

ANALISIS KOORDINASI RECLOSER DAN SECTIONALIZER PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV DI PT. PLN (PERSERO)

Rifsal Risandy Syam¹, Ahmad Rizal Sultan^{2*}, Andarini Asri³,

Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ungjung Pandang

Jalan Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea, Makassar, 90245

rfslrnsndysym.09@gmail.com¹, rizal.sultan@poliupg.ac.id^{2*}, andariniasri@poliupg.ac.id³

Informasi Artikel

Diterima, 4 April 2023
Direvisi, 2 Februari 2023
Disetujui, 15 Februari 2023
Dipublikasi, 7 April 2023

Abstract

Therefore, it is needed a security system that is appropriate to the type of disturbance that occurs properly, efficiently and reliably. This research was conducted at the RRI PT feeder. PLN (Persero) ULP Sungguminasa to determine the coordination of protection equipment at the feeder. The analysis was carried out by comparing manual calculations with the ETAP 19.0.1 software simulation and also compared with the MATLAB GUI simulation results. The setting results obtained for the RRI feeder at the 3 phase short circuit current of the cambaya TMS recloser = 0.09 and talia sectionalizer = 0.159. Recloser and sectionalizer coordination is based on the location of the disturbance that occurs. There is interference between the recloser and sectionalizer, so the only thing that works on this network is the recloser. If interference occurs after the sectionalizer, the recloser will open first. After that the sectionalizer detects the loss of voltage due to the open recloser. Only after that will the sectionalizer work (open)

Key words: Protection system, Coordination, Recloser, Sectionalizer.

Abstrak

Tersalurnya energi listrik dengan baik banyak aspek yang perlu diperhatikan salah satunya adalah keandalan sistem proteksi. Sistem proteksi merupakan suatu sistem pengamanan pada sistem tenaga listrik yang terpasang pada sistem pembangkit, transmisi, dan distribusi tenaga listrik dari gangguan. Tiap-tiap gangguan yang terjadi memiliki sifat gangguan yang berbeda dimana gangguan tersebut ada yang sifatnya sementara (temporer) dan ada yang sifatnya lama (permanen), dan apabila gangguan ini tidak segera diatasi maka akan merusak sistem pada jaringan distribusi tersebut. Oleh karena itu dibutuhkan suatu sistem pengamanan yang tepat sesuai dengan jenis gangguan yang terjadi dengan baik, efisien dan handal. Penelitian ini dilakukan di penyulang RRI PT. PLN (persero) ULP Sungguminasa untuk mengetahui koordinasi peralatan proteksi pada penyulang tersebut. Analisis dilakukan dengan membandingkan perhitungan manual dengan simulasi software ETAP 19.0.1 dan juga dibandingkan dengan hasil simulasi MATLAB GUI. Adapun hasil setting yang diperoleh untuk penyulang RRI pada arus hubung singkat 3 fasa recloser cambaya TMS = 0.09 dan sectionalizer talia = 0.159. Koordinasi recloser dan sectionalizer didasarkan letak gangguan yang terjadi. Gangguan yang terdapat diantara recloser dan sectionalizer, maka yang bekerja pada jaringan ini hanyalah recloser. Jika gangguan terjadi setelah sectionalizer maka recloser akan open terlebih dahulu. Setelah itu sectionalizer mendeteksi hilangnya tegangan akibat dari recloser yang open. Barulah setelah itu sectionalizer akan bekerja (open)

Kata kunci: Sistem proteksi, Koordinasi, Recloser, Sectionalizer.

1. PENDAHULUAN

Sistem distribusi Jaringan Tegangan Menengah (JTM) berguna menyalurkan tenaga listrik sampai ke konsumen. Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) merupakan saluran yang tidak dapat terhindar dari gangguan. Gangguan pada jaringan distribusi tegangan menengah ada bermacam-macam sumbernya. Mulai dari gangguan yang bersumber dari luar (pohon, binatang, manusia, angin, petir, bangunan, dan lain-lain) maupun gangguan yang bersumber dari dalam (kerusakan peralatan atau penghantar), dimana gangguan yang sering sekali terjadi pada SUTM adalah gangguan hubung singkat diantaranya fasa-fasa atau satu fasa-tanah.

Untuk mengatasi gangguan pada sistem tenaga listrik maka dibutuhkan sistem proteksi. Sistem proteksi harus dikoordinasikan supaya sesuai dengan yang diinginkan dan untuk mencegah adanya salah pemutusan oleh alat-alat pengaman tersebut. . Alat-alat pengaman yang diteliti pada penelitian ini dibatasi pada *recloser* (PBO) dan *sectionalizer* (SSO).

*Rifsal Risandy Syam
e-mail : rfslrnsndysym.09@gmail.com

2. TINJAUAN PUSTAKA

Sistem proteksi adalah suatu sistem pengamanan terhadap peralatan listrik, yang diakibatkan adanya gangguan teknis, gangguan alam, kesalahan operasi, dan penyebab lainnya. Sistem proteksi ini berfungsi untuk memisahkan bagian sistem yang terganggu sehingga bagian sistem lainnya dapat terus beroperasi. Sistem proteksi dibedakan menjadi dua macam, yaitu sistem proteksi utama dan sistem proteksi cadangan.

2.1 Jenis-Jenis Sistem Proteksi

2.1.1 Pemutus Tenaga (PMT)

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.

2.1.2 Recloser

Penutup Balik Otomatis (PBO) atau biasa disebut recloser berfungsi sebagai pengaman arus lebih terhadap gangguan temporer dalam sistem tenaga listrik dan dapat membatasi luas daerah yang padam akibat gangguan. PBO dapat menutup kembali secara otomatis beberapa kali dan dapat membuka terkunci (locked out) tanpa menutup Kembali.

2.1.3 Sectionalizer

Saklar seksi otomatis (SSO) atau sectionalizer merupakan alat pemutus yang dapat mengurangi luas daerah yang padam karena gangguan. Agar SSO berfungsi dengan baik, harus dikoordinasikan dengan PBO (recloser) yang ada di sisi hulu. Apabila SSO tidak dikoordinasikan dengan PBO, SSO hanya akan berfungsi sebagai saklar biasa.

2.2 Perhitungan Arus Hubung Singkat

Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat 3 fasa

$$I_{3 \text{ fasa}} = \frac{V_{ph}}{z_{1eq}} \quad (1)$$

Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat 2 fasa

$$I_{2 \text{ fasa}} = \frac{V_{ph-ph}}{z_{1eq} + z_{2eq}} \quad (2)$$

Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat 1 fasa

$$I_{1 \text{ fasa}} = \frac{3 \times V_{ph}}{2 \times z_{1eq} + z_{0eq}} \quad (3)$$

2.3 Arus Setting OCR dan Setting Waktu (TMS)

Untuk mengetahui besarnya arus *setting* untuk relai OCR baik pada sisi primer maupun pada sisi sekunder transformator tenaga maka digunakan persamaan berikut:

$$I_{set} (\text{prim}) = 1.2 \times I_{\text{beban}} \quad (4)$$

Pada persamaan 4 menunjukkan arus primer.

$$I_{set} (\text{sek}) = I_z (\text{prim}) \times \frac{1}{\text{ratio CT}} \quad (5)$$

Pada persamaan 5 menunjukkan arus sekunder.

Hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat, selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai setelan waktu (TMS). Persamaan untuk menentukan nilai *setting* waktu dengan menggunakan persamaan *standart inverse* sebagai berikut:

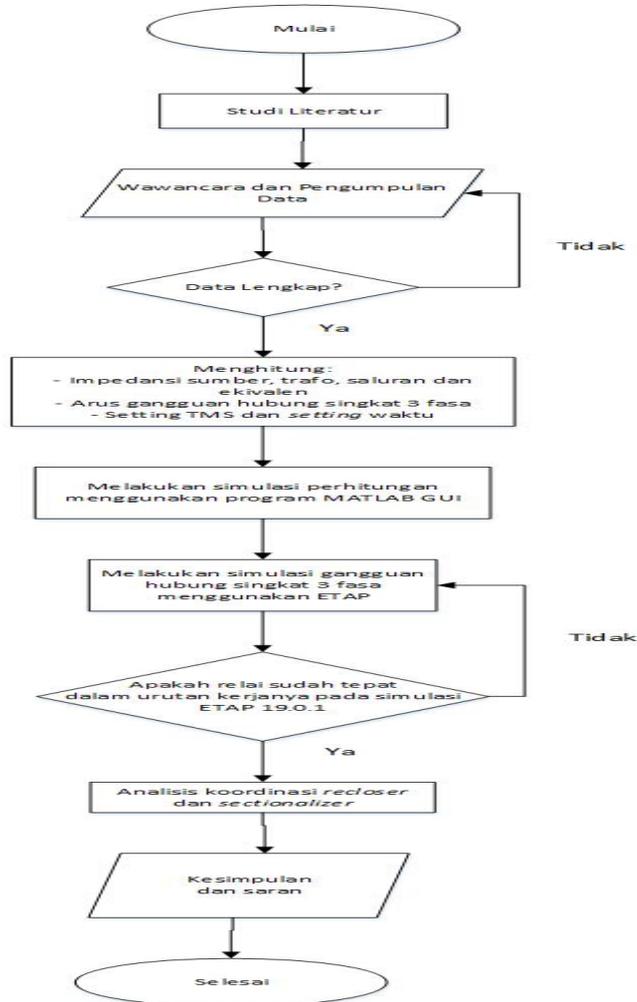
$$TMS = \left[\frac{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}} \right)^{0,02} - 1}{0,14} \right] \times t \quad (6)$$

3. METODE PENELITIAN

Untuk melakukan penelitian mengenai Analisa Koordinasi *Recloser* dan *Sectionalizer* meningkatkan keandalan dalam pendistribusian tenaga listrik inipenulis menggunakan metode *kuantitatif* dan *kualitatif*. Metode *kuantitatif* adalah metode penelitian dimana data yang diperoleh berupa angka-angka dan pengelolahannya berupa perhitungan, yang dimana hasilnya dapat disajikan dalambentuk grafik maupun tabel, tentu metode mengacu kepada *literatur* maupun rumus-rumus yang *valid* dan setelah didapatkan hasil akan diberikan analisis. Metode *kualitatif* adalah metode penelitian yang dapat dianalisis selama proses penelitian berlangsung untuk memperoleh pemahaman mendalam, mengembangkan teori, mendeskripsikan

realitas dan kompleksitas sosial yangberfokus pada proses dan peristiwa yang bersifat umum, fleksibel, dan dinamis dengan cara melakukan interaksi secara langsung terhadap objek yang diteliti. Analisis data dilakukan setelah data yang dibutuhkan telah terpenuhi, selanjutnya akan dilakukan analisis terhadap data-data tersebut dimulai dengan menggambar *Single Line Diagram* dari penyulang yang dijadikan objek penelitian serta melakukan perhitungan menggunakan aplikasi MATLAB dan juga simulasi koordinasi recloser dan sectionalizer Ketika terjadi gangguan menggunakan aplikasi ETAP 19.0.1.

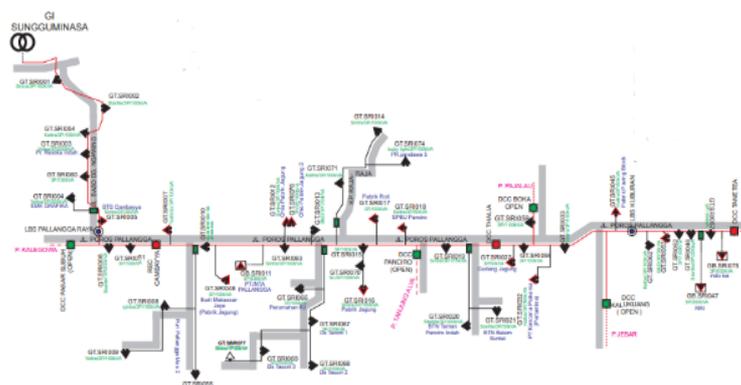
3.1 Flowchart Kegiatan



Gambar 1. Flowchart Kegiatan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam melakukan analisis koordinasi proteksi *recloser* dan *sectionalizer* pada penyulang RRI tentunya membutuhkan data spesifikasi teknis transformator GI Sungguminasa, panjang dan jenis penghantar penyulang RRI.



Gambar 2. Single Line Diagram Penyulang RRI

Tabel 1. Spesifikasi Trafo GI Sungguminasa

NO	Spesifikasi	Keterangan
1	Kapasitas	60 MVA
2	Impedansi	12,35%
3	Tegangan	150/20 Kv
4	MVAhs	4.554,4328 MVA

4.1 Menghitung Arus Hubung Singkat

Arus nominal sisi 20 kV:

$$V_{\text{per unit}} (pu) = \frac{kV \text{ sebenarnya}}{kV \text{ dasar}} = \frac{20 \text{ kV}}{20 \text{ kV}} = 1 \text{ pu}$$

$$Z_{\text{dasar}} = \frac{kV^2}{MVA} = \frac{20 \text{ kV}^2}{60 \text{ MVA}} = 6,67 \Omega$$

$$I_{\text{dasar}} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{60 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 20} = 1732,05 \text{ A}$$

4.2 Perhitungan Impedansi Sumber pada Sisi 20 Kv

$$Z_{\text{sumber}} = j \frac{kV^2}{MVAhs} = \frac{20 \text{ kV}^2}{4554,59 \text{ MVA}} = j 0,087 \Omega$$

$$Z_{\text{sumber per unit}} (Z_{pu}) = j \frac{Z_{\text{sumber}}}{Z_{\text{dasar}}} = j \frac{0,087}{6,67} = j 0,013 \text{ pu}$$

4.3 Perhitungan Impedansi pada Trafo

$$X_{T0} = \% \frac{kV^2}{MVA}$$

$$X_{T0} = 0,1235 \frac{20^2}{60} = j0,823$$

$$X_{T0} \text{ sama dengan } X_{T1} = j0,823 \Omega$$

4.4 Perhitungan Impedansi pada Saluran Urutan Positif dan Negatif

Berdasarkan SPLN 64:1985 data impedansi jaringan terdiri dari impedansi urutan positif, dan impedansi urutan negatif. Penghantar yang digunakan adalah AAAC 150 mm² penghantar tersebut memiliki impedansi:

$$\text{Urutan Positif/Negatif} : 0,2162 + j 0,3305$$

$$\text{Urutan Nol} : 0,3631 + j 1,6180$$

$$Z_{\text{saluran positif}} (Z_1) = Z_{\text{saluran negatif}} (Z_2)$$

Perhitungan impedansi pada saluran yang berjarak 9 km.

$$\begin{aligned} Z_1=Z_2 &= \text{Panjang penyulang(km)} \times Z_1 \\ &= 9 \text{ km} \times (0,2162 + j 0,3305 \Omega/\text{km}) \\ &= 1,9458 + j 2,9745 \Omega \end{aligned}$$

Perhitungan impedansi pada saluran yang berjarak 15 km.

$$\begin{aligned} Z_1=Z_2 &= \text{Panjang penyulang(km)} \times Z_1 \\ &= 15 \text{ km} \times (0,2162 + j 0,3305 \Omega/\text{km}) \\ &= 3,243 + j 4,9575 \Omega \end{aligned}$$

4.5 Mencari Z Ekuivalen Total pada Urutan Positif dan Negatif

Perhitungan yang dilakukan disini merupakan perhitungan besarnya nilai impedansi ekuivalen positif, dan negatif dari letak gangguan sampai ke sumber.

Ztotal pada jarak 9 km.

$$\begin{aligned} Z_{1eq} = Z_{2eq} &= Z_{sumber} + Z_{trafo} + Z_{saluran} \\ &= j 0,087 + j 0,823 + (1,9458 + j 2,9745) \\ &= 1,9458 + j 3,8845 \Omega \end{aligned}$$

Ztotal pada jarak 15 km.

$$\begin{aligned} Z_{1eq} = Z_{2eq} &= Z_{sumber} + Z_{trafo} + Z_{saluran} \\ &= j 0,087 + j 0,823 + (3,243 + j 4,9575) \\ &= 3,243 + j 5,8675 \Omega \end{aligned}$$

4.6 Perhitungan Arus Hubung Singkat pada Saluran

Menghitung Arus Hubung Singkat pada Jarak 9 km

$$\begin{aligned} I_{3fasa} &= \frac{V}{Z_{1eq}} = \frac{11547}{1,9458 + j 3,8845} = \frac{11547}{\sqrt{1,9485^2 + 3,8845^2}} \\ &= 2657,04 \text{ A} \end{aligned}$$

Menghitung Arus Hubung Singkat pada Jarak 15 km

$$\begin{aligned} I_{3fasa} &= \frac{V}{Z_{1eq}} = \frac{11547}{3,243 + j 5,8675} = \frac{11547}{\sqrt{3,243^2 + 5,8675^2}} \\ &= 1722,38 \text{ A} \end{aligned}$$

4.7 Menghitung Nilai Setting TMS

Untuk menghitung seting *recloser* agar segera trip ketika terjadi gangguan yang berada di kilometer 9 maka dapat menggunakan data arus gangguan 3 fasa pada tabel 2 yang terletak di kilometer 9 yaitu sebesar 2657,04 A. Hal ini karena posisi *recloser* terletak di kilometer 9.

I beban = 280 Ampere

CT = 1000 : 1

I set primer = 1,2 x beban

$$= 1,2 \times 280 \text{ A}$$

$$= 336 \text{ A}$$

I set sekunder = $336 \text{ A} \times \frac{1}{\text{Ratio CT}}$

$$= 336 \text{ A} \times \frac{1}{1000} = 0,33 \text{ A}$$

TMS = $\frac{(I_{\text{fault}})^{0,02-1}}{(I_{\text{set primer}})^{0,02-1}} \times t$

$$= \frac{(2657,04)^{0,02-1}}{(336)^{0,02-1}} \times 0,30$$

$$= 0,09 \text{ detik}$$

Perhitungan waktu kerja (t) *Recloser*:

$$t = \text{TMS} \frac{0,14}{(I_{\text{set primer}})^{0,02-1}}$$

$$= 0,09 \frac{0,14}{(336)^{0,02-1}}$$

$$= 0,30 \text{ detik}$$

Untuk mendapatkan nilai setting *Sectionalizer* maka menggunakan arus gangguan yang terdekat dengan *Sectionalizer* yaitu kilometer 15 sebesar 1722,38 ampere. Selanjutnya untuk menghitung nilai seting TMS pada *Sectionalizer* nilai waktunya (t) ditentukan sebesar 0,3 detik + 0,4 detik = 0,7 detik agar saat terjadi gangguan *recloser* akan segera trip lebih dulu.

I beban = 300 Ampere

CT = 600 : 1

I set primer = 1,2 x beban

$$= 1,2 \times 300 \text{ A}$$

$$= 360 \text{ A}$$

I set sekunder = $360 \text{ A} \times \frac{1}{\text{Ratio CT}}$

$$= 360 \text{ A} \times \frac{1}{600} = 0,6 \text{ A}$$

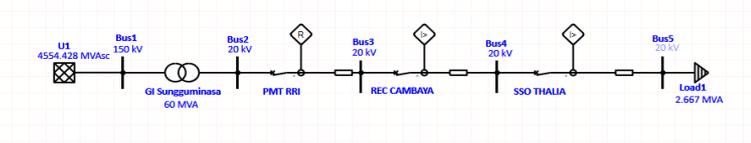
$$\begin{aligned}
 \text{TMS} &= \frac{(I_{\text{fault}} / I_{\text{set primer}})^{0,02-1}}{0,14} \times t \\
 &= \frac{(1722,38 / 360)^{0,02-1}}{0,14} \times 0,7 \\
 &= 0,159 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Perhitungan waktu kerja (t) Sectionalizer:

$$\begin{aligned}
 T &= \text{TMS} \frac{0,14}{(I_{\text{fault}} / I_{\text{set primer}})^{0,02-1}} \\
 &= 0,159 \frac{0,14}{(1722,38 / 360)^{0,02-1}} \\
 &= 0,699 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

4.8 Koordinasi Recloser dan Sectionalizer pada saat Terjadi Gangguan Menggunakan Simulasi ETAP 19.0.1

Membuat pemodelan single line diagram penyulang RRI menggunakan software ETAP 19.0.1 untuk memulai analisis koordinasi Recloser dan Sectionalizer. Berikut merupakan gambar pemodelan single line diagram penyulang RRI.



Gambar 3. Pemodelan Single Line Diagram Penyulang RRI pada Software ETAP 19.0.1

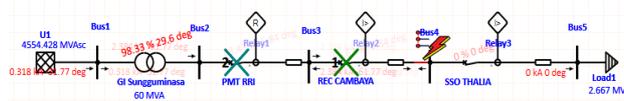
Selanjutnya melakukan simulasi arus hubung singkat 3 fasa yang terjadi di jaringan .pada simulasi ini akan menghitung arus hbung singkat yang terjadi pada jarak 9 km (bus 4) dan jarak 15 km (bus 5). Hasil dari simulasi dibandingkan dengan hasil perhitungan manual.

Tabel 2. Perbandingan Arus hubung singkat 3 fasa hasil perhitungan manual dan menggunakan ETAP 19.0.1

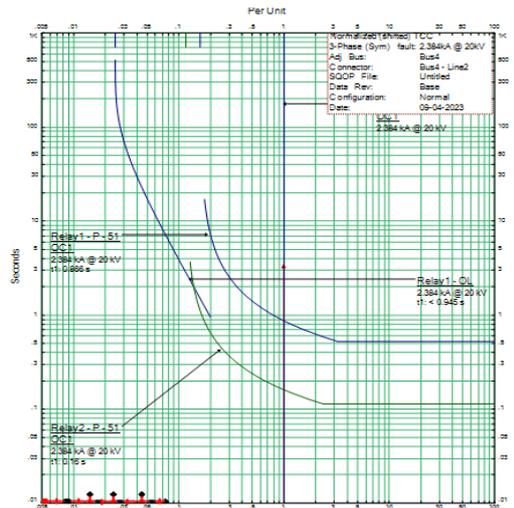
Nama Section	Simulasi ETAP	Perhitungan Manual
Bus 4	2384 A	2657.04 A
Bus 5	1477 A	1722,38 A

Pengujian selanjutnya yaitu koordinasi *recloser* dan *sectionalizer* menggunakan setting Existing PLN dan menggunakan setting hasil perhitungan untuk melihat perbandingan waktu kerja relay pada saat terjadi gangguan di titik gangguan yang telah di tentukan.

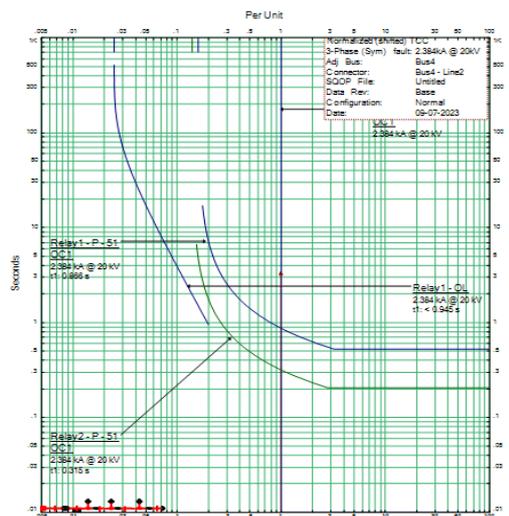
Simulasi Gangguan pada jarak 9 km (setelah Recloser Cambaya)



Gambar 4. Urutan kerja relay proteksi dengan gangguan pada jarak 9 km menggunakan *setting existing* PLN



Gambar 5. Waktu kerja relay dengan gangguan pada jarak 9 km menggunakan *setting existing* PLN

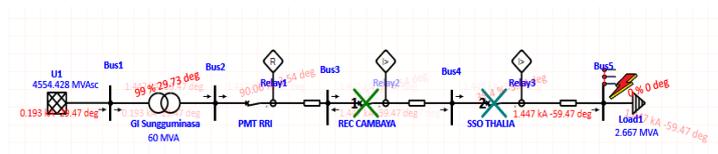


Gambar 6. Waktu kerja relay dengan gangguan pada jarak 9 km menggunakan hasil *resetting*

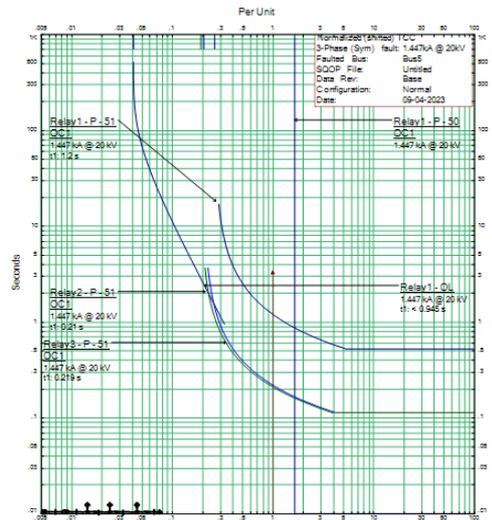
Pada saat terjadi gangguan 3 fasa pada jarak 9 km terlihat bahwa *recloser* trip terlebih dahulu kemudian disusul PMT. Untuk mendukung kesimpulan tersebut dapat dilihat waktu kerja relay pada gambar 4.7. Pada saat terjadi gangguan di jarak 9 km dengan arus hubung singkat 2384 A waktu kerja *recloser* adalah 0,16 detik dan waktu kerja penyulang 0,866 detik. Hal ini menunjukkan bahwa *recloser* trip lebih cepat dari PMT penyulang sehingga *setting* proteksi pada *recloser* terbukti mampu berkoordinasi dengan PMT penyulang RRI.

Saat terjadi gangguan di jarak 9 km dengan arus hubung singkat 2384 A menggunakan hasil *resetting*, waktu kerja *recloser* adalah 0,315 detik dan waktu kerja penyulang 0,866 detik. Hal ini menunjukkan bahwa *recloser* trip lebih cepat dari PMT penyulang sehingga *setting* proteksi pada *recloser* terbukti mampu berkoordinasi dengan PMT penyulang RRI.

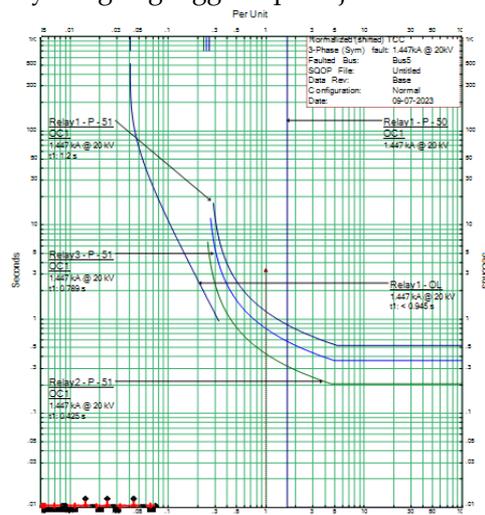
Simulasi Gangguan pada jarak 15 km (setelah Sectionalizer Talia)



Gambar 7. urutan kerja relay proteksi dengan gangguan pada jarak 15 km menggunakan *setting existing* PLN



Gambar 8. Waktu kerja relay dengan gangguan pada jarak 15 km menggunakan *setting existing* PLN



Gambar 9. Waktu kerja relay dengan gangguan pada jarak 15 km menggunakan hasil *resetting*

pada saat terjadi gangguan 3 fasa pada jarak 15 km terlihat bahwa *recloser* trip terlebih dahulu kemudian disusul *Sectionalizer* lalu PMT. Dikarenakan *Sectionalizer* hanya akan open pada saat dia merasakan arus gangguan dan merasakan hilang tegangan dari sisi *Recloser* Selain itu untuk mendukung kesimpulan tersebut dapat dilihat waktu kerja relay pada gambar 4.10 Pada saat terjadi gangguan di jarak 15 km dengan arus hubung singkat 1447 A waktu kerja *recloser* adalah 0,21 detik, waktu kerja *sectionalizer* 0,219 detik, dan waktu kerja PMT 1,2 detik. Hal ini menunjukkan bahwa *recloser* trip lebih cepat dari PMT penyulang sehingga *setting* proteksi pada *recloser* terbukti mampu berkoordinasi dengan PMT penyulang RRI

Pada saat terjadi gangguan di jarak 15 km dengan arus hubung singkat 1447 A dengan TMS menggunakan hasil *resetting*, waktu kerja *recloser* adalah 0,425 detik, waktu kerja *sectionalizer* 0,789 detik, dan waktu kerja PMT 1,2 detik. Hal ini menunjukkan bahwa *recloser* trip lebih cepat dari PMT penyulang sehingga *setting* proteksi pada *recloser* dan *Sectionalizer* sebagai *back up protection* dapat merasakan hilangnya tegangan sehingga SSO dapat bekerja untuk meminimalisir area gangguan. Hal ini telah memenuhi standar IEEE 242-1986 dan IEC 60255 bahwa selisih waktu antar proteksi minimal 0,2-0,5 s

Penutup

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yang berkaitan dengan penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Cara kerja *Recloser* dan *Sectionalizer* sebagai proteksi cadangan pada jaringan distribusi tenaga listrik didasarkan pada letak gangguannya, Jika arus gangguan terjadi di jarak 9 km atau setelah *recloser* maka yang hanya open/trip *recloser* cambaya , namun pada saat terjadi gangguan di jarak 15 km atau setelah *sectionalizer* maka *recloser* yang akan open terlebih dahulu untuk memutus tegangan yang mengalami gangguan, ketika *recloser* telah memutus tegangan maka *sectionalizer* sebagai *back up protection* dapat merasakan hilangnya tegangan sehingga *sectionalizer* dapat bekerja untuk meminimalisir area

gangguan.

2. Koordinasi dari *recloser* dan *sectionalizer* pada penyulang RRI sudah berjalan dengan baik, dapat dilihat pada urutan kerja alat proteksi pada saat terjadi gangguan 3 fasa di jarak 9 km terlihat bahwa *recloser* trip terlebih dahulu kemudian disusul PMT, dan kesimpulan didukung pada saat waktu kerja relay dimana waktu kerja *recloser* adalah 0,16 detik dan waktu kerja PMT 0,866 detik Hal ini menunjukkan bahwa *recloser* trip lebih cepat dari PMT penyulang sehingga *setting* proteksi pada *recloser* terbukti mampu berkoordinasi dengan PMT penyulang RRI, dan pada saat terjadi gangguan 3 fasa pada jarak 15 km terlihat bahwa *recloser* trip terlebih dahulu kemudian disusul *Sectionalizer* lalu PMT. *Sectionalizer* hanya akan open pada saat dia merasakan arus gangguan dan merasakan hilang tegangan dari sisi *Recloser*. Pada saat terjadi gangguan di jarak 15 km dengan arus hubungan singkat 1447 A waktu kerja *recloser* adalah 0,21 detik, waktu kerja *sectionalizer* 0,219 detik, dan waktu kerja PMT 1,2 detik. Hal ini menunjukkan bahwa *recloser* trip lebih cepat dari PMT penyulang sehingga *setting* proteksi pada *recloser* terbukti mampu berkoordinasi dengan PMT penyulang RRI.

Daftar Referensi

- [1] Bahri, Muslim. 2018. "Analisa Penempatan Recloser dan Fuse Cut Out Terhadap Keandalan Sistem Tenaga Listrik Di jaringan Distribusi di PT. PLN (Persero) Rayon Rimo. Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.
- [2] Fauzi, Muhammad Irfan. 2019. "Analisis Koordinasi Recloser dan Sectionalizer Pada Jaringan Distribusi 20 KV di Gardu Induk Wonogiri". Semarang: Universitas Diponegoro
- [3] Nurona, Hamdan. 2014. "Analisa Koordinasi Proteksi Recloser Dengan Relay Arus Lebih (Ocr) Menggunakan Etap 7.0.0 di Jaringan SUTM 20 KV PT PLN (Persero) Apj Yogyakarta". Yogyakarta: Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.
- [4] Politeknik Negeri Ujung Pandang. (2016). Pedoman Penulisan Proposal dan Skripsi Program Diploma Empat (D-4) Bidang Rekayasa dan Tata Niaga. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- [5] Ramadhani, Icha Marsya, Toto Tohir, Yudi Prana. 2021. Analisis Koordinasi Proteksi Recloser dan Sectionalizer pada penyulang LBSR GI Padalarang Menggunakan ETAP 12.6.0. Bandung: Politeknik Negeri Bandung.
- [6] Sitio, Novita S. 2020. "Analisis *Setting* Koordinasi *Recloser* dan *Sectionalizer* Pada Penyulang Ruko di Gardu Induk Legok PT. PLN (Persero) UP3 Serpong". Jakarta: Fakultas Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan Institut Teknologi PLN.
- [7] Sulasno, 2001. Teknik dan Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- [8] Syufrijal, Monantun, Readysal. 2014. Jaringan Distribusi Tenaga Listrik. Jakarta: Kementerian Pendidikan Dasar Menengah Dan Kebudayaan RI
- [9] Widodo, Ody. 2016. *Jaringan Tegangan Menengah*. Semarang : PLN Corporate University.