

Otomatisasi Manuver Beban Pada Jaringan Tegangan Menengah 20 Kv Menggunakan Arduino Mega 2560 Dan Scada

Firda Ayu Atma Novita¹ dan Risfendra²

¹PT. PLN (Persero) ULP Sicincin

Jl. Raya Padang-Bukittinggi km 46, Padang Pariaman, 50175, Indonesia

²Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Jl. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Padang, 35132, Indonesia

Firdavit10@gmail.com¹, risfendra@ft.unp.ac.id²

Abstract— *The distribution network maneuver when work is carried out or when there is a disturbance is in the area before the recloser, then the load after the recloser must be delegated so that it does not go out. The operation of several switching equipment in the form of relays on the network, can use SCADA or remotely such as LBS, recloser and PMT and can be locally. Operations using SCADA are carried out through the Human Machine Interface (HMI) which contains a single line diagram of the area. This simulation is controlled using an arduino mega 2560 which is programmed by developing the C language and the output is adjusted to the field conditions as to be simulated.*

Keywords— *Load Break Switch (LBS), Maneuver distribution network, PMT, Recloser, SCADA.*

Abstrak— Manuver jaringan distribusi saat dilakukan pekerjaan maupun terjadi gangguan berada di wilayah sebelum recloser, maka beban setelah recloser harus dilimpahkan agar tidak padam. Pengoperasian beberapa peralatan switching berupa relay pada jaringan, dapat menggunakan SCADA atau secara jarak jauh seperti LBS, recloser dan PMT dan dapat secara local. Pengoperasian menggunakan SCADA ini dilakukan melalui Human Machine Interface (HMI) yang terdapat single line diagram wilayah tersebut. Simulasi ini dikontrol menggunakan arduino mega 2560 yang diprogram dengan mengembangkan bahasa C dan output disesuaikan dengan keadaan lapangan seperti yang akan disimulasikan.

Kata kunci— *Load Break Switch (LBS), Manuver jaringan distribusi, PMT, Recloser, SCADA.*

I. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik di Indonesia terdiri dari beberapa sub sistem, yaitu pembangkit, transmisi, dan distribusi. Pada sistem distribusi, tenaga listrik disalurkan dari gardu induk atau pusat beban ke konsumen melalui Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 kV dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR) 220 atau 380 V. Pada Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 kV inilah yang kemudian disebut dengan Distribusi Primer. Sedangkan pada Jaringan Tegangan Rendah (JTR) 220 atau 380 V yang kemudian disebut dengan Distribusi Sekunder. [1]

Dalam sistem distribusi tenaga listrik ke pelanggan sering terjadi gangguan seperti gangguan karena petir atau gangguan yang diakibatkan pepohonan dan binatang yang menyebabkan terjadinya gangguan yang dapat bersifat temporer maupun permanen pada instalasi pelanggan. Untuk menjaga keandalan distribusi tenaga listrik dan mengurangi kerugian akibat gangguan, maka dilakukan manuver jaringan sebagai upaya mengurangi daerah padam akibat gangguan.

Manuver atau Manipulasi jaringan adalah serangkaian kegiatan membuat modifikasi terhadap operasi normal dari

jaringan akibat adanya gangguan atau pekerjaan jaringan sehingga tetap tercapainya kondisi penyaluran tenaga listrik yang maksimal atau dengan kata lain yang lebih sederhana adalah mengurangi daerah pemadaman. [2]

Dalam melakukan pekerjaan manuver jaringan masih dilakukan secara manual di lokasi oleh petugas lapangan maupun secara manual jarak jauh oleh petugas dispatcher. Pada saat jaringan tegangan menengah mengalami gangguan, dispatcher tidak mengetahui lokasi gangguan secara akurat dan untuk mengetahui lokasi gangguan membutuhkan waktu yang relatif lama untuk melakukan manuver dan penormalan sistem. [3]

Pada beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, yaitu yang pertama dengan judul "Proses Manuver Jaringan Distribusi Dengan Pelimpahan Beban Feeder Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 Kv Berbasis Arduino Mega 2560" [4]. Pada penelitian tersebut membuat sebuah prototype atau alat simulasi sistem yang dapat memperlihatkan proses manuver jaringan di PT. PLN (Persero) dengan metode pelimpahan beban dari satu feeder ke feeder lain. Yang kedua dengan judul "Implementasi SCADA Untuk Monitoring Koordinasi PMT Dengan Recloser Sebagai Proteksi Pada Jaringan 3 Fasa Berbasis Arduino Mega 2560" [5]. Dimana pada penelitian

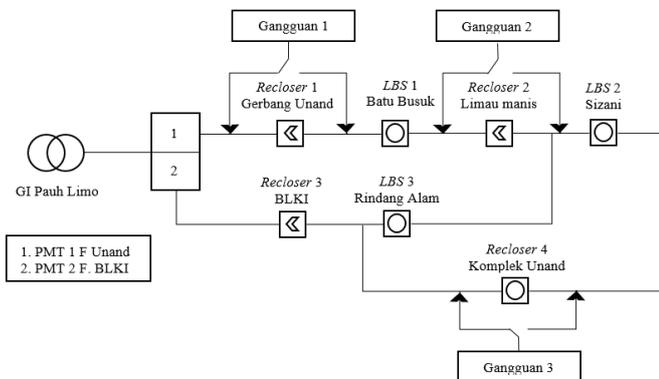
ini menggunakan software VT SCADA untuk melakukan monitoring dari kerja PMT dan Recloser pada Jaringan.

Dari kedua penelitian diatas proses manuver pelimpahan beban dan koordinai PMT dengan Recloser dapat dilakukan dengan beberapa metode. Maka dari itu penulis membuat pengembangan sistem untuk mempercepat proses manuver jaringan akibat gangguan dengan menerapkan monitoring jarak jauh terhadap titik gangguan dan melakukan manuver yang berjalan secara otomatis dalam memisahkan daerah yang mengalami gangguan dengan daerah yang aman dari gangguan.

Untuk mempermudah dalam merencanakan sistem manuver jaringan otomatis yang terpantau jarak jauh diperlukan adanya prototype atau alat simulasi yang dapat menggambarkan jaringan distribusi tertutup atau looping untuk menerapkan manuver jaringan otomatis dan monitoring titik gangguan dan proses manuver secara otomatis dengan sistem SCADA. Dengan berkembangnya teknologi mikroprosesor, alat simulasi sistem manuver jaringan otomatis dapat dibuat dengan menggunakan Arduino Mega 2560 sebagai pusat pengendali yang memproses input, output, komunikasi data, dan menjalankan sistem secara keseluruhan. Dan untuk memonitoring titik gangguan dari jarak jauh dapat digunakan Software VT SCADA.

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 untuk perangkat keras (hardware) maupun perangkat lunak (software). alat otomatisasi manuver beban pada jaringan tegangan menengah 20kV menggunakan arduino mega 2560 dan SCADA dirancang berdasarkan single line alat simulasi seperti pada gambar 1.



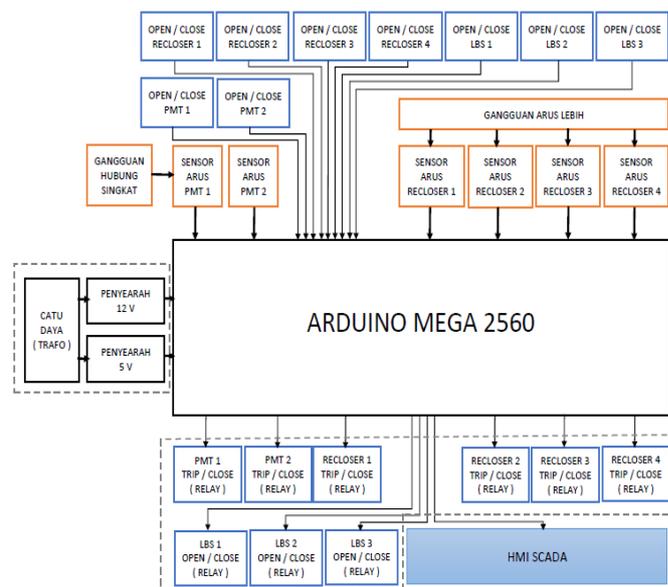
Gambar 1. Single Line Diagram Dua Feeder

Pada Perencanaan alat simulasi di atas, dibagi menjadi 2 Feeder, Feeder Unand dan Feeder BLKI. Dipasang 3 buah

jenis gangguan pada 6 titik gangguan, 2 titik gangguan terletak didekat recloser Gerbang Unand, 2 titik gangguan terletak didekat recloser Limau Manis dan 2 titik gangguan terletak di dekat recloser Komplek Unand, recloser berkerja mendeteksi Gangguan, dan LBS berfungsi membatasi aliran arus dan manuver beban.

Blok Diagram

Blok diagram merupakan pendefinisian terhadap suatu sistem yang bersifat menyeluruh. Aturan didalam proses penganalisaan bahwa perlu dilakukan pendefinisian terhadap sistem yang dirancang secara menyeluruh, artinya harus ada gambaran secara jelas mengenai ruang lingkup pembahasan yaitu dengan menggunakan blok diagram. Gambar 2 merupakan diagram blok alat otomatisasi manuver beban pada jaringan tegangan menengah 20kV menggunakan arduino mega 2560 dan SCADA.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem Keseluruhan

Sumber tegangan dari alat simulasi ini didapat dari tegangan 220 V AC yang kemudian diturunkan menjadi 2 jenis sumber yaitu sumber tegangan 12 V AC dan sumber tegangan 5V DC. Sumber tegangan 12 V didapatkan dari sebuah trafo sedangkan sumber tegangan 5 V didapatkan dari adaptor catu daya. Arduino Mega 2560 memiliki fungsi sebagai berikut :

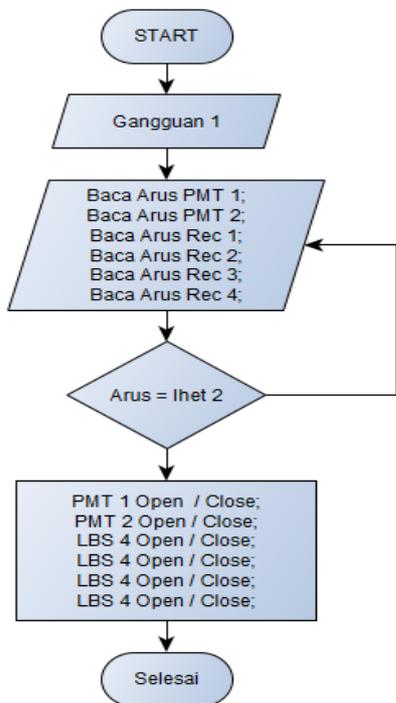
1. Bagian input gangguan merupakan sebuah pushbutton dan beberapa lampu yang digunakan untuk mewakili indikasi gangguan GFR atau OCR . Gangguan tersebut ditempatkan didekat Recloser Gerbang Unand. Recloser Limau Manis, dan Recloser Komplek Unand .Ketika gangguan diberikan maka sensor Arus akan memberi nilai ke Arduino, Arduino akan mendeteksi termasuk Ihset 1 untuk gangguan temporer

atau Ihset 2 untuk gangguan permanen dan mengaktifkan buzzer dan lamp indicator pada SCADA, jika masuk Ihset 1 maka recloser akan reclose dan jika masuk Ihset 2 maka akan langsung trip.

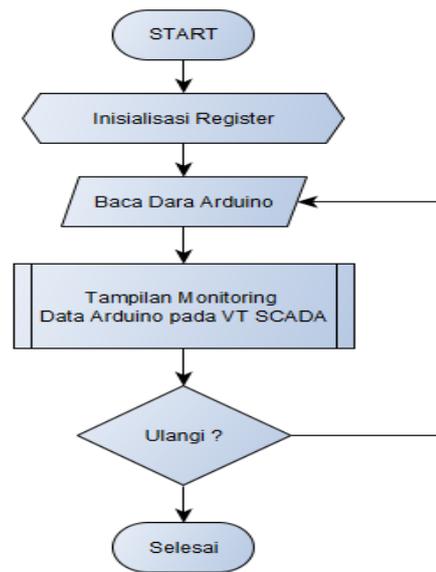
2. Kontrol Open dan Kontrol Close PMT yang berupa pushbutton dan relai 12V DPDT. Bagian ini mensimulasikan PMT pada kubikel sesungguhnya.
3. Kontrol Open dan Kontrol Close recloser yang berupa pushbutton dan relai 12V DPDT. Bagian ini mensimulasikan recloser pada jaringan sesungguhnya.
4. Blok HMI (Human Machine Interface), merupakan tampilan pada layar PC atau Laptop yang dibuat secara sederhana guna menampilkan miniatur dari HMI yang sebenarnya. HMI ini dibuat dengan beberapa perintah standar pada HMI, yaitu kontrol open PMT, kontrol close PMT, kontrol open recloser, kontrol close recloser, kontrol Open atau Close LBS, dan monitor arus.

Diagram Alir (Flowchart)

Diagram alir merupakan logika atau urutan intruksi program dalam suatu diagram. Diagram alur 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, teratur, rapi dan jelas. Diagram alir pada Tugas Akhir ini dibagi menjadi 2 yaitu diagram alir alat simulasi pada gambar 3 dan diagram alir sistem VT SCADA pada gambar 4.



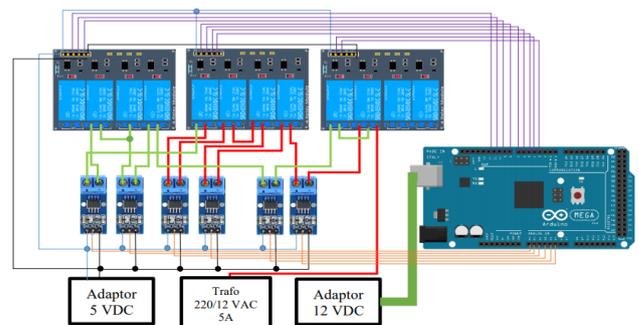
Gambar 3. Diagram Alir Alat Simulasi



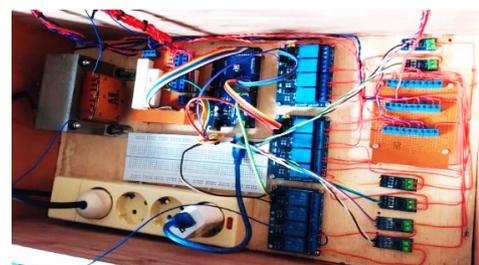
Gambar 4. Diagram Sistem VT Scada

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 atau hardware tugas akhir. Berikut Gambar 4 merupakan rangkaian keseluruhan dan pada Gambar 5 merupakan rangkaian keseluruhan pada Alat Tugas Akhir.

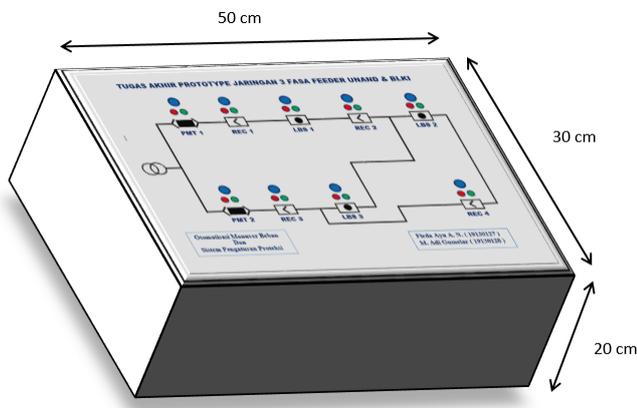


Gambar 4. Rangkaian Keseluruhan



Gambar 5. Rangkaian Keseluruhan pada Alat Tugas Akhir

Untuk desain tampilan alat secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 6.

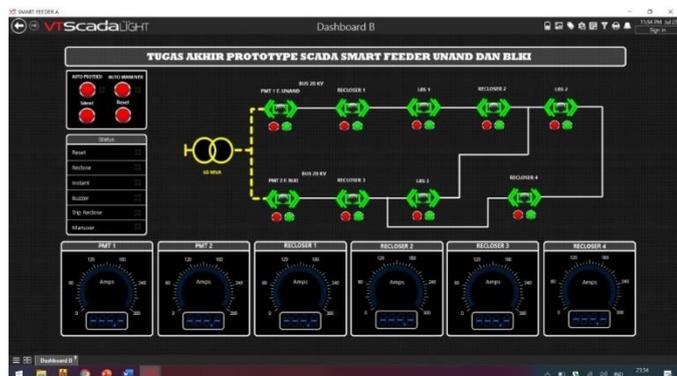


Gambar 6. Desain Tampilan Box Alat

Aplikasi VT Scada

VT Scada merupakan salah satu aplikasi virtual scada, VT Scada dapat digunakan untuk keperluan industri, software ini menyediakan layar antarmuka 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 3.30 merupakan hasil akhir desain alat pada aplikasi VT Scada.



Gambar 3. Diagram Alir Alat Simulasi

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 Arus Tang Ampere dan Sensor Arus

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

Pengujian Manuver Otomatis ini dilakukan dengan menghidupkan alat Tugas Akhir dan menyalakan rangkaian

beban secara menyeluruh. Sensor ACS172 akan melakukan pembacaan pada relay PMT dan Recloser. Dan rangkaian gangguan yang berjumlah 6 titik akan disambungkan bertahap sesuai dengan titik pengujian. 6 titik gangguan tersebut adalah Titik Gangguan A1, Titik Gangguan A2, Titik Gangguan B1, Titik Gangguan B2, Titik Gangguan C1 dan Titik Gangguan C2. Setelah menerima gangguan maka Arduino akan memerintahkan relay PMT, Recloser, atau LBS untuk melakukan manuver otomatis dan akan dimonitoring melalui software VT SCADA. berikut merupakan hasil pengujian berdasarkan titik gangguan yang disambungkan.

Pada tabel 3 dapat dilihat Sensor ACS172 yang mendeteksi adanya gangguan A1 adalah PMT 1 dengan ketentuan $I > 5A$ dan REC 1 dengan ketentuan $I < 5A$.

Tabel 3. Sensor ACS172 yang Mendeteksi Gangguan A1

No	Kondisi	Arus Gangguan	Waktu Trip	Arus PMT 1	Arus Rec 1
1	Normal	0 A	0	1,2 A	1,2 A
2	Gangguan	9,8 A	Instan	9,8 A	1,2 A
3	Manuver	0 A	0	0	0

Dari hasil pengukuran diatas maka manuver yang akan dikerjakan adalah seperti pada tabel 4 dengan status relay seperti berikut.

Tabel 4. Status Relay Gangguan A1

No	Status Peralatan	Kondisi Normal	Kondisi Gangguan	Kondisi Manuver
1	PMT 1	1	0	0
2	PMT 2	1	1	1
3	REC 1	1	1	1
4	REC 2	0	0	1
5	REC 3	1	1	1
6	REC 4	1	1	1
7	LBS 1	1	1	1
8	LBS 2	0	0	0
9	LBS 3	1	1	1

Pada tabel 5 dapat dilihat Sensor ACS172 yang mendeteksi adanya gangguan A2 adalah PMT 1 dengan ketentuan $I > 5A$ dan REC 1 dengan ketentuan $I > 5A$.

Tabel 5. Sensor ACS172 yang Mendeteksi Gangguan A2

No	Kondisi	Arus Gangguan	Waktu Trip	Arus PMT 1	Arus Rec 1
1	Normal	0 A	0	1,2 A	1,2 A
2	Gangguan	9,8 A	Instan	9,8 A	9,8 A
3	Manuver	0 A	0	0	0

Dari hasil pengukuran diatas maka manuver yang akan dikerjakan adalah seperti pada tabel 6 dengan status relay seperti berikut.

Tabel 6. Status Relay Gangguan A2

No	Status Peralatan	Kondisi Normal	Kondisi Gangguan	Kondisi Manuver
1	PMT 1	1	1	1
2	PMT 2	1	1	1
3	REC 1	1	0	0
4	REC 2	0	0	1
5	REC 3	1	1	1
6	REC 4	1	1	1
7	LBS 1	1	0	0
8	LBS 2	0	0	0
9	LBS 3	1	1	1

Pada tabel 7 dapat dilihat Sensor ACS172 yang mendeteksi adanya gangguan B1 adalah PMT 1 dengan ketentuan $I > 5A$, REC 1 dengan ketentuan $I > 5A$, Dan REC 2 dengan ketentuan $I > 5A$.

Tabel 7. Sensor ACS172 yang Mendeteksi Gangguan B1

No	Kondisi	Arus Gang - guan	Waktu Trip	Arus PMT 1	Arus Rec 1	Arus Rec 2
1	Normal	0 A	0	1,2 A	1,2 A	0,4 A
2	Gangguan	9,8 A	Instan	9,8 A	9,8 A	9,8 A
3	Manuver	0 A	0	1,2 A	1,2 A	0

Dari hasil pengukuran diatas maka manuver yang akan dikerjakan adalah seperti pada tabel 8 dengan status relay seperti berikut.

Tabel 8. Status Relay Gangguan B1

No	Status Peralatan	Kondisi Normal	Kondisi Gangguan	Kondisi Manuver
1	PMT 1	1	1	1
2	PMT 2	1	1	1
3	REC 1	1	0	1
4	REC 2	0	0	0
5	REC 3	1	1	1
6	REC 4	1	1	1
7	LBS 1	1	0	0
8	LBS 2	0	0	0
9	LBS 3	1	1	1

Pada tabel 9 dapat dilihat Sensor ACS172 yang mendeteksi adanya gangguan B2 adalah PMT 2 dengan ketentuan $I > 5A$, REC 2 dengan ketentuan $I > 5A$, REC 3 dengan ketentuan $I > 5A$, dan REC 4 dengan ketentuan $I < 5A$.

Tabel 9. Sensor ACS172 yang Mendeteksi Gangguan B2

No	Kondisi	Arus Gang-guan	Arus PMT 2	Arus Rec 2	Arus Rec 3	Arus Rec 4
1	Normal	0 A	1,8 A	0,4 A	1,8 A	0,4 A
2	Gangguan	9,8 A	9,8 A	9,8 A	9,8 A	0,4 A
3	Manuver	0 A	1,2 A	0	1,2 A	0,4 A

Dari hasil pengukuran diatas maka manuver yang akan dikerjakan adalah seperti pada tabel 10 dengan status relay seperti berikut.

Tabel 10. Status Relay Gangguan B2

No	Status Peralatan	Kondisi Normal	Kondisi Gangguan	Kondisi Manuver
1	PMT 1	1	1	1
2	PMT 2	1	1	1
3	REC 1	1	1	1
4	REC 2	0	0	0
5	REC 3	1	0	1
6	REC 4	1	0	1
7	LBS 1	1	1	1
8	LBS 2	0	0	0
9	LBS 3	1	0	0

Pada tabel 11 dapat dilihat Sensor ACS172 yang mendeteksi adanya gangguan C1 adalah PMT 2 dengan ketentuan $I > 5A$, REC 2 dengan ketentuan $I < 5A$, REC 3 dengan ketentuan $I > 5A$, dan REC 4 dengan ketentuan $I < 5A$.

Tabel 11. Sensor ACS172 yang Mendeteksi Gangguan C1

No	Kondisi	Arus Gang-guan	Arus PMT 2	Arus Rec 2	Arus Rec 3	Arus Rec 4
1	Normal	0 A	1,8 A	0,4 A	1,8 A	0,4 A
2	Gangguan	9,8 A	9,8 A	0,4 A	9,8 A	0,4 A
3	Manuver	0 A	2,4 A	0,8 A	0	0

Dari hasil pengukuran diatas maka manuver yang akan dikerjakan adalah seperti pada tabel 12 dengan status relay seperti berikut.

Tabel 12. Status Relay Gangguan C1

No	Status Peralatan	Kondisi Normal	Kondisi Gangguan	Kondisi Manuver
1	PMT 1	1	1	1
2	PMT 2	1	1	1
3	REC 1	1	1	1
4	REC 2	0	0	1
5	REC 3	1	0	0

6	REC 4	1	0	0
7	LBS 1	1	1	1
8	LBS 2	0	0	1
9	LBS 3	1	0	0

Pada tabel 13 dapat dilihat Sensor ACS172 yang mendeteksi adanya gangguan B1 adalah REC 3 dengan ketentuan $I > 5A$, Dan REC 4 dengan ketentuan $I > 5A$.

Tabel 13. Sensor ACS172 yang Mendeteksi Gangguan C2

No	Kondisi	Arus Gangguan	Waktu Trip	Arus Rec 3	Arus Rec 4
1	Normal	0 A	0	1,8 A	0,4 A
2	Gangguan	9,8 A	Instan	9,8 A	9,8 A
3	Manuver	0 A	0	1,2 A	0

Dari hasil pengukuran diatas maka manuver yang akan dikerjakan adalah seperti pada tabel 14 dengan status relay seperti berikut.

Tabel 14. Status Relay Gangguan C2

No	Status Peralatan	Kondisi Normal	Kondisi Gangguan	Kondisi Manuver
1	PMT 1	1	1	1
2	PMT 2	1	1	1
3	REC 1	1	1	1
4	REC 2	0	0	0
5	REC 3	1	1	1
6	REC 4	1	0	0
7	LBS 1	1	1	1
8	LBS 2	0	0	0
9	LBS 3	1	1	1

IV. PENUTUP

Berdasarkan perancangan, pengukuran, dan percobaan yang telah dilakukan pada Tugas Akhir otomatisasi manuver beban pada jaringan tegangan menengah 20kV menggunakan arduino mega 2560 dan SCADA, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Sistem manuver beban berupa koordinasi antara PMT, recloser dan LBS untuk memisahkan wilayah gangguan dengan wilayah yang aman dari gangguan dapat dilakukan secara otomatis.
2. Besar Arus Gangguan dan Manuver Beban Otomatis dapat di monitor jarak jauh melalui aplikasi VT SCADA.
3. Dalam melakukan manuver beban secara otomatis perlu dipastikan posisi titik gangguan dengan melakukan pembacaan dan koordinasi lebih dari satu sensor arus.

4. Dalam melakukan setting batas arus gangguan diperlukan data beban penuh yang terpasang di seluruh jaringan yang akan dibuat otomatisasi manuvernnya.
5. Pengukuran yang diharapkan dengan pengukuran langsung terdapat perbedaan 0 % - 15 % terhadap pembacaan ACS712 dengan Tang Ampere.
6. Manuver beban dapat dilakukan secara manual dengan menekan tombol push botton pada alat simulasi ataupun menekan tombol pada layar SCADA secara manual.

REFERENSI

- [1] Sarimun, *Sistem Proteksi Distribusi Listrik*, Bekasi, Indonesia: Garamond, 2012.
- [2] Rahman, F. F., *Simulasi Pelimpahan Beban Jaringan Distribusi 20 kV Penyulang KLS 01 PT PLN (Persero) Rayon Semarang Barat*. Semarang, Indonesia : Universitas Diponegoro, 2016.
- [3] Siswanto, F. I., *Prototype Implementasi Flisr (Fault Loctaion Isolation And Service Restoration) Dalam Manuver Jaringan Distribusi Tegangan Menengah Berbasis Arduino Mega 2560*. Semarang, Indonesia : Universitas Diponegoro, 2017.
- [4] Andana, R. J., *Proses Manuver Jaringan Distribusi Dengan Pelimpahan Beban Penyulang Jaringan Tegangan Menengah (Jtm) 20 Kv Berbasis Arduino Mega 2560*, Semarang, Indonesia : Universitas Diponegoro, 2017.
- [5] 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.
- [6] Kilian, C.T., *Modern Control Technology-Components and Systems*, New York, USA : Delmar Publication, 2000.
- [7] Djambiar, R., *Pengembangan Limit Switch Manual Dan Otomatis Pada Mesin Fris*, Jakarta, Indonesia : Majalah Epsilon Vol.14, 66-69, 2010.
- [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/acs712-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

Firda Ayu Atma Novita, lahir di Semarang, 28 Maret 1996. Tahun 2017 memperoleh gelar Ahli Madya di jurusan D III Teknik Elektro Universitas Diponegoro. 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.