

Analisis Perencanaan Pemasangan *Recloser* pada Penyulang untuk Meminimalisir Pemadaman

Wijaya Kusuma^{*a)}, Ahmad Hermawan^{a)}, Aulia Nur Rahma^{a)}, Muhammad Ilham Rifqi^{a)}

(Artikel diterima: September 2021, direvisi: Oktober 2021)

Abstrak: Salah satu penyulang yang ada di PT. PLN (Persero) ULP adalah Penyulang Selecta. Berdasarkan data Penyulang Selecta mengalami gangguan sebanyak 34 kali gangguan dari Januari 2018 - November 2020, dengan beban penyulang sebesar 164 A, jumlah GTT sebanyak 106 dan panjang jaringan mencapai 62,602 kms. Penyulang Selecta merupakan penyulang dengan beban terbanyak di PT. PLN (Persero) ULP Batu, banyaknya gangguan pada penyulang Selecta akan berdampak besar pada pendapatan PT. PLN (Persero). Pada penyulang Selecta terpasang 7 LBS dan juga 1 recloser. Pada periode Januari 2018 – November 2020 sebagian besar gangguan terjadi karena faktor eksternal dan terjadi pada section 3 dan 4. Untuk itu penyulang Selecta perlu dijaga kontinuitas energi listriknya untuk mengantisipasi luasnya wilayah padam dengan cara penambahan recloser yang terpasang. Recloser merupakan suatu peralatan pengaman yang dapat mendeteksi arus lebih karena hubung singkat antara fasa dengan fasa atau fasa dengan tanah, dimana recloser ini memutuskan arus dan menutup kembali secara otomatis dengan selang waktu yang dapat diatur.

Kata-kata kunci : Recloser, Penyulang, Pengaman

1. Pendahuluan

Penyulang Selecta merupakan penyulang dengan beban terbanyak di PT. PLN (Persero) ULP Batu, banyaknya gangguan pada penyulang Selecta akan berdampak besar pada pendapatan PT. PLN (Persero). Gangguan yang terjadi banyak disebabkan karena gangguan faktor pohon, binatang dan kecelakaan dari faktor eksternal, misalnya tersenggol pekerja memasang tenda dan terkena reruntuhan material bangunan. Untuk mengatasi masalah ini maka perlu dilakukan pengaturan ulang penempatan atau penambahan pengaman terhadap jaringan yang mengalami gangguan. Dengan cara tersebut dapat menjaga kontinuitas penyaluran energi listrik dan juga bisa mengetahui indeks-indeks keandalan sistem yang sering mengalami gangguan agar dapat dilakukan analisa nilai terhadap distribusi yang berpengaruh terhadap energi yang tidak tersalurkan kepada pelanggan.

Terdapat 7 LBS dan juga 1 *recloser* yang terpasang pada Penyulang Selecta. Pada periode Januari 2018 – November 2020 sebagian besar gangguan terjadi karena faktor eksternal dan terjadi pada *section* 3 dan 4, untuk itu Penyulang Selecta perlu dijaga kontinuitas energi listriknya dengan cara memperkecil luas daerah padam. Cara yang bisa dilakukan untuk memperkecil daerah padam adalah dengan melakukan penambahan pemasangan *recloser*. [1]

Recloser merupakan suatu peralatan pengaman yang dapat mendeteksi arus lebih karena hubung singkat antara fasa dengan fasa atau fasa dengan tanah, dimana recloser ini memutuskan arus dan menutup kembali secara otomatis dengan selang waktu yang dapat diatur misal dengan pengaturan interval reclose 1 sampai 5 detik dan setting interval reclose 2 sampai 10 detik dan pada trip ketiga recloser akan membuka tetap dengan sendirinya karena gangguan itu bersifat permanen. Peralatan ini digunakan sebagai pelindung saluran distribusi dan mempunyai peranan penting dalam perlindungan sistem daya karena saluran distribusi merupakan elemen vital suatu jala-jala, yang menghubungkan

gardu ke pusat - pusat beban. Dengan memanfaatkan teknologi ini PT. PLN (Persero) dapat memberikan pelayanan yang terbaik untuk konsumen sehingga nama baik PT. PLN (Persero) dan kepercayaan konsumen akan semakin meningkat. [2-3]

2. Keandalan Sistem Distribusi

Keandalan (*reliability*) didefinisikan sebagai probabilitas dari suatu alat atau sistem untuk menjalankan fungsinya dengan semestinya, dalam kurun waktu tertentu, serta pada kondisi kerja tertentu. Tingkat keandalan dari sistem distribusi diukur dari sejauh mana penyaluran tenaga listrik dapat berlangsung secara kontinu kepada pelanggan tanpa perlu terjadi pemadaman. Seiring dengan kemajuan zaman, terjadi pertumbuhan beban ditandai munculnya kawasan industri, bisnis, serta pemukiman yang baru, dan hal ini tentunya menuntut tingkat keandalan yang semakin tinggi. [4]

Keandalan sistem distribusi sangat dipengaruhi oleh gangguan yang terjadi pada sistem yang menyebabkan terjadinya pemutusan beban atau *outage*, sehingga berdampak pada kontinuitas ketersediaan pelayanan tenaga listrik ke pelanggan. Tingkat keandalan pada sistem distribusi listrik dapat dilihat dari frekuensi terjadinya pemutusan beban (*outage*), berapa lama pemutusan terjadi dan waktu yang dibutuhkan untuk pemulihan sistem dari pemutusan yang terjadi (*restoration*). Tingkat pemutusan yang terjadi ini berbanding terbalik dengan keandalan sistem. Frekuensi pemutusan beban yang tinggi akan mengakibatkan keandalan sistem yang rendah.

2.1 Recloser

Recloser adalah rangkaian listrik yang terdiri pemutus tenaga yang dilengkapi kotak kontrol elektronik (Electronic Control Box) recloser, yaitu suatu peralatan elektronik sebagai kelengkapan recloser dimana peralatan ini tidak berhubungan dengan tegangan menengah dan pada peralatan ini recloser dapat dikendalikan cara pelepasannya. Dari dalam kotak kontrol inilah pengaturan (setting) recloser dapat ditentukan.

Alat pengaman ini bekerja secara otomatis guna mengamankan suatu sistem dari arus lebih yang diakibatkan adanya gangguan hubung singkat. Cara bekerjanya adalah untuk menutup balik dan membuka secara otomatis yang dapat diatur

* Korespondensi: wijaya.kusuma@polinema.ac.id

a) Prodi Sistem Kelistrikan, Jurusan Teknik Elektro, Polinema.
Jalan Soekarno-Hatta No. 9 Malang 65141

selang waktunya, dimana pada sebuah 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 baik sebanyak setting yang telah ditentukan kemudian recloser akan membuka tetap (lock out). Pada suatu gangguan permanen, recloser berfungsi memisahkan daerah atau jaringan yangterganggu sistemnya secara cepat sehingga dapat memperkecil daerah yang terganggu padagangguan sesaat, recloser akan memisahkan daerah gangguan secara sesaat sampai gangguantersebut akan dianggap hilang, dengan demikian recloser akan masuk kembali sesuai settingannya sehingga jaringan akan aktif kembali secara otomatis. [5]

2.2 Perhitungan

Menghitung nilai impedansi, arus gangguan hubung singkat, dan setting relay OCR dan GFR pada recloser

2.2.1 Perhitungan Kapasitas Daya Hubung Singkat

$$I_{sc} = \frac{MVA_{BASE}}{\sqrt{3} \times kV_{Base} \%X} \dots\dots\dots(2-5)$$

2.2.2 Perhitungan Impedansi Sumber

$$X_{SC} = \frac{kV^2}{MVA_{SC}} \dots\dots\dots(2-6)$$

$$X_{SC} = \frac{kV^2_{Sekunder}}{kV^2_{Primer}} \times X_{SC} \ 150kV \dots\dots\dots(2-7)$$

Perhitungan Reaktansi Trafo

$$X_T(100\%) = \frac{KVA^2}{MVA(Trafo)} \dots\dots\dots(2-8)$$

$$X_{T1} = X_{T1} \% \times X_T(100\%) \dots\dots\dots(2-9)$$

$$X_{T0} = 3 \times X_{T1} \dots\dots\dots(2-10)$$

2.2.3 Perhitungan Impedansi Penyulang

$$Z_1 = Z_2 = L \times (R + jX) \dots\dots\dots(2-11)$$

$$Z_0 = L \times (R + jX) \dots\dots\dots(2-12)$$

2.2.4 Perhitungan Impedansi Ekuivalen Jaringan

Urutan positif dan negatif

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = X_S + X_{T1} + Z_{1penyulang} \dots\dots(2-13)$$

Urutan nol

$$Z_{0eq} = X_{T0} + 3 \cdot RN + Z_{0penyulang} \dots\dots\dots(2-14)$$

2.2.5 Perhitungan Gangguan Hubung Singkat

Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa

$$I_{fault \ 3 \ fasa} = \frac{Ea}{Z_{1eq}} \dots\dots\dots(2-15)$$

Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa

$$I_{2 \ fasa} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times I_{3 \ fasa} \dots\dots\dots(2-16)$$

Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

$$I_{1 \ fasa-tanah} = \frac{3 \cdot Ea}{Z_{1 \ eq} + Z_{2 \ eq} + Z_{0 \ eq}} \dots\dots\dots(2-17)$$

2.2.6 Perhitungan Setelan Proteksi

$$t = \frac{\beta}{((I_f/I_{set})^\alpha - 1)} \dots\dots\dots(2-18)$$

$$T_{ms} = \frac{((I_f/I_{set})^\alpha - 1)}{\beta} \times t \dots\dots\dots(2-19)$$

Keterangan:

I_{Set} = Arus setelan

Setting OCR, I_{Set} diambil 1,05 s/d 1,3 x I_{beban}

Setting GFR, I_{Set} diambil 6% s/d 12 % x I_{f 1fasa} terkecil

Tabel 2.1 Faktor α dan β tergantung kurva

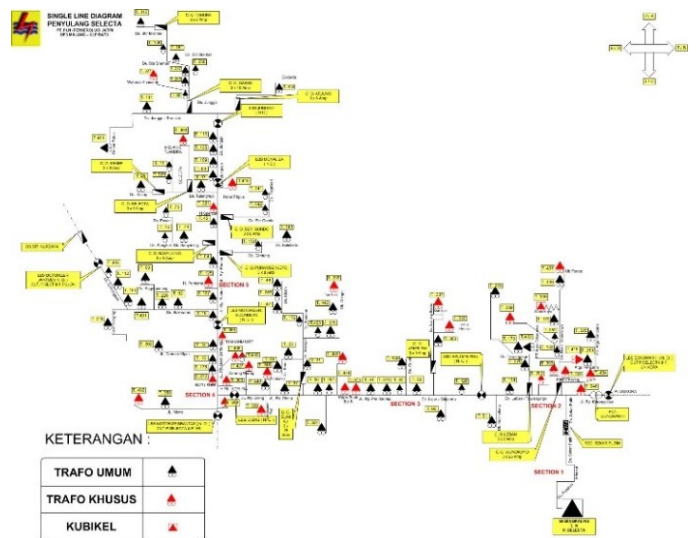
Nama Kurva	α	β
Standard Inverse	0,02	0,14
Very Inverse	1	13,2
Extremely Inverse	2	80
Long Inverse	1	120

3. Analisis

3.1 Karakteristik Penyulang Selecta

Penyulang Selecta merupakan salah satu sistem distribusi energi listrik ke beban dengan konfigurasi tipe radial. Penyulang Selecta memiliki panjang jaringan yaitu 62.602 kms dan jumlah pelanggan dengan 26202 Penyulang Selecta mendapatkan suplai tegangan dari Gardu Induk Sengkaling Trafo IV yang berkapasitas 60 MVA dengan spesifikasi trafo sebagai berikut.

- Kapasitas :60 MVA
- Frekuensi :50 Hz
- Rated Voltage :150/20 kV
- Arus Nominal :1732,1 A
- Impedansi :12,43%

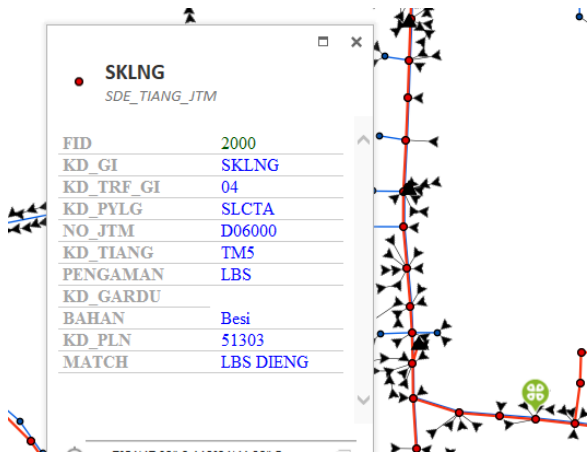


Gambar 3.1. Single Line Diagram Penyulang Selecta

Penyulang Selecta memiliki 88 trafo distribusi yang terdiri dari 68 trafo umum dan 20 trafo khusus. Selain itu penyulang selecta memiliki beberapa pengamanan Terdapat dari 1 Recloser, 7 LBS, dan 11 CO. Recloser pada Penyulang Selecta terletak di dekat GI dan

tidak terdapat beban sebelum Recloser sehingga ketika recloser kerja tidak ada trafo yang terselamatkan.

3.2 Penempatan Recloser baru



Gambar 3.2 Lokasi Penempatan Recloser Baru

Pada lokasi tersebut direncanakan akan ditempatkan recloser baru. Dimana pada lokasi tersebut menggunakan TM 5, satu konstruksi dengan LBS Dieng dan terletak pada incoming section 4. Lokasi tersebut berada di Jl. Raya Dieng, Sidomulyo, Kec. Batu, Kota Batu.

Berdasarkan lokasi tersebut, panjang jaringan dari GI menuju recloser baru adalah 10,76 kms atau 44% dari panjang total jaringan, karena membackup hampir setengah dari jumlah pelanggan penyulang Selecta. Disini konstruksi juga tidak banyak berubah, hanya menambah cross arm guna untuk penopang recloser dan untuk memudahkan manuver jika terjadi gangguan atau pemeliharaan dengan tujuan manuver ke penyulang Wastra Indah.

3.3 Perhitungan

A. Kapasitas Daya Hubung Singkat

$$I_{sc} = \frac{60 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 150 \times 10^3 \times 12,43\%}$$

$$I_{sc} = 18,57 \text{ kA}$$

B. Impedansi Sumber

$$X_{Sc \text{ Primer}} = \frac{150^2}{4824,63} = 4,663 \Omega$$

$$X_{Sc \text{ Sekunder}} = \frac{kV^2_{\text{Sekunder}}}{kV^2_{\text{Primer}}} \times X_{Sc \text{ 150kV}} = 0,082 \Omega$$

C. Perhitungan Reaktansi Trafo

$$X_T (100\%) = \frac{20^2}{60} = 6,667 \Omega$$

$$X_{T1} = 12,43\% \times 6,667 \Omega = 0,828 \Omega$$

$$X_{T0} = 0,828 \times 3 = 2,484 \Omega$$

D. Impedansi Penyulang

Pada penyulang Selecta terdapat beberapa jenis penghantar yaitu AAAC dan XLPE. Dengan menggunakan persamaan (2-11) untuk Urutan positif dan negatif, persamaan (2-12) untuk urutan nol dan tabel impedansi kabel Panjang jaringan berdasarkan jenis penghantarnya, yaitu :

- AAAC 150 mm² = 24,54 kms
 - a) GI – Rec. Sekarputih = 2,9 kms
 - b) Rec. Sekarputih – Rec. Baru = 7,7 kms
 - c) Rec. Baru – Ujung = 14,1 kms
- XLPE 150 mm² = 0,16 kms

Tabel 3.1 Impedansi Jaringan

	Positif & Negatif	Nol
(A3C) GI – Rec	0,626 + j0,957 Ω	1,548 + j3,071 Ω
(A3C) Rec-Rec	1,663 + j2,541 Ω	4,111 + j8,154 Ω
(A3C) Rec-Ujung	2,904 + j1,466 Ω	7,529 + j13,931 Ω
XLPE	0,032 + j0,016 Ω	0,056 + j0,049 Ω

E. Impedansi Ekuivalen

Pada perhitungan impedansi ekuivalen ini, dapat menggunakan persamaan (2.12) dan (2.13).

Tabel 3.2 Impedansi Ekuivalen

	Positif & Negatif	Nol
GI – Rec	0,913 Ω	2,59 Ω
Rec-Rec	1,448 Ω	5,997 Ω
Rec-Ujung	4,478 Ω	15,131 Ω

F. Arus Hubung Singkat

Arus hubung singkat didapatkan dari hasil impedansi ekuivalen dan dihitung menggunakan persamaan (2-15) untuk arus hubung singkat 3 fasa, persamaan (2-16) untuk arus hubung singkat 2 fasa dan persamaan (2-17) untuk arus hubung singkat 1 fasa ke tanah. Maka, didapatkan hasil arus hubung singkat sebagai berikut :

Tabel 3.3 Arus Hubung Singkat tiap jarak

Jarak	3 Fasa	2 Fasa	1 Fasa
1%	12640,63	10947,10	69,03
10%	12194,68	10560,90	69,00
20%	11687,21	10121,42	68,96
30%	11179,87	9682,05	68,93
40%	10682,44	9251,26	68,89
50%	10201,71	8834,94	68,86
60%	9741,98	8436,80	68,82
70%	9305,70	8058,97	68,78
80%	8893,92	7702,36	68,75
90%	8506,74	7367,06	68,71
100%	8143,62	7052,58	68,67

3.4 Setting Proteksi

A. Setelan Over Current Relay (OCR)

Arus Setting Relay OCR pada recloser baru dihitung berdasarkan beban setelah recloser yaitu sebesar 203 Ampere. Arus Setting OCR pada Recloser Sekarputih dan Outgoing Feeder didapatkan melalui data yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) AP2D Jatim. Maka didapatkan Setelan arus lebih pada recloser baru sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 I_{set} (pri) &= 1,05 \times I_{beban} \\
 &= 1,05 \times 203 \text{ Amp} \\
 &= 223 \text{ Amp}
 \end{aligned}$$

Pada recloser baru menggunakan ratio trafo arus 250/5-5, Recloser Sekarputih menggunakan ratio trafo arus 400/5-5 dan Outgoing Feeder menggunakan ratio trafo arus 500/5-5. Nilai setelan adalah nilai setelan primer, untuk memperoleh nilai setelan sekunder yang akan disetkan pada Relai arus lebih, maka harus dihitung dengan menggunakan data ratio Trafo Arus yang terpasang di Recloser Baru :

$$\begin{aligned}
 I_{set} (sec) &= I_{set} (pri) \times \frac{1}{Ratio CT} \\
 &= 223 \times \frac{5}{250} \text{ Amp} \\
 &= 4,46 \text{ Amp.}
 \end{aligned}$$

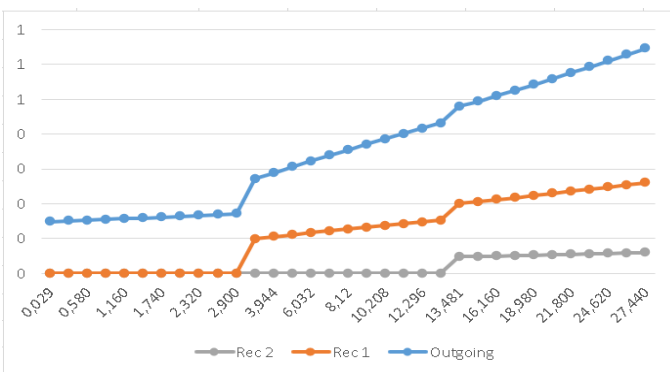
Pada Recloser Baru, Nilai TMS didapatkan menggunakan persamaan (2-19) dengan nilai t sebesar 0,3 detik dan arus hubung singkat 3 fasa 1% depan recloser baru. Pada Recloser Sekarputih, Nilai TMS didapatkan menggunakan persamaan (2-19) dengan nilai t sebesar 0,1 detik sesuai dengan data dan arus hubung singkat 3 fasa 1% depan Recloser Sekarputih. Pada Outgoing Feeder, Nilai TMS didapatkan menggunakan persamaan (2-19) dengan nilai t sebesar 0,15 detik sesuai dengan data dan arus hubung singkat 3 fasa 1% depan Outgoing Feeder. Maka perhitungan nilai TMS dan nilai t untuk recloser baru sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 Tms &= \frac{0,3 \times \left[\frac{2578,67}{223}\right]^{0,02-1}}{0,14} \\
 &= 0,017
 \end{aligned}$$

Maka didapatkan waktu aktual dengan persamaan (2-18)

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{0,017 \times 0,14}{\left(\frac{2578,67}{223}\right)^{0,02-1}} \\
 &= 0,047 \text{ s}
 \end{aligned}$$

Setting Instantaneous didapatkan melalui perhitungan Iset dikalikan 4 dan didapatkan hasil sebesar 892 ampere dengan karakteristik definite dan waktu 80 mili detik. Untuk Recloser Sekarputih setelan arus instan 1200 Ampere dan 0,15 s sesuai data, pada Outoing setelan aurs instan sebesar 1600 Ampere dan waktu 0,3.



Gambar 4.3 Grafik Koordinasi Waktu Kerja Relay OCR

B. Setelan Ground Fault Relay (GFR)

Untuk memperoleh setelan Ground Fault Relay diambil arus di ujung jaringan (Setelah Recloser) = 66,28 Amp. Setelan arusnya dimulai dari Recloser dikalikan 6%, GFR di Recloser Sekarputih dikalikan 8% dan GFR di outgoing feeder dikalikan 10%.

Setelan relai arus lebih pada Outgoing Feeder dapat dihitung, sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 I_{set} (pri) &= 6\% \times I_{beban} \\
 &= 6\% \times 66,28 \text{ A} \\
 &= 3,976 \text{ Amp}
 \end{aligned}$$

Nilai setelan adalah nilai setelan primer, untuk memperoleh nilai setelan sekunder yang akan disetkan pada Relai GFR, maka harus dihitung dengan menggunakan data ratio Trafo Arus yang terpasang di Penyulang :

$$\begin{aligned}
 I_{set} (sec) &= 6,628 \times \frac{5}{250} \text{ Amp} \\
 &= 0,132 \text{ Amp.}
 \end{aligned}$$

Nilai TMS didapatkan menggunakan persamaan (2-19) dengan nilai t sesuai data yaitu recloser baru 0,03 s, Recloser Sekarputih 0,09 s dan Outgoing 0,2 s. Selain itu menggunakan arus hubung singkat 1 fasa di ujung jaringan.

$$\begin{aligned}
 Tms &= \frac{0,2 \times \left[\frac{66,28}{3,978}\right]^{0,02-1}}{0,14} \\
 &= 0,082
 \end{aligned}$$

Tabel 3.4 Setting Relay

Setting	Outgoing	Recloser Sekarputih	Recloser Baru
I>	Iset Pri = 400 A Tms = 0,066 t = 0,15 s	Iset Pri = 300 A Tms = 0,048 t = 0,1 s	Iset Pri = 223 A Tms = 0,017 t = 0,05 s
I>>	Iset Pri = 1600 A t = 0,3 s	Iset Pri = 1200 A t = 0,15 s	Iset Pri = 892 A t = 0,8 s
Io>	Iset Pri = 6,628 A Tms = 0,01 t = 0,2 s	Iset Pri = 5,302 A Tms = 0,33 t = 0,09 s	Iset pri = 3,97 A Tms = 0,82 t = 0,03 s

Setting auto reclose yang dipilih pada recloser baru yang akan dipasang adalah 3 x cepat (trip dan reclose), 1 x lambat, block (trip).

4. Kesimpulan

Penempatan Recloser baru menggunakan Skenario 1 yaitu berada pada TM5 dan satu kontruksi dengan LBS Dieng di Jl. Raya Dieng, Sidomulyo, Kota Batu. Dipilih lokasi tersebut karena bisa mem-backup hampir 50% dari total pelanggan dan bisa memudahkan manuver jika terjadi pemeliharaan pada Recloser baru.

Setting koordinasi recloser baru didapat dari simulasi ETAP 16.0. Nilai OCR pada recloser baru yaitu dengan arus gangguan 892 A dan waktu padam 0,08 detik, sedangkan pada recloser Sekarputih dengan arus gangguan 1200 A dan waktu padam 0,14 detik. Untuk nilai setting DGR pada recloser baru yaitu dengan arus gangguan 3,97 A dan waktu padam 0,03 detik sedangkan pada

recloser Sekarputih yaitu dengan arus gangguan 5,302 A dan waktu padam 0,09 detik.

Daftar Pustaka

Jurnal/Prosiding/Disertasi/Tesis/Skripsi

- [1] Wato, I. Studi Penggunaan Recloser Pada Jaringan Distribusi 20 kV di PT. PLN (Persero) Area Yogyakarta. Jurnal Elektrikal. Volume 4 No. 1. Juni 2017. 1-9.
- [2] Alimuddin. Analisa Kerja Recloser untuk Memproteksi Jaringan Distribusi di PT. PLN (Persero) Area Sorong. Jurnal Electro Luceat (JEC). Volume 3 No. 1. Juli 2017. 5-9.
- [3] Kadepa, M. Analisa Sistem Kerja Recloser Tipe VWVE Merk Sel 551 pada Jaringan Distribusi 20 kV. Jurnal Elektrikal. Volume 3 No. 2. Desember 2016. 13-22.
- [4] Fatoni, Achmad, dkk. Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT. PLN Rayon Lumajang dengan Metode FMEA (Failure Modes and Effects Analysis). Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember. 2016.
- [5] Bahri, M. 2018. Analisa Penempatan Recloser dan Fuse Cut Out Terhadap Keandalan Sistem Tenaga Listrik di Jaringan Distribusi PT. PLN (Persero) Rayon Rimo. Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara