \Phi \text{ tanah}}}{I_{set \text{ primer}}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$TMS = \frac{0,35 \times \left[\left(\frac{6810,619}{290,809} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} = 0,186$$

3.3.2. Setting Incoming Relay

Perhitungan setting OCR incoming

$$I_{set \text{ primer}} = 1,2 \times I_{beban \text{ max}} = 1,2 \times 866 \text{ A}$$

$$I_{set \text{ primer}} = 1039,2 \text{ A}$$

$$I_{set \text{ sekunder}} = \frac{I_{set \text{ primer}}}{ratio \text{ CT}} = \frac{1039,2 \text{ A}}{1000:5}$$

$$I_{set \text{ sekunder}} = 5,196 \text{ A}$$

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

$$TMS = \frac{0,75 \times \left[\left(\frac{6810,619}{1039,2} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} = 0,205$$

Perhitungan setting GFR incoming

$$I_{set \text{ primer}} = 0,4 \times I_{hubung \text{ singkat } 1 \Phi \text{ tanah terkecil}}$$

$$I_{set \text{ primer}} = 0,4 \times 969,366 \text{ A}$$

$$I_{set \text{ primer}} = 387,746 \text{ A}$$

$$I_{set \text{ sekunder}} = \frac{I_{set \text{ primer}}}{ratio \text{ CT}} = \frac{387,746 \text{ A}}{1000:5}$$

$$I_{set\ sekunder} = 1,939\ A$$

$$TMS = \frac{t_{op} \times \left[\left(\frac{I_{hubung\ singkat\ 1\ \Phi\ tanah}}{I_{set\ primer}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$TMS = \frac{0,75 \times \left[\left(\frac{6810,619}{387,746} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} = 0,583$$

3.3.3. Setting Recloser

Perhitungan setting OCR recloser I

$$I_{set} = 1,2 \times I_{beban\ max} = 1,2 \times 119\ A$$

$$I_{set} = 142,8\ A$$

$$TMS_{Rec\ I} = \frac{\left[\left(\frac{I_{hubung\ singkat\ 3\ \Phi\ Rec\ I}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} \times t_{op}$$

$$TMS_{Rec\ I} = \frac{\left[\left(\frac{4407,273}{142,8} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} \times 0,25 = 0,127$$

Perhitungan setting GFR recloser I

$$I_{set} = 0,12 \times I_{hubung\ singkat\ 1\ \Phi\ tanah\ terkecil}$$

$$I_{set} = 0,12 \times 969,366\ A = 116,324\ A$$

$$TMS_{Rec\ I} = \frac{\left[\left(\frac{I_{hubung\ singkat\ 1\ \Phi\ tanah\ Rec\ I}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} \times t_{op}$$

$$TMS_{Rec\ I} = \frac{\left[\left(\frac{2988,692}{116,324} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} \times 0,25 = 0,119$$

Perhitungan setting OCR recloser II

$$I_{set} = 1,2 \times I_{beban\ max} = 1,2 \times 119\ A$$

$$I_{set} = 142,8\ A$$

$$TMS_{Rec\ II} = \frac{\left[\left(\frac{I_{hubung\ singkat\ 3\ \Phi\ Rec\ II}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} \times t_{op}$$

$$TMS_{Rec\ II} = \frac{\left[\left(\frac{2645,322}{142,8} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} \times 0,05 = 0,0215$$

Perhitungan setting GFR recloser II

$$I_{set} = 0,12 \times I_{hubung\ singkat\ 1\ \Phi\ tanah\ terkecil}$$

$$I_{set} = 0,12 \times 969,366\ A = 116,324\ A$$

$$TMS_{Rec\ II} = \frac{\left[\left(\frac{I_{hubung\ singkat\ 1\ \Phi\ tanah\ Rec\ I}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} \times t_{op}$$

$$TMS_{Rec\ II} = \frac{\left[\left(\frac{1466,002}{116,324} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} \times 0,05 = 0,019$$

3.4. Perhitungan waktu kerja Relay dan Recloser

Perhitungan waktu kerja relay dan recloser menggunakan persamaan berikut.

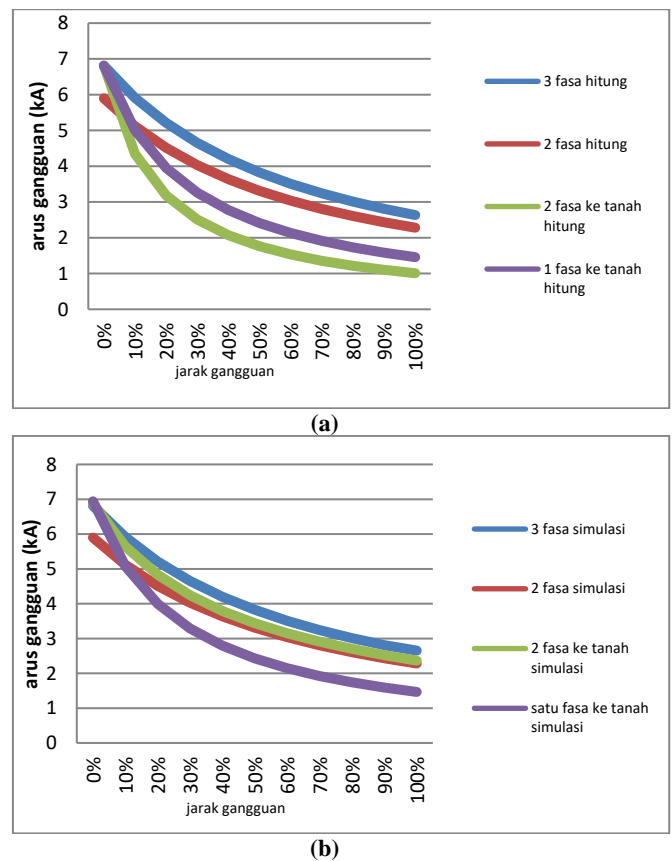
$$t_{op} = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1} = \frac{0,14 \times 0,201}{\left(\frac{6810,619\ A}{142,8\ A} \right)^{0,02} - 1}$$

$$t_{op} = 0,35011$$

3.5. Perbandingan data hasil perhitungan dan simulasi ETAP 12.0

3.5.1. Perbandingan arus hubung singkat

Perbandingan arus hubung singkat antara hasil perhitungan dan hasil simulasi ETAP 12.0 setting existing dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. Grafik arus gangguan terhadap jarak gangguan
(a) Hasil perhitungan
(b) Hasil simulasi

Pada Gambar 2 (a) dan (b) menunjukkan nilai antara perhitungan dan simulasi memiliki selisih yang sangat kecil sehingga dapat dinyatakan bahwa nilai perhitungan dan simulasi adalah sama.

3.5.2. Perbandingan koordinasi proteksi antara setting hasil perhitungan dan setting existing feeder WBO04

Dari hasil perhitungan dan data tinjauan langsung ke lapangan didapat setting koordinasi proteksi seperti pada tabel berikut.

Tabel 6. setting koordinainasi proteksi hasil perhitungan dan setting existing

Setting		Recloser 1		Recloser 2	
		OCR	GFR	OCR	GFR
Hasil Perhitungan	TMS	0,127	0,119	0,021	0,019
	I _{set} (A)	142,8	116,34	142,8	116,3
Existing	TMS	0,05	0,05	0,05	0,05
	I _{set} (A)	400	150	200	100

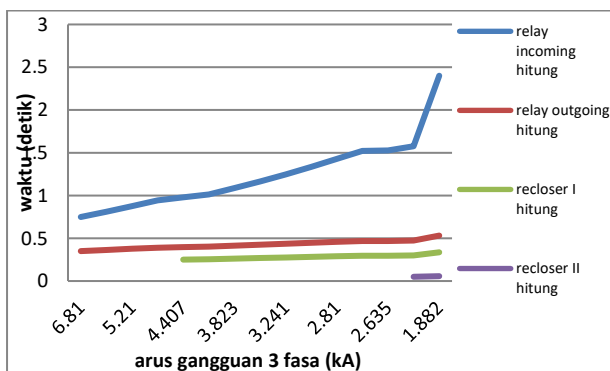
Tabel 7 setting koordinasi proteksi hasil perhitungan dan setting existing

Setting		Relay Incoming		Relay Outgoing	
		OCR	GFR	OCR	GFR
Hasil Perhitungan	TMS	0,205	0,583	0,028	0,186
	I _{set} (A)	1039,2	387,74	142,8	290,8
Existing	TMS	0,240	0,43	0,200	0,300
	I _{set} (A)	1000	350	480	100

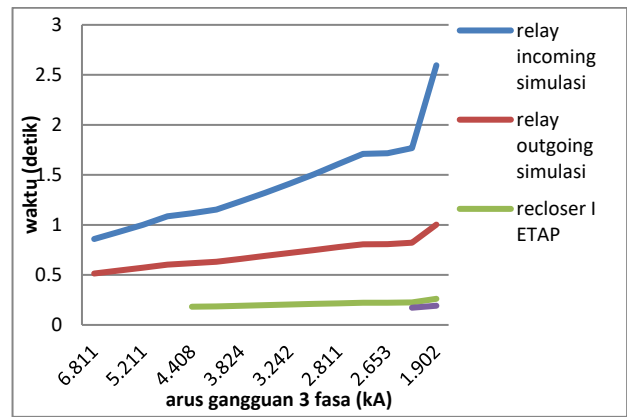
Dengan menggunakan data dari tabel diatas dan ETAP 12.6 dapat dilakukan perbandingan koordinasi proteksi hasil perhitungan dan setting existing. Perhitungan dan simulasi koordinasi sistem proteksi menggunakan arus gangguan 3 fasa, 2 fasa, 2 fasa ke tanah dan satu fasa ketanah.

A. Koordinasi proteksi arus gangguan 3 fasa

Setelah melakukan perhitungan dan simulasi ETAP 12.0 menggunakan setting existing dapat digambarkan grafik koordinasi proteksi ketika terjadi arus gangguan 3 fasa sebagai berikut.



(a)



(b)

Gambar 3. Kurva koordinasi relay dan recloser dengan arus gangguan 3 fasa (a) Hasil perhitungan (b) Hasil simulasi

4. Kesimpulan

Setelah melakukan analisa simulasi ETAP dan perhitungan koordinasi proteksi pada feeder WBO04 dapat diambil kesimpulan bahwa hasil perhitungan nilai impedansi jaringan urutan positif (Z1) dan negatif (Z2) pada jarak 100% (8,05 km) adalah 0,27048 + j1,06131 dalam satuan per unit (pu), sedangkan nilai impedansi jaringan urutan nol (Z0) pada jarak 100% adalah 0,692501 + j3,679995 dalam satuan per unit. Nilai Z1, Z2 dan Z0 akan semakin kecil pada jarak yang semakin dekat ke gardu induk atau trafo. Nilai arus hubung singkat 3 fasa, 2 fasa, 2 fasa ke tanah dan satu fasa pada jarak 100% hasil perhitungan masing-masing adalah 0,913047 pu, 0,790722 pu, 0,349551 pu dan 0,50547304 pu. Apabila terjadi arus gangguan 3 fasa pada cabang 2 dengan setting recloser existing maka waktu kerja recloser I adalah 0,261 detik dan recloser II adalah 0,192 detik.

Refrensi

- [1]. Sulasno, Ir. 2001. *Teknik dan Sistem Distribusi dan Tenaga Listrik*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro. Semarang.
- [2]. Sarimun, Wahyudi. *Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik*, Garamod. 2012.
- [3]. Arismunandar, Artono. *Teknik Tegangan Tinggi, Jilid II : Saluran Transmisi*, Pradnya Paramita, Jakarta. 1984.
- [4]. Stevenson, William D. 1983. *Analisis Sistem Tenaga Listrik*. Erlangga. 1996.
- [5]. Drs. Daryanto. 2012. *Teknik Listrik Lanjutan*. Satu Nusa. Bandung.
- [6]. Saadat, Hadi. *Power System Analysis*. McGraw Hill. 1999.
- [7]. Setiajie, Prayoga. 2014 "Evaluasi Setting Relay Arus Lebih dan Setting Relay Gangguan Tanah Pada Gardu Induk Srdondol" Teknik Elektro Universitas Diponegoro.
- [8]. Rino, Adi Putra. 2015 "Koordinasi Relay Arus Lebih dan Recloser Pada Jaringan Tegangan Menengah Gardu Induk Srdondol" Teknik Elektro Universitas Diponegoro