

Analisis Koordinasi Proteksi Recloser dan Sectionalizer pada Penyulang LBSR GI Padalarang Menggunakan ETAP 12.6.0

Icha Marsya Ramadhani¹, Toto Tohir², Yudi Prana Hikmat,³

^{1,2,3}Program Studi D-III Teknik Listrik, POLITEKNIK NEGERI BANDUNG

Jl. Gegerkalong Hilir, Ciwaruga, Kec. Parongpong, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat 40559

ichamarsya02@gmail.com

Abstrak

Sistem tenaga listrik terdiri dari tiga sistem yaitu pembangkit, transmisi, dan distribusi. Sistem distribusi ini sangat dekat keberadaannya dengan kita sebagai pelanggan. Oleh karena itu, pada sistem distribusi ini perlu adanya proteksi untuk pengoptimalan dalam menyalurkan tenaga listrik guna terjaminnya kontinuitas energi listrik dalam menunjang kegiatan manusia. Gangguan yang sering terjadi di sistem distribusi 20 KV adalah gangguan hubung singkat. Untuk mengatasi masalah gangguan hubung singkat dilakukan dengan cara koordinasi antara peralatan proteksi untuk menghilangkan gangguan dan dapat memproteksi peralatan yang terdapat disekitar. Peralatan proteksi yang terdapat pada sistem distribusi adalah PMT, recloser, *Fuse Cut Out* (FCO), Saklar Seksi Otomatis (SSO), OCR, GFR. Untuk salah satu contoh koordinasi adalah koordinasi pada *recloser* dengan SSO. *Sectionalizer* berkoordinasi dengan *recloser* untuk memisahkan secara otomatis, *sectionalizer* berfungsi untuk memisahkan beberapa *section* agar ketika terjadi gangguan daerah pemadaman tidak terlalu luas. Pada simulasi tersebut bahwa untuk SSO penulis mensimulasikan dengan perangkat OCR dan *voltage relay*. Hasil pengujian *load flow* dari daya aktif yang terbesar adalah Bus 3 dan Bus 19 0,693 MW. Daya reaktif yang terbesar yaitu di gardu LBS sebesar 0,289 Mvar. Dan untuk arus yang mengalir terbear yaitu di Bus 3 dan gardu CBA sebesar 22,29 A. Dari hasil Koordinasi *recloser* dan SSO dengan adanya koordinasi tersebut dapat memperkecil wilayah yang terjadi gangguan. Penulis menyarankan untuk penelitian selanjutnya

Kata kunci: *Recloser*, *Sectionalizer*, ETAP 12.6.0

I. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik sangat dibutuhkan dalam kegiatan manusia contohnya kegiatan industri, pendidikan, ekonomi dll. Sistem penyaluran tenaga listrik terdiri dari tiga sistem yaitu pembangkit tenaga listrik, sistem penyaluran, dan sistem pemanfaatan. Untuk sistem penyaluran terbagi menjadi dua saluran yaitu saluran transmisi dan saluran distribusi. [1] Untuk mengoptimalkan dalam menyalurkan daya listrik ke konsumen maka sebuah sistem distribusi tenaga listrik memerlukan sistem proteksi untuk melindungi dari sebuah gangguan. Gangguan yang sering terjadi pada saluran distribusi menurut SPLN 52-3: 1983 adalah tegangan dan arus abnormal, pemasangan yang kurang baik, penuaan, beban lebih dll. [2] Sistem proteksi sangat diperlukan dalam menjaga kontinuitas pada saluran distribusi. Selain itu, dengan adanya sistem proteksi dapat melindungi

peralatan yang disekitarnya, sehingga peralatan tersebut dapat aman dari gangguan yang kapan saja bisa terjadi. Beberapa peralatan proteksi yaitu PMT, *recloser*, *Fuse Cut Out* (FCO), Saklar Seksi Otomatis (SSO), OCR, GFR dll.[3]

State of the art penelitian yang diusulkan menjadi pembeda terhadap penelitian orang lain adalah dari penggunaan metode ilmiahnya. Kasus penelitian sebelumnya adalah perihal penjelasan mengenai koordinasi dan setting antara *recloser* dengan *sectionalizer* menggunakan perhitungan secara manual, serta koordinasi peralatan proteksi yang di dalam sistem distribusi. Sedangkan dalam penelitian ini, penulis akan menganalisis sebuah koordinasi *recloser* dengan *sectionalizer* dengan menggunakan *software* ETAP 12.6.0.

Tujuan dari penelitian ini yaitu pembaca dapat memahami dari koordinasi proteksi *recloser* dan *sectionalizer* dalam memproteksi jaringan,

Jenis Penghantar	Luas Penampang	Impedansi Urutan Positif dan Negatif	Impedansi Urutan Nol
XLPE	240 mm ²	0.0987 + j 0.0948	0.15693 + j0.24079

mengetahui berapa besar nilai arus hubung singkat dan *load flow analysis*, menghitung *setting recloser* dan *sectionlizer*.

II. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram alir pelaksanaan penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Penyulang LBSR GI Padalarang

Pada penyulang LBSR terdapat data data yang dibutuhkan untuk pelaksanaan penelitian. Berikut data data yang dibutuhkan :

- Data transformator tenaga
 - Kapasitas : 60 MVA
 - Impedansi : 12,13 %
 - Tegangan Primer : 150 kV
 - Tegangan Sekunder : 20 kV
 - Arus Nominal : 1.732 A
- Data OCR pada sisi incoming
 - Karakteristik : Normal Inverse
 - Arus Set : 2.2 A
 - TMS : 0.05
 - Ratio CT : 2000/5
- Data penghantar
 - Penghantar SKTM

Tabel 1. Spesifikasi Penghantar SKTM

2. Penghantar SUTM

Tabel 2. Spesifikasi Penghantar SUTM

Jenis Penghantar	Luas Penampang	Impedansi Urutan Positif dan Negatif	Impedansi Urutan Nol
AAAC	158 mm ²	0.189 + j 0.30225	0.33437 + j1.64322

Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) sebagai salah satu konstruksi yang digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik pada daya yang sama.[4]

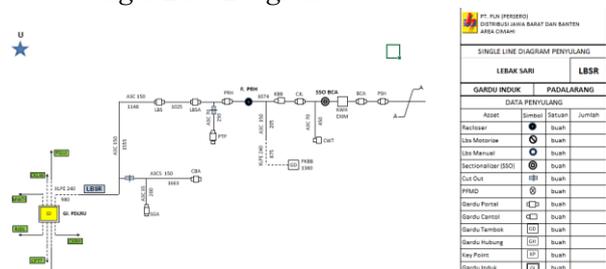
Khusus jaringan telekomunikasi, jarak aman yang digunakan minimal 1 m baik secara vertikal atau horizontal. Bila dibawah JTM terdapat JTR, jarak minimal antara JTM dengan kabel JTR dibawahnya minimal 120 cm.[4]

3. Data Trafo dan Jumlah Beban

Tabel 3. Data Trafo Distribusi

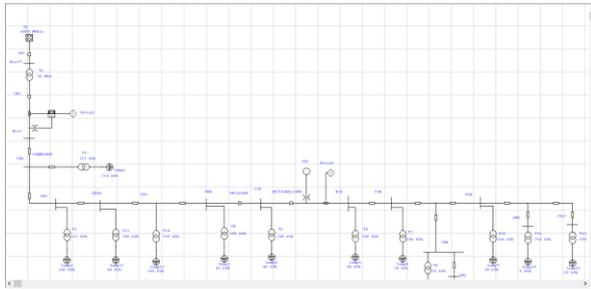
Nama Daerah	Kapasitas (kVA)	Tegangan Primer dan Sekunder (kV)	Arus Nominal (A)	Data Beban (kVA)
CBA	315	20 & 0.4	9.093	114
LBS	315	20 & 0.4	9.093	252
LBSA	160	20 & 0.4	4.619	64
PTP	250	20 & 0.4	7.217	100
PRH	100	20 & 0.4	2.887	43
CJL	200	20 & 0.4	5.774	80
BCA	200	20 & 0.4	5.774	68
PSH	160	20 & 0.4	4.619	38
PHI	50	20 & 0.4	1.443	35
CKA	50	20 & 0.4	1.443	27
PGK	100	20 & 0.4	2.887	75
SMU	250	20 & 0.4	7.217	6
CTO*	100	20 & 0.4	2.887	20

d. Single Line Diagram



Gambar 2. Single line diagram

3.2. Pemodelan Single Line Diagram pada ETAP



Gambar 3. Pemodelan Single line diagram pada ETAP

3.3. Setting Recloser

Recloser adalah rangkaian listrik yang terdiri pemutus tenaga yang dilengkapi kotak kontrol elektronik. [5]

Cara bekerjanya yaitu untuk menutup balik dan membuka secara otomatis dapat di setting untuk selang waktunya. Jika terjadi gangguan permanen, setelah membuka dan menutup balik sebanyak sesuai yang telah di setting maka recloser akan tetap membuka di posisi terkahir (lock out) dan dapat dihubungkan kembali ketika gangguan tersebut diatasi. Jika terjadi gangguan sementara, recloser akan open dan beberapa detik kemudian akan menutup kembali dan akan beroperasi seperti biasa.[6]

1. Menghitung coil size
Coil size = 1,25 x Peak Load [2]
Coil size = 1,25 x 220,6
Coil size = 275,75 A
2. Menghitung TMS (Time Multiplier Setting)
$$TMS = \frac{T \times \left[\left(\frac{Isc Max}{Ip} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$
 [2]
$$TMS = \frac{0,3 \times \left[\left(\frac{13480}{275,75} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

TMS = 0,1733 s

Berdasarkan hasil perhitungan maka recloser dipilih coil size 280 A dan untuk setting time dial nya sesuai perhitungan pada TMS adalah 0,17

3.4. Setting Sectionalizer

Sectionalizer yaitu sistem peralatan proteksi yang dilengkapi dengan kontrol elektronik/ mekanik

yang digunakan untuk mengamankan satu seksi di jaringan tegangan menengah. [7]

Sectionalizer hanya dapat dipasang dengan recloser yang berfungsi sebagai peralatan pengaman back-up. Sectionalizer tidak dapat memutus arus gangguan dan membuka ketika pemutus tenaga atau recloser telah memutus sirkuit.[8]

Dikarenakan pada ETAP 12.6.0 tidak ada komponen untuk sectionalizer, penulis akan mensimulasikan sectionalizer dengan dua komponen yang dapat bekerja sesuai prinsip kerja sectionalizer itu sendiri, komponen tersebut terdiri dari voltage relay dan overcurrent relay. Untuk menentukan setting pada overcurrent relay dan voltage relay dapat dilakukan seperti di bawah ini:

1. Setting Overcurrent Relay
 - a. Menghitung arus beban maksimum
$$FLA = \frac{KVA}{\sqrt{3} \cdot kV}$$
 [9]
$$FLA = \frac{60.000KVA}{\sqrt{3} \times 20kV}$$

FLA = 1732,051 A
 - b. Menghitung arus pick up
$$Ip = \frac{1,05 \times FLA}{Rasio CT}$$
 [9]
$$Ip = \frac{1,05 \times 1732,051}{800}$$

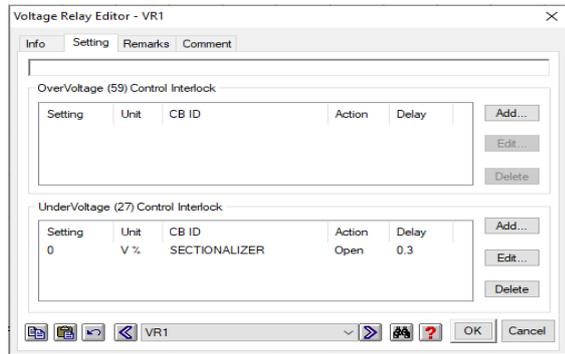
Ip = 2,273317 A
 - c. Menghitung arus setting pada sisi sekunder
Is = Ip x Rasio CT [9]
Is = 2,273317 x 800
Is = 1.818,653399 A
 - d. Menghitung TMS (Time Multiplier Setting)
$$TMS = \frac{T \times \left[\left(\frac{Isc Max}{Ip} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$
 [9]
$$TMS = \frac{0,3 \times \left[\left(\frac{13480}{1818,65} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

TMS = 0,087 s

Berdasarkan hasil perhitungan maka OCR yang dipilih adalah nilai terkecil dari setting yang mendekati perhitungan FLA yaitu SPAS 348C dan untuk setting time dial nya sesuai perhitungan pada TMS adalah 0,4 s sesuai dengan standar IEEE 242-2001 dimana nilai waktu kerja tiap peralatan proteksi di set dengan selisih 0,25 – 0,5 agar recloser dapat trip terlebih dahulu.

2. Setting Voltage Relay

Voltage relay sendiri difungsikan sebagai VIT atau mendeteksi hilang tegangan. Sehingga *voltage relay* di setting pada *undervoltage* dengan setting 0 V %



Gambar 4. Setting Undervoltage

3.5. Hasil Pengujian Load Flow

Tabel 4. Hasil Simulasi Load Flow Analysis

No	Nama	MW Loading (Daya Aktif)	Mvar Loading (Daya Reaktif)	Amp
1	BCA	0,204	0,092	6,468
2	BUS 3	0,693	0,34	22,29
3	BUS19	0,693	0,342	2,972
4	CBA	0,692	0,34	22,29
5	CJL	0,274	0,127	8,747
6	CKA	0,043	0,02	1,378
7	CTO*	0,018	0,009	0,573
8	LBS	0,597	0,284	19,12
9	LBSA	0,457	0,216	14,16
10	PGK	0,067	0,031	2,133
11	PHI	0,021	0,011	0,682
12	PRH	0,312	0,146	9,97
13	PSH	0,144	0,064	4,458
14	PTP	0,4	0,188	12,79
15	SMU	0,005	0,003	0,173

Dari hasil simulasi *load flow analysis* pada ETAP 12.6.0 diperoleh untuk daya aktif yang terbesar 0,693 MW pada bus 3 dan bus 19 dan untuk yang terkecil yaitu pada gardu SMU sebesar 0,005 MW. Untuk daya reaktif yang terbesar yaitu pada gardu LBS sebesar 0.289 Mvar dan untuk yang terkecil yaitu di gardu 0,003 Mvar di gardu SMU. Untuk yang paling besar di aliri arus yaitu pada bus 3 dan gardu CBA sebesar 22,29 A dan yang terkecil yaitu bus SMU sebesar 0,173 A.

3.6. Hasil Pengujian Short Circuit Analysis

Macam – macam jenis hubung singkat:

- Menurut besarnya hambatan pada tempat hubung singkat

- Hubung singkat penuh
Hubung singkat metalik
- Hubung singkat busur api

Disini hambatan hubung singkat dibatasi oleh besarnya busur api listik yang besarnya dapat beberapa ratus *ohm*.

- Menurut jumlah fasa yang terkena hubung singkat

- Hubung singkat 3 fasa
- Hubung singkat 2 fasa
- Hubung singkat 1 fasa

Bila hubung dengan netral bersifat kaku dan bila hubung singkat melalui kumparan petersen disebut hubung tanah.

- Hubung tanah ganda

Melalui kumparan petersen atau tidak. Bersifat hubung singkat 2 fasa disertai hubung tanah.

- Menurut tempat terjadinya hubung singkat

- Hubung singkat yang terjadi pada sistem pembangkitan.
Hubung singkat terjadi pada jepitan – jepitan generator.
- Hubung singkat yang terjadi cukup dekat dari sistem pembangkit.
Hubung singkat yang mungkin terjadi pada rel – rel di belakang transformator.
- Hubung singkat yang terjadi jauh dari sistem pembangkit.
Hubung singkat terjadi pada jaringan listrik yang jauh dari sistem pembangkit. [10]

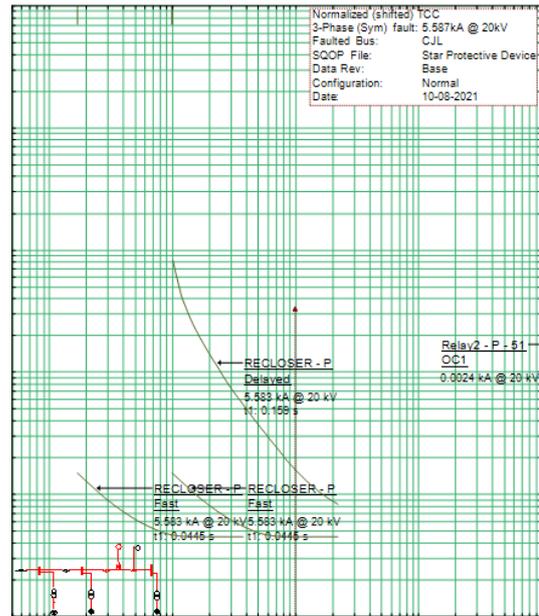
Untuk pengujian short circuit dilakukan simulasi hubung singkat tiga fasa, dua fasa, dan satu fasa ketanah.

Tabel 5. Hasil Simulasi Short Circuit Analysis

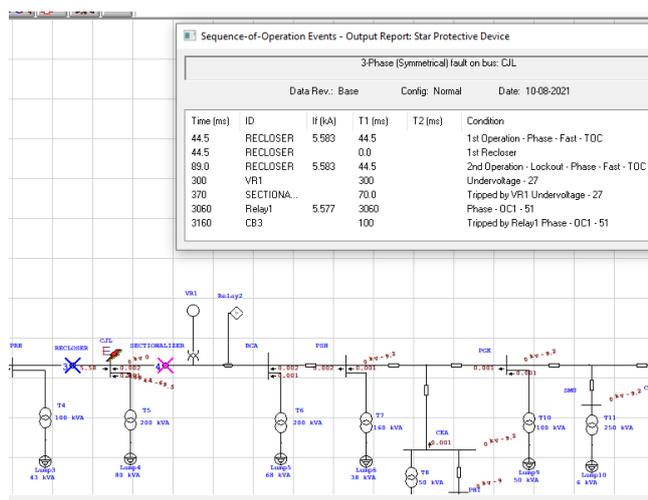
No	Nama	Ihs 3 Fasa	Ihs 2 fasa	Ihs 1 fasa ke tanah
1	BUS 3	13.480	11.674	1.053
3	CBA	12.457	10.788	1.045
4	LBS	9.055	7.842	1.013
5	LBSA	7.192	6.229	0.982
6	PTP	6.858	5.939	0.975
7	PRH	6.858	5.939	0.975
8	CJL	5.586	4.838	0.938
9	BCA	5.586	4.838	0.938
10	PSH	4.791	4.149	0.905
11	CKA	4.043	3.501	0.863
12	PHI	3.762	3.258	0.844
13	PGK	3.952	3.422	0.857
14	SMU	3.772	3.267	0.848
15	CTO*	3.354	2.904	0.810

3.7. Hasil Simulasi Koordinasi Recloser dan Sectionalizer

Menurut data dan hasil perhitungan *setting recloser* dan *sectionalizer* simulasi koordinasi proteksi sudah dapat dilakukan. Dimana, *recloser* di fungsikan sebagai alat proteksi utama. Sedangkan, untuk *sectionalizer* digunakan untuk pengaman yang dapat *backup recloser* yang difungsikan sebagai pengaman utama pada penyulang LBSR. *Sectionalizer* pada penyulang ini disetting sebagai fungsi VIT yaitu dapat mendeteksi hilang tegangan dan gangguan arus hubung singkat. Titik gangguan hubung singkat yang akan disimulasikan yaitu gardu CJL dan gardu BCA. Gangguan yang akan disimulasikan yaitu gangguan tiga fasa. Untuk melihat urutan kerja dari perangkat proteksi dapat dilihat di *sequence of operation* dan untuk melihat waktu pemutusan perangkat proteksi dapat dilihat di kurva koordinasi.

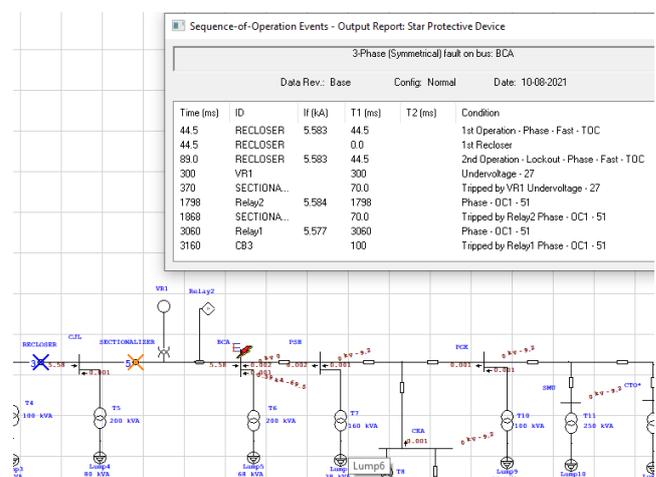


Gambar 6. Hasil kurva gangguan di BUS CJL

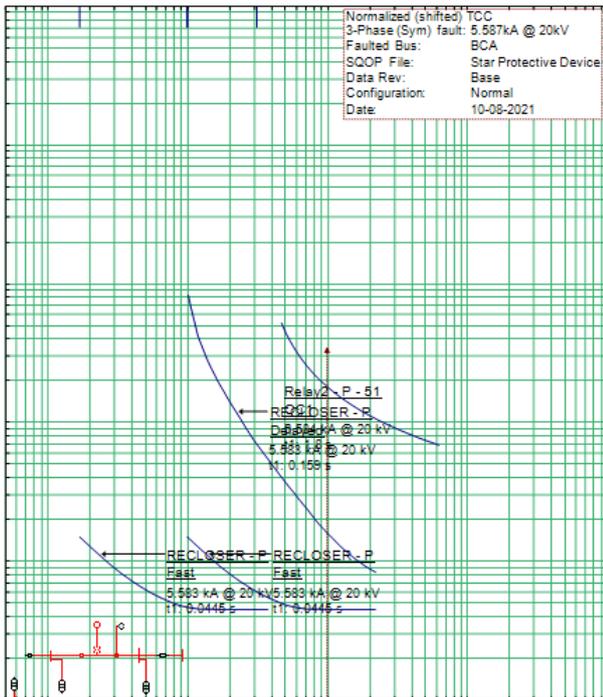


Gambar 5. Urutan kerja *recloser* dan *sectionalizer* gangguan di BUS CJL

Dari gambar kurva diatas menggambarkan sebuah koordinasi proteksi jika terjadi gangguan di gardu CJL. Berdasarkan hasil kurva diatas dapat dilihat bahwa koordinasi antara *recloser* dengan *sectionalizer* dikatakan baik karena *recloser* akan bekerja terlebih dahulu, karena *sectionalizer* hanya bekerja sebagai fungsi VIT (hilang tegangan dan mendeteksi arus gangguan) maka *sectionalizer* akan merasakan hilang tegangan dan kurva *sectionalizer* tidak akan terlihat dan yang akan bekerja untuk trip hanya *recloser* saja. Dengan begitu, bahwa Ketika terjadi gangguan hubung singkat *recloser* cepat akan bekerja di 0.0445 s dan *recloser* lambat akan bekerja di 0.159 s.



Gambar 7. Urutan kerja *recloser* dan *sectionalizer* gangguan di BUS BCA



Gambar 8. Hasil kurva gangguan di BUS BCA

Dari gambar kurva diatas menggambarkan sebuah koordinasi proteksi jika terjadi gangguan di gardu BCA. Berdasarkan hasil kurva diatas dapat dilihat bahwa koordinasi antara *recloser* dengan *sectionalizer* dapat dikatakan baik karena $t(I_{relay2}) > t(I_{recloserdelayed}) > t(I_{recloserfast})$ *recloser* akan bekerja terlebih dahulu, kemudian *sectionalizer* akan bekerja dengan fungsi VIT (merasakan hilang tegangan dan arus gangguan). Ketika terjadi gangguan, *recloser* akan bekerja 0,0445 s, *recloser delayed* bekerja di 0.159 s dan *sectionalizer* pendeteksi arus gangguan bekerja di 1.8 s.

IV. KESIMPULAN

Pada simulasi gangguan hubung singkat tiga fasa menghasilkan arus hubung singkat tiga fasa. Untuk gardu CJL besar arus gangguannya yaitu 5.586 A dan gardu CBA 5.586 A. Untuk nilai arus hubung singkat tiga fasa dari hasil perhitungan yaitu untuk titik CJL 5.515 A dan untuk titik BCA 5.515 A. Hasil dari *load flow analysis* menghasilkan daya aktif, daya reaktif dan arus yang berbeda ke setiap gardu. Maka dari itu, daya aktif yang

terbesar yaitu 0,693 MW pada bus 3 dan bus 19 dan untuk yang terkecil yaitu pada gardu SMU sebesar 0,005 MW. Untuk daya reaktif yang terbesar yaitu pada gardu LBS sebesar 0.289 MVar dan untuk yang terkecil yaitu di gardu 0,003 Mvar di gardu SMU. Untuk yang paling besar di aliri arus yaitu pada bus 3 dan gardu CBA sebesar 22,29 A dan yang terkecil yaitu bus SMU sebesar 0,173 A. Dari hasil koordinasi antara *recloser* dengan *sectionalizer* dapat disimpulkan bahwa koordinasi *recloser* dengan *sectionalizer* dipengaruhi oleh letak gangguan yang terjadi. Ketika terjadi gangguan diantara *recloser* dan *sectionalizer* maka *recloser* akan *open* dan *sectionalizer* tidak akan *open* hanya memberi sinyal saja bahwa terjadi hilang tegangan. Lalu, ketika terjadi gangguan setelah *sectionalizer* maka *recloser* akan *open* terlebih dahulu dan *sectionalizer* akan menghitung berapa kali *reclose* pada *recloser*, dan *sectionalizer* pun akan *open*. Lalu, *recloser* akan *reclose* karena gangguan telah dihilangkan oleh *sectionalizer*. Kesimpulan di atas membuat penulis menyarankan agar koordinasi *recloser* dengan *sectionalizer* dapat dikembangkan dengan membuat simulasi menggunakan arduino mega 2560 dan VTScada.

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan kekuatan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penelitian ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari seluruh pihak yang berperan secara langsung maupun tidak langsung.

REFERENSI

- [1] A. Tanjung, "Rekonfigurasi Sistem Distribusi 20 Kv Gardu Induk Teluk Lembu Dan Pltmg Langgam Power Untuk Mengurangi Rugi Daya Dan Drop Tegangan," vol. 11, no. 2, pp. 160–166, 2016.
- [2] M. I. Fauzi, "Analisis Koordinasi Recloser Dan Sectionalizer Pada Jaringan Distribusi 20 kV Di Gardu Induk Wonogiri," p. 5, 2019.
- [3] H. Afrianto, *Simulasi Saklar Seksi Otomatis /Sso (Sectionalizer) Sebagai Proteksi*

Cadangan Guna Mengisolasi Gangguan Hubung Singkat Pada Saluran Distribusi 20 Kv Berbasis Arduino Mega 2560 Dengan Tampilan Human Machine Interface (Hmi), vol. 3, no. 2. 2018, pp. 139–157.

- [4] R. Wibowo *et al.*, “Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik,” *PT. PLN*, pp. 3–4, 2010.
- [5] D. Marsudi, “Politeknik Negeri Sriwijaya 4,” *Pembangkitan Energi List.*, vol. 7, no. 1, pp. 4–31, 2016.
- [6] selvi okta yusidha, “Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember Learners of English Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember,” 2016.
- [7] N. A. Darmanto, S. Handoko, J. T. Elektro, and U. Diponegoro, “Analisa Koordinasi Ocr - Recloser Penyulang Kaliwungu 03,” *Transmisi*, vol. 8, no. 1, pp. 15-21–21, 2006, doi: 10.12777/transmisi.8.1.15-21.
- [8] R. T. Sataloff, M. M. Johns, and K. M. Kost, “KOORDINASI RECLOSER DAN SSO FUNGSI VIT UNTUK OPTIMALISASI JARINGAN DISTRIBUSI BERBASIS ARDUINO MEGA 2560 MENGGUNAKAN SCADA,” pp. 1–67.
- [9] E. Dermawan and D. Nugroho, “Analisa Koordinasi Over Current Relay Dan Ground Fault Relay Di Sistem Proteksi Feeder Gardu Induk 20 kV Jababeka,” *Elektum J. Tek. Elektro*, vol. 14, no. 2, pp. 43–48, 2017.
- [10] R. A. Duyo, “Analisis Penyebab Gangguan Jaringan Pada Distribusi Listrik Menggunakan Metode Fault Tree Aalysis DI PT . PLN (PERSERO) Rayon Daya Makassar,” *J. Vertex Elektro*, vol. 12, no. 02, p. 4, 2020.