

Sistem Pengaturan Proteksi Pada Jaringan Tegangan Menengah 20 KV Menggunakan Arduino Mega 2560 dan SCADA

M. Adi Gumelar B¹, Risfendra²,

^{1,2}Universita Negeri Padang

Jl. Prof. Dr. Hamka Air Tawar, Padang

C9adibagas@gmail.com¹, risfendra@ft.unp.ac.id²

Abstract— *Distribution network protection installed on the recloser is a system that can protect equipment on the electric power system network in the event of permanent or temporary disturbances. To determine the type of disturbance, proper coordination of protection and recloser is needed. Monitoring the reliability of protection and recloser on the distribution network can be done via SCADA via remote use of the Human Machine Interface (HMI). In studying protection, a protection device simulation is used using Arduino Mega 2560 which is programmed by developing the C language and the output is adjusted to the state of the type of disturbance that will be simulated.*

Keywords— *Disturbance, Protection, Recloser, Coordination, SCADA.*

Abstrak— Proteksi jaringan distribusi yang terpasang pada recloser merupakan sistem yang dapat melindungi peralatan pada jaringan sistem tenaga listrik saat terjadi gangguan permanen atau temporer. Untuk menentukan jenis gangguan diperlukan koordinasi proteksi dan recloser yang tepat. Monitoring kehandalan proteksi dan recloser pada jaringan distribusi dapat dilakukan melalui SCADA lewat jarak jauh menggunakan Human Machine Interface (HMI). Dalam mempelajari proteksi digunakan simulasi alat proteksi menggunakan Arduino Mega 2560 yang diprogram dengan mengembangkan bahasa C dan output di sesuaikan dengan keadaan jenis gangguan seperti yang akan disimulasikan.

Kata kunci— *Gangguan, Proteksi, Recloser, Koordinasi, SCADA.*

I. PENDAHULUAN

Proteksi distribusi merupakan perlindungan terpasang di sistem distribusi tenaga listrik, bertujuan untuk mencegah atau membatasi kerusakan pada jaringan dan peralatannya serta untuk keselamatan umum[1], Proteksi digunakan untuk melindungi alat dari gangguan permanen dan temporer. Gangguan yang bersifat permanen dapat disebabkan oleh kerusakan peralatan, sehingga gangguan ini baru hilang setelah kerusakan ini diperbaiki atau karena ada sesuatu yang mengganggu secara permanen, sedangkan gangguan temporer merupakan gangguan yang terjadi dalam waktu singkat di mana kemudian sistem kembali dalam keadaan normal. [2]

Untuk keandalan dan keamanan jaringan digunakanlah koordinasi proteksi dan *recloser*. peralatan proteksi tersebut akan mengamankan sistem dari gangguan permanen sedangkan *Recloser* berguna untuk menghilangkan gangguan temporer atau sementara.

Untuk jenis gangguan permanen proteksi yang digunakan pada jaringan berupa Proteksi relai arus lebih yang digunakan di PMT dan *recloser*. Relai arus lebih atau yang lebih dikenal dengan OCR (*Over Current Relai*) merupakan peralatan yang mensinyalir adanya arus lebih,

yang disebabkan oleh adanya gangguan hubung singkat atau *overload* yang dapat merusak peralatan.

Pada gangguan temporer dapat dipasang di *recloser* atau pemutus balik otomatis (PBO), *recloser* adalah pemutus yang memiliki kelengkapan berupa alat-alat kontrol dan relai penutup balik yang digunakan untuk menyensor arus gangguan dan memberikan perintah kepada pemutus untuk membuka dan menutup kembali[3]. PBO merupakan salah satu peralatan pengaman SUTM 20 kV yang berfungsi untuk mengantisipasi gangguan sesaat sehingga pemadaman tidak meluas sehingga kontinuitas penyaluran tenaga listrik dapat berjalan baik[4]. Kinerja *recloser* dan Proteksi tentu akan lebih maksimal jika diterapkan menggunakan SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*). SCADA adalah suatu sistem yang dapat melakukan pengawasan, pengendalian dan akuisisi data terhadap suatu plant [5].

Pada beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, yaitu yang pertama dengan judul "Implementasi SCADA untuk *Monitoring* dan *Controlling* serta Koordinasi Sistem Proteksi Gardu Induk Sistem 1,5 breaker pada Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi Berbasis Arduino Mega 2560 dengan Tampilan HMI"[6]. Pada penelitian tersebut membuat sebuah alat simulasi sistem yang dapat memperlihatkan keandalan proteksi pada Gardu Induk. Yang kedua dengan judul "Implementasi

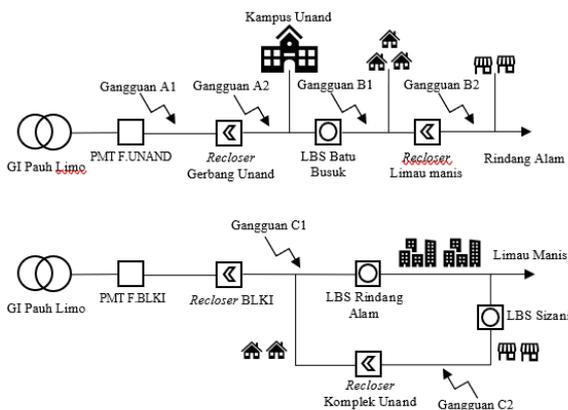
SCADA Untuk *Monitoring* Koordinasi PMT Dengan *Recloser* Sebagai Proteksi Pada Jaringan 3 Fasa Berbasis Arduino Mega 2560” [7]. Di mana pada penelitian ini menggunakan *software* VT SCADA untuk melakukan *monitoring* dari kerja PMT dan *Recloser* pada Jaringan.

Dari kedua penelitian diatas proses berjalannya koordinasi proteksi pada sistem jaringan tenaga listrik dapat dilakukan dengan beberapa metode, maka dari itu penulis membuat pengembangan sistem untuk mempelajari cara kerja koordinasi proteksi pada PMT dan recloser pada jaringan tegangan menengah 20kV

Untuk dapat mempelajari hasil kinerja kordinasi proteksi dan recloser, menggunakan SCADA serta sulitnya pembelajaran langsung di lapangan dikarenakan kondisi gangguan merupakan kondisi yang tidak pasti, maka dibuatlah simulasi alat SCADA proteksi dengan menggunakan sebuah perangkat lunak tampilan sederhana dari aplikasi VTSCADA. VTSCADA digunakan karena aplikasi tersebut mudah di operasikan dan memiliki banyak fitur SCADA lainnya seperti data login dan histroy event. Arduino Mega 2560 dapat digunakan sebagai alat simulasi proteksi jaringan dengan relai sebagai Recloser pada jaringan dan menggunakan sensor ACS712 sebagai pembaca arus, Pada saat terjadi gangguan, ACS712 akan mulai membaca perubahan arus yang akan diolah oleh Arduino Mega 2560, sehingga dapat menentukan jenis gangguan temporer atau permanen dan output proteksi yang bekerja untuk relai.

II. METODE

Perancangan alat merupakan proses perencanaan sebelum melakukan pembuatan alat, ini merupakan serangkaian kegiatan yang dilakukan berdasarkan rancangan yang di buat sehingga alat yang di buat dapat berfungsi menurut semestinya. Pada pembuatan proyek akhir ini, tahapan pertama yang harus disiapkan adalah perancangan baik perangkat keras . Alat Sistem Pengaturan Proteksi Pada Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Menggunakan arduino mega 2560 dirancang berdasarkan single line seperti pada gambar 1.

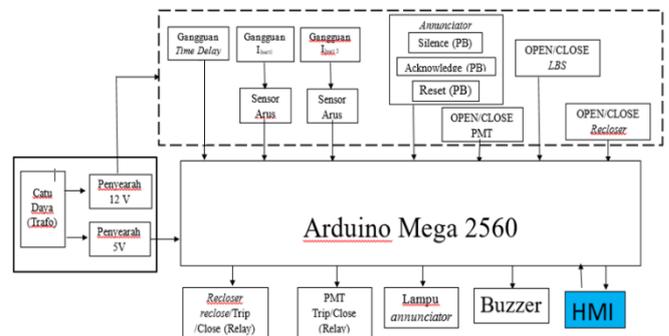


Gambar 1. Single Line Diagram Dua Feeder

Pada Perencanaan alat simulasi, dibagi menjadi 2 Feeder, Feeder Unand dan Feeder BLKI. Dipasang 3 buah jenis gangguan pada 6 titik gangguan, 2 titik gangguan terletak di dekat recloser Gerbang Unand, 2 titik gangguan terletak di dekat recloser Limau Manis dan 2 titik gangguan terletak di dekat recloser Komplek Unand, recloser terpasang sensor arus yang berkerja mendeteksi jenis gangguan.

Blok Diagram

Blok diagram merupakan gambaran atau rancangan sederhana yang saling berkaitan dan memiliki fungsi masing-masing. Tujuannya untuk mempermudah perancangan yang sesuai dengan prinsip kerja pada perangkat, seperti pada gambar 2 blok diagram.



Gambar 2. Blok Diagram

Berikut penjelasan blok diagram

1. Arduino berfungsi sebagai proses pengolahan data masukan maupun keluaran dan pengiriman data ke SCADA berupa pengaturan hidup matinya relai yang diterima dari sensor arus.
2. Sensor arus akan digunakan sebagai pengukuran saat beban Normal maupun saat terjadi gangguan, sensor arus mendeteksi arus secara kontinuitas
3. Relai digunakan sebagai pemisalan dari *Recloser* yang ada pada lapangan sesungguhnya, digunakan untuk memutus atau menghubungkan rangkaian beban
4. *Buzzer* Digunakan sebagai suara notifikasi telah terjadinya gangguan pada alat simulasi.
5. Catu daya digunakan sebagai tenaga untuk menghidupkan semua rangkaian perlatan, catu daya digunakan untuk menghidupkan Arduino Mega 2560, dan catu daya 5V digunakan untuk menghidupkan modul relai dan Sensor ACS 712
6. Lampu *annunciator* sebagai tanda pemberitahuan kerja alat.
7. Tombol digunakan sebagai alat masukan untuk menghidupkan relai maupun penormalan alat

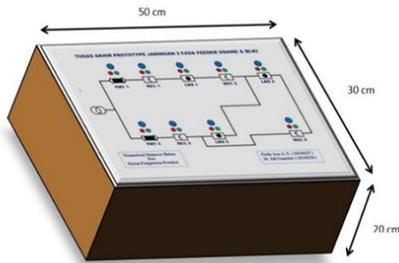
Rangkaian Keseluruhan Alat

Rangkaian keseluruhan alat adalah rangkaian elektronika penuh yang saling terhubung satu sama lain

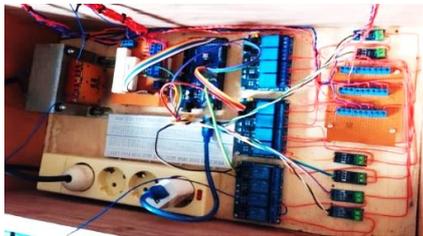
mulai dari Sensor Arus ACS712, Modul Relai 12VDC, Arduino Mega 2560, Rangkaian Beban dan Rangkaian Gangguan pada perangkat keras

1. Desain Alat

Bagian penyusun mekanik ini terbuat dari papan tripleks dengan tebal 5cm. Desain alat ini berbentuk balok dengan panjang 50 cm, lebar 30 cm, dan tinggi 20cm. Berikut adalah desain alat secara keseluruhan dan tampak atas



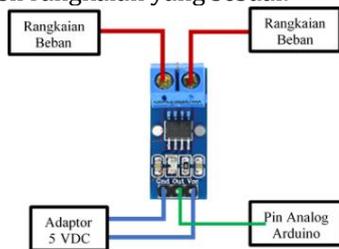
Gambar 2. Desain casing simulasi Alat



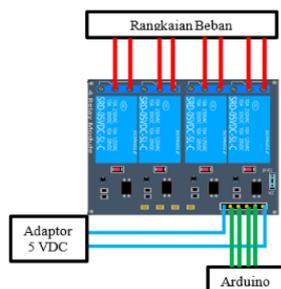
Gambar 3. Rangkaian Keseluruhan pada Alat Simulasi

2. Perancangan Rangkaian Elektronika

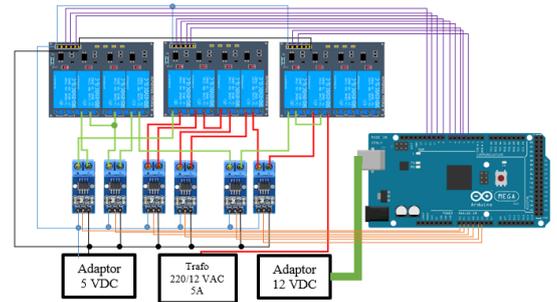
Pada perancangan perangkat keras rangkaian elektronika ini sangat perlu diperhatikan untuk mendapat hasil rangkaian yang sesuai.



Gambar 4. Rangkaian Sensor Arus



Gambar 5. Rangkaian Modul Relai

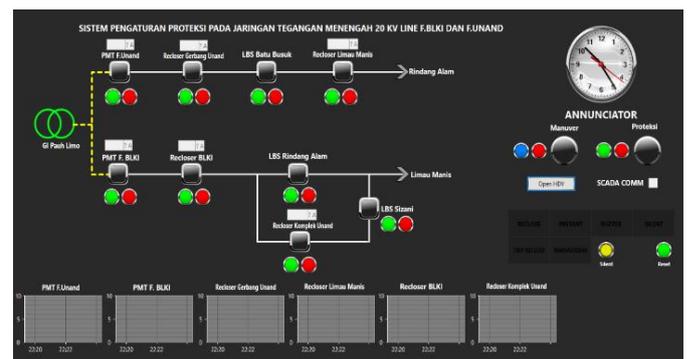


Gambar 6. Rangkaian keseluruhan alat

Aplikasi VT SCADA

VT Scada merupakan salah satu aplikasi virtual scada, VT Scada dapat digunakan untuk keperluan industri, software ini menyediakan layar anatarmuka yang dapat mengontrol peralatan lewat komputer. Termasuk dapat mengoperasikan katup-katup pipa dan motor atau menampilkan suhu ada level ketinggian air di melalui layar. VT Scada dapat berkomunikasi lewat RTU (Remote Telemetry Unit) dan Programmable Logic Control (PLC) untuk mengontrol perangkat keras dan informasi. VT Scada dibuat dengan ribuan Input atau Output dalam 1 server (maks 50 I atau O untuk versi light).

Pembuatan program untuk VT Scada memerlukan beberapa perangkat untuk mengirim program dari modul Arduino ke PC Scada. Perangkat yang dibutuhkan yaitu Ethernet Shield yang berfungsi menjadikan Arduino sebagai Open Modbus TCP/IP. Selanjutnya untuk komunikasi antara Arduino dan PC Scada menggunakan router melalui jaringan LAN (Local Area Network). Berikut gambar 7 merupakan hasil akhir desain alat pada aplikasi VT Scada.

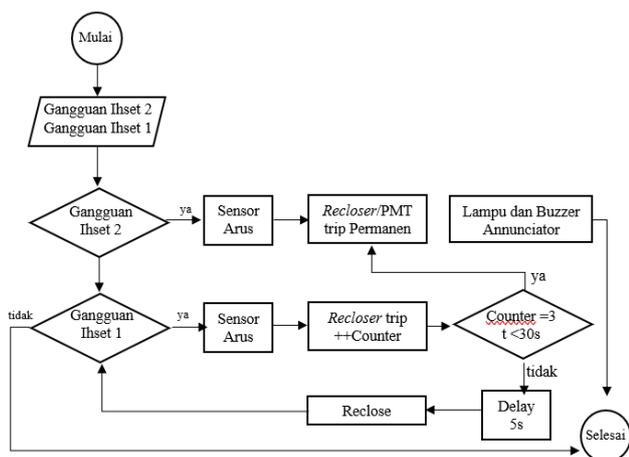


Gambar 7. Rangkaian Keseluruhan pada Alat Simulasi

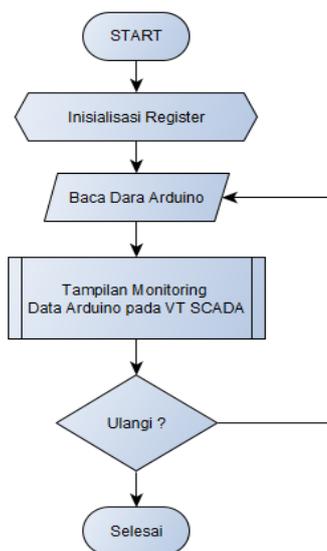
Diagram Alir (Flowchart)

Diagram alir merupakan logika atau urutan instruksi program dalam suatu diagram. Diagram alir dapat menunjukkan secara jelas arus pengendalian algoritma, yaitu bagaimana rangkaian pelaksanaan kegiatan. Adapun

tujuan dari pembuatan diagram alur adalah untuk menggambarkan suatu tahapan penyelesaian masalah secara sederhana, terurai, rapi dan jelas. Diagram alir pada Tugas Akhir ini dibagi menjadi 2 yaitu diagram alir alat simulasi pada gambar 8 dan diagram alir sistem VT SCADA pada gambar 9.



Gambar 8. Flowchart Alat



Gambar 9. Flowchart SCADA

Cara kerja alat ini yaitu dengan mendeteksi arus yang mengalir pada jaringan yang ditangkap oleh sensor arus ACS712, saat arus melebihi dari batas maksimal arduino akan mengolah data gangguan tersebut dan akan menentukan apakah arus masuk ke dalam IhSet 1 (gangguan Temporer) atau Ihset2 (gangguan permanen) jika terjadi gangguan permanen maka arduino akan memerintahkan relai untuk langsung trip, jika ternyata masuk dalam gangguan temporer maka arduino akan memerintah relai untuk trip-*reclose* selama 5 detik, jika

terjadi gangguan temporer selama lebih dari 3 kali dalam 1 periode 30 detik maka akan menjadi trip permanen.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah proses perancangan dan pembuatan alat selesai, maka dilakukan pengukuran dan percobaan. Langkah pertama dalam pengukuran dan percobaan alat adalah menyiapkan seluruh peralatan yang dibutuhkan untuk pengukuran dan percobaan. Supaya mendapatkan data yang benar dan lengkap, maka dibutuhkan ketelitian dan pengukuran yang berulang-ulang.

Tujuan percobaan ini adalah untuk membuktikan apakah sistem yang diimplementasikan telah memenuhi spesifikasi yang telah direncanakan sebelumnya. Data yang diperoleh dari percobaan dapat memberikan informasi yang cukup untuk keperluan penyempurnaan sistem. Pengujian pada tabel 1 dilakukan terhadap sensor acs712 dengan mengukur keluaran dari sensor dengan tang amper

Tabel 1. Data pengukuran Tang Ampere dan sensor arus

No	Beban	Letak Sensor	Arus Tang Ampere	ACS 712	Selisih
1	7 Lampu	PMT F. UNAND	2,9 A	2,8 A	0,1 A
2	7 Lampu	PMT F. BLKI	2,9 A	2,7 A	0,2 A
3	4 Lampu	PMT F. UNAND	2,0 A	1,8 A	0,2 A
4	4 Lampu	PMT F. BLKI	2,0 A	1,7 A	0,3 A
5	3 Lampu	REC G. UNAND	1,2 A	1,2 A	0 A
6	5 Lampu	REC BLKI	2,4 A	2,1 A	0,3 A
7	4 Lampu	REC KOMP. UNAND	1,7 A	1,6 A	0,1 A
8	4 Lampu	REC LIMA MANIS	2,0 A	1,7 A	0,3 A

Pada rangkaian beban digunakan tegangan 12VAC, beban yang digunakan adalah lampu pijar 12V 0,5A yang dipasang secara paralel dan diletakkan sedemikian rupa sehingga tiap-tiap penyulang dan jarak penyulang memiliki besar arus beban yang berbeda, terlihat seperti pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Pengukuran Arus rangkaian beban

No	Keypoint	Arus	Lampu	Status
1	PMT F.Unand	1.3 A	3 bh	NC
2	Rec Gerbang Unand	1.3 A	3 bh	NC
3	Rec Limau Manis	0 A	0 bh	NO
4	PMT F.BLKI	1.8 A	4 bh	NC
5	Rec BLKI	1.8 A	4 bh	NC
6	Rec Komplek Unand	0.4 A	1 bh	NC

Setelah dilakukan pengujian pada nilai arus rangkaian beban, ditentukanlah nilai jenis gangguan temporer dan permanen, pengaturan dilakukan dengan menentukan nilai In pada Trafo yang digunakan pada alat adalah sebesar 5A, maka nilai pengaturan proteksi pada alat yaitu IhSet1 (temporer) = 1.0 – 1.4 In sebesar 5-7A dengan waktu trip definite 3 detik, dan IhSet2 (permanen) = > 1.4 In dengan nilai >7A akan dianggap arus gangguan permanen dengan

waktu trip instant 1 detik, di mana pengaturan waktu proteksi tertera pada tabel 3 sebagai berikut

Tabel 3. Jenis Pengaturan Proteksi

No	Ih Set	Jenis Waktu	Counter	Jenis Gangguan
1	1 (1,0-1,4 In)	Definite (3s)	3x	Temporer
2	2 (> 1,4 In)	Instant (1s)	-	Permanen

Lalu dilakukan pengujian besar nilai arus gangguan pada titik gangguan dalam rangkaian beban dalam keadaan normal, ini digunakan untuk menentukan jenis gangguan termasuk dalam permanen atau temporer, tabel besar arus gangguan dapat dilihat pada tabel 4 di bawah sebagai berikut,

Tabel 4. Hasil Pengukuran Besar Arus Gangguan

No	Titik gangguan	Besar Arus Gangguan	Relai Trip	Jenis Gangguan
1	A1	6.79 A	PMT F.Unand	Permanen
2	A2	9,84 A	Rec Gerbang Unand	Permanen
3	B1	9,84 A	Rec Limau Manis	Permanen
4	B2	9.03	Rec BLKI	Permanen
5	C1	9,84 A	Rec BLKI	Permanen
6	C2	7,1 A	Rec. Komplek Unand	Permanen
7	A2	6,46 A	Rec Gerbang Unand	Temporer
8	B1	6,38 A	Rec Limau Manis	Temporer
9	B2	6,87 A	Rec BLKI	Temporer
10	C1	6,87 A	Rec BLKI	Temporer
11	C2	5.86 A	Rec. Komplek Unand	Temporer

Pada tabel 4 diatas terlihat saat arus menyentuh nilai setting diatas 7A maka relai akan melakukan trip Permanen karena memasuki nilai setting > 7A, tetapi khusus untuk PMT titik A1 akan melakukan trip permanen untuk semua jenis gangguan. Kemudian ketika nilai arus gangguan berada di antara 5A-7A maka relai akan menganggap sebagai gangguan temporer karena masuk ke dalam setting arus temporer yaitu 5A-7A. Kemudian kita lakukan dengan pengujian temporer beberapa kali agar counter terhitung.

Tabel 5. Gangguan titik A2 Recloser Gerbang Unand

No	Arus Gangguan	Trip-Reclose	Counter	Jenis Gangguan	periode Gangguan
1	6,54 A	5 detik	1	Temporer	<30 Detik
2	6,29 A	5 Detik	2	Temporer	<30 Detik
3	6,1 A	5 Detik	3	Temporer	<30 Detik
4	6,3 A	Instant	4	Permanen	<30 Detik
5	9,84 A	Instant	-	Permanen	-

Pada Tabel 5 terlihat saat dilakukan pengujian dengan arus gangguan temporer pada recloser gerbang unand maka akan terjadi reclose dalam kurun waktu 5 detik, setelah diberikan gangguan temporer lebih dari 3x dalam kurun 30 detik maka akan dianggap sebagai gangguan permanen, lalu dilakukan pengujian kembali dengan memberikan

gangguan permanen langsung yang kemudian terjadi trip instant dan tidak terjadi reclose.

Tabel 6. Titik Gangguan B1 Recloser Gerbang Unand

No	Arus Gangguan	Trip-Reclose	Counter	Jenis Gangguan	periode Gangguan
1	6,4 A	5 detik	1	Temporer	<30 Detik
2	6,34 A	5 Detik	2	Temporer	<30 Detik
3	6,6 A	5 Detik	3	Temporer	<30 Detik
4	6,5 A	Instant	4	Permanen	<30 Detik
5	9,84 A	Instant	-	Permanen	-

Dari hasil pengujian titik gangguan B1 maka proteksi yang akan dikerjakan adalah seperti pada tabel 6 diatas, dengan counter, waktu trip-reclose dan status relai seperti diatas.

Tabel 7. Titik Gangguan B2 Recloser BLKI

No	Arus Gangguan	Trip-Reclose	Counter	Jenis Gangguan	periode Gangguan
1	6,87 A	5 detik	1	Temporer	<30 Detik
2	6,7 A	5 Detik	2	Temporer	<30 Detik
3	6,5 A	5 Detik	3	Temporer	<30 Detik
4	6,7 A	Instant	4	Permanen	<30 Detik
5	9,2 A	Instant	-	Permanen	-

Dari hasil pengujian titik gangguan B2 maka proteksi yang akan dikerjakan adalah seperti pada tabel 7 diatas, dengan counter, waktu trip-reclose dan status relai seperti diatas.

Tabel 8. Titik Gangguan C1 Recloser BLKI

No	Arus Gangguan	Trip-Reclose	Counter	Jenis Gangguan	periode Gangguan
1	6,77 A	5 detik	1	Temporer	<30 Detik
2	6,87 A	5 Detik	2	Temporer	<30 Detik
3	6,2 A	5 Detik	3	Temporer	<30 Detik
4	6,5 A	Instant	4	Permanen	<30 Detik
5	8,91 A	Instant	-	Permanen	-

Dari hasil pengujian titik gangguan C1 maka proteksi yang akan dikerjakan adalah seperti pada tabel 8 diatas, dengan counter, waktu trip-reclose dan status relai seperti diatas.

Tabel 9. Titik Gangguan C2 Recloser Komplek Unand

No	Arus Gangguan	Trip-Reclose	Counter	Jenis Gangguan	periode Gangguan
1	5,65 A	5 detik	1	Temporer	<30 Detik
2	5,44 A	5 Detik	2	Temporer	<30 Detik
3	5,86 A	5 Detik	3	Temporer	<30 Detik
4	5,82 A	Instant	4	Permanen	<30 Detik
4	7,1 A	Instant	-	Permanen	-

Dari hasil pengujian titik gangguan C2 maka proteksi yang akan dikerjakan adalah seperti pada tabel 9 diatas, dengan counter, waktu trip-reclose dan status relai seperti diatas.

IV. PENUTUP

Berdasarkan hasil pengujian, pengukuran, dan analisa rangkaian dan program pada perancangan alat simulasi proteksi jaringan tegangan menengah 20kV dan SCADA maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem proteksi jaringan pada alat recloser dapat bekerja secara baik dengan mematikan daerah terjadinya gangguan secara tepat
2. Koordinasi Proteksi dan Recloser di setiap penyulang dapat dilakukan dengan karakteristik temporer dan permanen dimana recloser tidak saling trip saat terjadi gangguan, jika arus gangguan berada pada I_{hSet1} (1-1,4 In) maka relai akan trip-reclose bekerja dalam rentan waktu 5 Detik, jika I_{hSet2} ($>1,4$ In) maka relai akan trip permanen secara instant
3. Besar Arus Gangguan dan terjadinya gangguan dapat di monitor jarak jauh melalui aplikasi VT SCADA.
4. Dalam melakukan setting batas arus gangguan diperlukan data beban penuh yang terpasang di seluruh jaringan yang akan dibuat setting proteksinya
5. Pendeteksian Arus ACS712 mendekati dengan alat ukur multimeter, terdapat selisih pembacaan 0 % - 15 % dengan tang ampere dikarenakan tegangan yang kurang stabil

REFERENSI

- [1] Sarimun, *Sistem Proteksi Distribusi Listrik*, Bekasi, Indonesia: Garamond, 2012.
- [2] Agusthinus S.Sampealo, *Analisa gangguan hubung singkat pada jaringan pemakaian sendiri PLTU BOLOK PT.SMSE Unit 3 dan 4 Menggunakan Software ETAP*, Jurnal Teknik Elektro, Fakultas Sains Dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, 2019,2
- [3] Sulasno. *Teknik dan Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Semarang: BP UNDIP, 2012.
- [4] Affandi, I. *Analisa Setting Arus Lebih dan Relai Gangguan Taha pada penyulang sadewa di GI Cawang. Skripsi*. Universitas Indonesia. Depok, 2009
- [5] Smith, A. H. *Security for Critical Infrastructure SCADA Systems*. Bethesda: Sans Institue, 2005.

- [6] M. A. Gumelar B, *Implementasi SCADA untuk Monitoring dan Controlling serta Koordinasi Sistem Proteksi Gardu Induk Sistem 1,5 breaker pada Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi Berbasis Arduino Mega 2560 dengan Tampilan HMI*, Semarang, Indonesia: Universitas Diponegoro, 2017.
- [7] Kurniawan, M. R., *Implementasi Scada Untuk Monitoring Koordinasi Pmt Dengan Recloser Sebagai Proteksi Pada Jaringan 3 Fasa Berbasis Arduino Mega 2560*, Semarang, Indonesia: Universitas Diponegoro, 2017.
- [8] Anonimous. Arduino & Genuino Products. Arduino MEGA 2560 & Genuino MEGA2560. Available : <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560>.
- [9] Anonimous. Datasheet ACS712. Available : <https://www.allegromicro.com/~media/files/datasheets/cs712-datasheet.ash>.
- [10] Anonimous. Datasheet ULN2803. Available : www.ti.com/lit/ds/symlink/uln2803.pdf.
- [11] Anonimous. Hall Effect Sensor. Available : <http://electronics-tutorials.ws/electromagnetism/hall-effect/html>.
- [12] Anonimous. SRD-12-VDC Sngle Relay. Available : <http://alibaba.com/product/SRD-12VDC-SL-C-Sngle-relay.html>

Biodata Penulis

M. Adi Gumelar B, lahir di Bengkulu, 30 Juli 1996. Menyelesaikan studi DIV Teknik Elektro Industri pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

Risfendra, S.Pd, M.T, Ph.D, lahir di Riau, 13 Februari 1979. Sarjana Teknik Elektronika di Universitas Negeri Padang, lulus tahun 2004, S2 Teknik Sistem Pengaturan, ITS tahun 2008. S3 *Shouten Taiwan University, of science and technology*, Taiwan tahun 2017. Staf pengajar pada Jurusan Teknik Elektro FT UNP sejak tahun 2005 –sekarang.