

IMPLEMENTASI SISTEM SCADA UNTUK *MONITORING* DAN *CONTROLLING* SERTA KOORDINASI KERJA SISTEM PROTEKSI PADA GARDI INDUK 1,5 *BREAKER* MENGGUNAKAN ETHERNET SHIELD BERBASIS ARDUINO MEGA 2560 DENGAN TAMPILAN HMI

Sadran Rabidin¹, Ahmad Faridh², Adji Pranowo³

Program Studi Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknologi Duta Bangsa

tumbezt@gmail.com

Abstrak— Sistem kerja proteksi pada Gardu Induk 1,5 *breaker* memiliki daerah kerja peralatannya yang harus dipantau secara terus-menerus. SCADA adalah sebuah peralatan yang memberikan pelayanan pemantauan secara terus-menerus, yang memiliki tugas untuk *telecontrolling*, *telesignaling*, dan *telemetering*. Pada penelitian ini dilakukan percobaan koordinasi kerja sistem proteksi yaitu CCP dan BUSPRO, untuk pembacaan sensor arus ACS712 memiliki %*error* A dengan rata-rata sebesar 0,02 A. *Setting* rele yang digunakan adalah rele arus lebih waktu tertentu dengan waktu operasi sebesar 2 detik, sedangkan untuk sistem proteksi CCP menggunakan I set OCR sebesar 45mA dan BUSPRO sebesar 90mA berdasarkan beban yang digunakan saat melakukan percobaan. Saat terjadi gangguan besarnya arus akan dibaca ACS712 kemudian dilakukan pengolahan data pada Arduino Mega 2560 sehingga akan mentripping rele 5VDC dan alarm akan berbunyi serta LED indikasi akan menyala sesuai daerah kerja gangguan yang sedang terjadi. Untuk besarnya arus gangguan atau *history* arus dapat dilihat di HMI VTScada.

Kata Kunci : Gardu Induk 1,5 *breaker*, Proteksi, ACS712, VTScada.

I. PENDAHULUAN

Gardu Induk adalah sistem instalasi listrik tegangan tinggi yang terdiri dari perlengkapan peralatan listrik yang berfungsi untuk menyalurkan sistem transmisi atau menurunkannya ke jaringan distribusi. Gardu Induk 1,5 *breaker* mempunyai dua busbar dan biasanya dipasang disisi pembangkit tenaga listrik karena mempunyai kapasitas yang besar. Dari segi operasional Gardu Induk 1,5 *breaker* ini sangat efektif karena mampu meminimalkan pemadaman apabila melakukan perubahan pada sistem. PMT yang digunakan adalah 3 buah yang tersusun seri dalam satu diameter. Gardu Induk 1,5 *breaker* ini sebagian besar menggunakan jaringan transmisi SUTT (Saluran Udara Tegangan Tinggi) dengan penghantar kawat pada udara terbuka, sehingga memungkinkan terjadinya sebuah gangguan, seperti gangguan yang disebabkan oleh layang-layang dan binatang ataupun gangguan akibat petir. Hal ini menyebabkan hubung singkat fasa ke fasa atau fasa ketanah dengan sifat sementara atau permanen, maka untuk

mengatasinya diperlukan sebuah peralatan yang mampu memantau secara terus-menerus dengan hasil yang tepat dan akurat. SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) dapat dijadikan salah satu solusi untuk dapat memberikan pelayanan pemantauan, yang memiliki tugas untuk *telecontrolling*, *telesignaling*, dan *telemetering*.

Gardu Induk 1,5 *breaker* pada sistem proteksi mempunyai daerah kerjanya masing-masing yang harus dijaga dan dipantau terus-menerus. Sistem proteksi yang akan disimulasikan pada alat ini adalah CCP dan BUSPRO. Berdasarkan karakteristik data pada Gardu Induk Muarakarang, sebuah sistem proteksi bekerja pada daerah kerjanya masing-masing sesuai jenis gangguan dan jangkauannya.

Perancangan alat ini mempunyai beberapa tujuan, antara lain :

1. Mengimplementasikan sistem SCADA pada Gardu Induk sistem 1,5 *breaker* dengan alat prototipe.
2. Membangun *connection* Arduino Mega 2560 dengan VTScada melalui ethernet shield dengan Modbus TCP/IP.
3. Menggunakan VTScada sebagai tampilan HMI dalam pengukuran arus secara terus-menerus untuk sistem *monitoring*, *controlling* dan sistem proteksi.

- Mengetahui kinerja sistem kerja Proteksi pada daerah Gardu Induk 1,5 Breaker jika terjadi gangguan CCP dan BUSPRO.

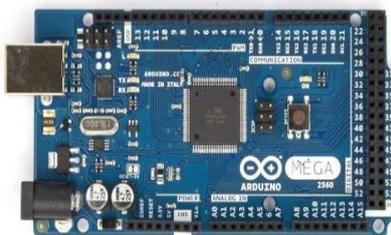
II. TEORI DASAR

A. Sistem Transmisi

Sistem transmisi adalah sistem yang digunakan untuk menyalurkan energi listrik dari jaringan pembangkit kedalam jaringan distribusi. Maka demikian terkadang sistem transmisi listrik biasa disebut dengan sistem penyaluran tenaga listrik. Gardu Induk 1,5 breaker adalah bagian dari sistem transmisi yang digunakan untuk menyalurkan tegangan tinggi ke jaringan distribusi, Gardu Induk 1,5 breaker ini mempunyai dua busbar dan biasanya dipasang disini pembangkit tenaga listrik karena mempunyai kapasitas yang besar. Dari segi operasional Gardu Induk 1,5 breaker ini sangat efektif karena mampu meminimalkan pemadaman apabila melakukan perubahan pada sistem. PMT yang digunakan adalah 3 buah yang tersusun seri dalam satu diameter. Pada Gardu induk terdapat Sistem proteksi digunakan untuk mengamankan tenaga listrik jika terjadi gangguan pada jaringan, mengidentifikasi jenis gangguan dan memutuskan daerah gangguan agar tidak menyebar sehingga mengamankan peralatan yang masih sehat. Sistem proteksi memerlukan peralatan yang dapat memantau, mengontrol dan mengakuisisi data secara akurat. Sistem SCADA merupakan sistem yang bisa mengontrol dan memantau peralatan listrik atau sistem dalam jarak yang jauh secara terus-menerus dengan hasil yang akurat, SCADA digunakan untuk mengambil data pada instalasi di gardu induk lalu data tersebut akan diolah lalu akan memberi perintah ke peralatan di gardu induk tersebut.

B. Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 merupakan peralatan elektronik yang didalamnya terdapat sebuah komponen utama yaitu chip mikrokontroler jenis AVR yang mampu di program menggunakan sebuah komputer atau laptop dengan tujuan supaya rangkaian elektronik mikrokontroler tersebut dapat membaca sebuah masukan yang kemudian akan diproses masukan tersebut dalam mikrokontroler sehingga menghasilkan keluaran yang sesuai di inginkan pada program yang di atur, jadi mikrokontroler ini berfungsi sebagai otak yang diberi program untuk memproses sebuah masukan untuk menjadi keluaran yang sesuai dengan isi program.



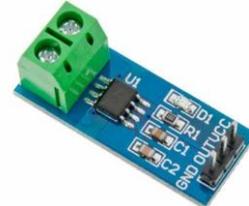
Gambar 1 Arduino Mega 2560

Arduino Mega2560 merupakan sebuah board mikrokontroler yang berbasis Atmega 2560 yang mempunyai pin sebanyak 54pin digital untuk masukan atau keluaran, dimana sebanyak 15pin digunakan untuk berupa keluaran PWM, 16pin lainnya sebagai masukan analog dan 4pin tersisa

sebagai UART atau *serial port hardware*, koneksinya berupa USB, *header ISCP*, *Jack power*, osilator kristal 16 MHz, dan tombol *reset*.

C. Sensor Arus ACS 712

Sensor arus ACS 712 merupakan sebuah pendeteksi besaran arus dengan sistem *hall effect* yang berarti besarnya arus yang mengalir akan mempengaruhi ukuran *hall effect* pada sensor ini, artinya jika arus yang mengalir semakin besar maka jumlah yang mempengaruhi *hall effect* sensor arus ini semakin besar pula.



Gambar 2 Bentuk ACS 712

Sensor ACS 712 ini mempunyai keluaran analog sehingga jika mau membacanya pada mikrokontroler ataupun dengan arduino maka kita hanya perlu membaca keluarannya lewat pin ADC, jika pada arduino mega 2560 kita bisa baca melalui A0 atau pin A lainnya.

D. Ethernet Shield

Ethernet shield merupakan sebuah peralatan mikrokontroler yang berbasis chip *wiznet W5100*, ethernet *library* digunakan untuk menulis sebuah program supaya arduino bisa terhubung kedalam sebuah jaringan dengan menggunakan Ethernet shield. Di dalam Ethernet shield ada *slot micro sd* yang bisa digunakan menyimpan sebuah *file* yang bisa di akses dengan jaringan. Arduino mampu berkomunikasi dengan sd card dan w5100 dengan menggunakan *Bus SPI*. Jenis komunikasi ini di atur dengan *library Ethernet.h* dan *SPI.h*.



Gambar 3 Ethernet Shield

Bus SPI menggunakan beberapa pin digital yaitu 50,51, dan 52 pada Arduino mega 2560. Untuk pin 10 digital berguna untuk memilih w5100 dan pin 4 digital berguna untuk memilih sd card. Beberapa pin yang telah disebutkan tidak bisa digunakan untuk *input/output* pada umumnya ketika kita akan memakai ethernet shield karena w5100 dan sd card berbagi Bus SPI hanya satu diantaranya yang akan aktif dalam satu waktu.

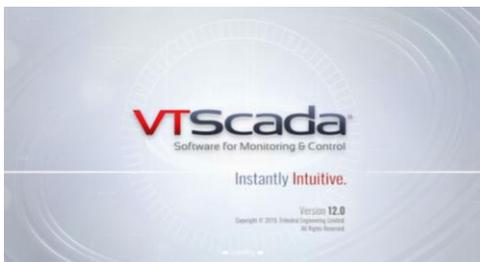
E. Modbus Protokol

Modbus protokol ialah jenis protokol untuk berkomunikasi serial yang telah dipublikasikan modicon tahun

1979, sederhananya modbus adalah sebuah metode yang berfungsi untuk mengirim informasi melalui koneksi serial pada perangkat elektronika. Modbus *master* adalah sebuah perangkat yang meminta data sedangkan modbus *slave* adalah sebuah perangkat yang menyediakan data. Dalam jaringan modbus yang standar ada *master* dan *slave* berjumlah 247 diantaranya memiliki alamat *slave* yang berbeda dari 1 sampai 247. Modbus protokol memiliki komunikasi 2 jalur antar perangkat satu dengan lainnya yang dihubungkan pada jaringan yang sama. Modbus protokol banyak dipakai dalam *supervisory* komputer dengan RTU dan sistem SCADA. Jika dilihat dari jenis media pengirimannya, modbus digolongkan kedalam modbus serial dan modbus ethernet. Dan jika dilihat dari bentuk data yang dipakai modbus digolongkan kedalam modbus ASCII dan RTU. Dalam penggunaan modbus serial sering disebut *master* dan *slave* dan dalam penggunaan modbus ethernet sering disebut *server* dan *client*. Sedangkan modbus TCP/IP merupakan sebuah *software* pada jaringan komputer yang ada dalam sebuah sistem dan digunakan pada komunikasi data pada internet ataupun LAN. *Transfer control protocol* (TCP) dan *Internet protocol* (IP) menjadi satu paket.

F. VTScada 12.0

Sistem SCADA (*supervisory control and data acquisition*) merupakan sistem yang dapat digunakan sebagai sistem pengendali pada komputer untuk mengontrol dan memonitor proses instalasi listrik. *Software* aplikasi VTScada bisa digunakan untuk menampilkan besaran arus dan tegangan yang telah diukur sebuah sensor. Dan juga aplikasi ini terdapat tombol atau saklar yang bisa digunakan untuk memberi masukan kontak rele pada sebuah rangkaian. Perbedaan aplikasi ini dengan aplikasi lainnya adalah lebih praktis karena pengalamatan (*database*) dan tampilannya menjadi satu (tidak terpisah), serta pada aplikasi ini mempunyai banyak macam *widget* yang bisa membuat tampilan HMI semakin menarik

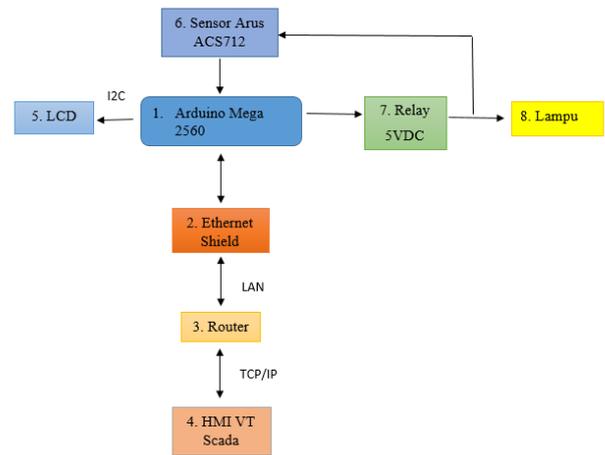


Gambar 4 Tampilan *Software* VTScada

III. PERANCANGAN SISTEM

A. Peralatan dan Bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian, secara umum didesain seperti blok diagram dibawah ini :



Gambar 5 Blok Diagram Sistem

Fungsi masing-masing blok :

1. Arduino Mega 2560 berfungsi untuk memprogram data yang telah diterima dari inputan HMI VTScada ataupun sensor arus ACS712 yang selanjutnya akan memerintahkan rele untuk *open/close*.
2. Ethernet Shield berfungsi sebagai komunikasi untuk menghubungkan Arduino Mega 2560 dengan *router* melalui kabel LAN.
3. *Router* digunakan untuk menghubungkan Arduino Mega 2560 melalui ethernet shield dengan *Personal Computer* menggunakan jaringan TCP/IP.
4. HMI VTScada berfungsi untuk memantau arus dari jarak jauh secara kontinyu serta memberi perintah *remote* untuk *open/close* rele.
5. LCD berfungsi untuk memantau arus yang telah diprogram oleh Arduino Mega 2560 melalui modul I2C.
6. Sensor arus ACS 712 berfungsi sebagai CT untuk mendeteksi besarnya arus yang mengalir pada rangkaian.
7. Rele 5VDC berfungsi sebagai PMT untuk memutuskan atau menghubungkan arus yang akan di alirkan ke beban.
8. Lampu berfungsi sebagai beban.

B. Pembuatan Alat

Setelah peralatan dan bahan tersedia, maka langkah selanjutnya adalah pembuatan alat.



Gambar 6 Tampilan Alat Prototipe

Gambar 7 Perancangan LED Indikator

Rangkaian disini menggunakan pin arduino yang terhubung ke resistor 220 ohm lalu ke kaki (+) LED dan kaki (-) LED terhubung ke ground.

5) Perancangan LCD

Untuk menampilkan status besarnya arus pada rangkaian digunakan LCD. LCD yang dipakai yaitu LCD 16x2 yang dapat menampilkan 32 karakter, 16 karakter pada baris yang atas dan 16 karakter pada baris yang bawah. Rangkaian ini menggunakan modul I2C.



Gambar 8 Perancangan LCD

Dalam pembuatan alat ini meliputi beberapa perancangan, antara lain :

1) Perancangan Tombol

Untuk menghidupkan atau mematikan sebuah PMT dibutuhkan sebuah saklar atau tombol. Tombol disini digunakan sebagai inputan untuk memberikan sinyal *high/low* pada rele sehingga rele akan mengubah status dari NC ke NO atau sebaliknya. Dan pada fungsi lain tombol alarm digunakan untuk mematikan alarm pada *buzzer*. Rangkaian ini menggunakan pull-up resistor yang terdapat pada Arduino mega 2560.

2) Perancangan rele 5VDC

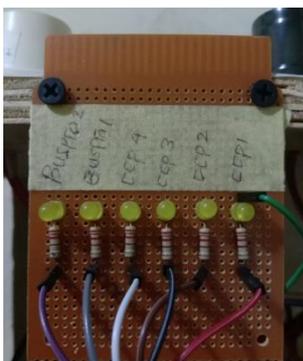
Dihubungkan secara seri dengan kabel positif. *Inputan* yang digunakan ada 3 yaitu Pin arduino, tegangan 5VDC dan ground. Dan *Outputnya* ada 3 yaitu com sebagai sumber tegangan 220VAC, NO dan NC.

3) Perancangan sensor arus ACS 712

Sensor ini berfungsi dalam membaca besarnya arus di dalam rangkaian sehingga pada arduino dapat di *setting* jika terjadi beban lebih. Sensor arus ACS 712 ini mempunyai keluaran berupa data analog sehingga jika mau mengaksesnya pada mikrokontroler Arduino mega 2560 maka hanya dihubungkan ke pin ADC seperti pin A1 dan lainnya. *Inputan* yang akan di ukur adalah arus pada kabel (+) VAC. Sedangkan alat ini menggunakan tegangan sumber 5VDC dan ground. *Outputnya* dihubungkan ke pin arduino.

4) Perancangan LED indikator

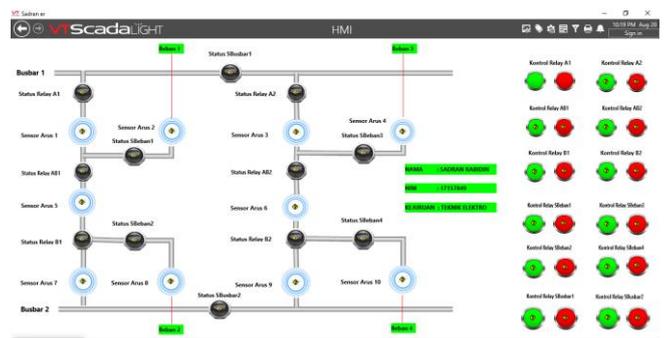
Jika ada sebuah gangguan maka dibutuhkan indikasi untuk mengetahui gangguan apa yang sedang terjadi, maka LED disini digunakan untuk mengetahui jenis gangguan pada rangkaian.



Untuk *interface* pada rangkaian Arduino Mega 2560 maka untuk LCD 16x2 ini menggunakan sumber tegangan atau VCC di hubungkan ke 5VDC, kaki ground LCD dihubungkan pada ground arduino, sedangkan kaki SDA dihubungkan ke pin digital 20 dan kaki SCL dihubungkan ke pin digital 21.

6) Perancangan Sistem Jaringan

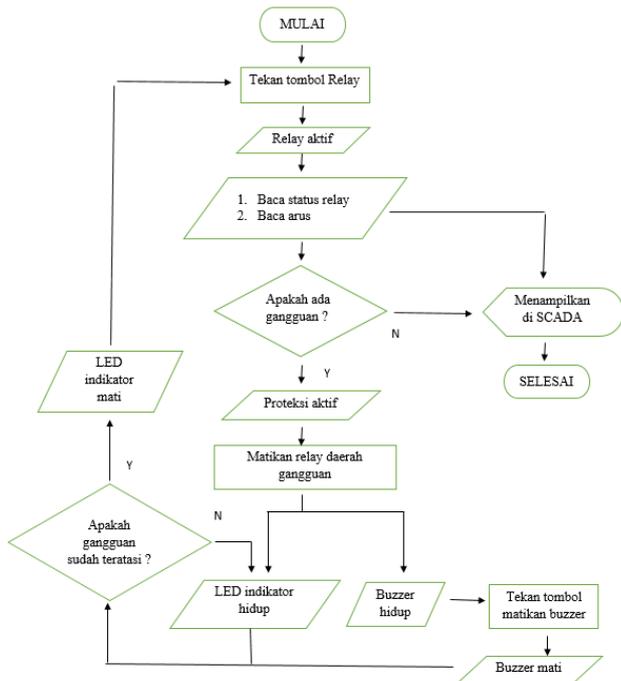
Router digunakan untuk menghubungkan antar dua atau lebih jaringan lalu meneruskan datanya ke jaringan lainnya. Sedangkan Arduino Mega 2560 membutuhkan sebuah perangkat supaya bisa koneksi dengan jaringan yaitu dengan mikrokontroler ethernet, dalam rangkaian ini VTScada dan Arduino Mega melalui mikrokontroler ethernet saling berhubungan dan mengirim atau menerima paket data dalam proses *routing* dengan menggunakan *router*. Sedangkan media komunikasinya menggunakan modbus TCP/IP dengan Arduino Mega 2560 sebagai *server* dan Aplikasi VT Scada sebagai *client* yang saling dihubungkan dengan kabel LAN.



Gambar 9 Tampilan Program VTScada

C. Koordinasi Sistem Proteksi

Pada rangkaian ini terdapat koordinasi kerja sistem proteksi jika terdapat gangguan arus dalam rangkaian, seperti gambar dibawah ini :

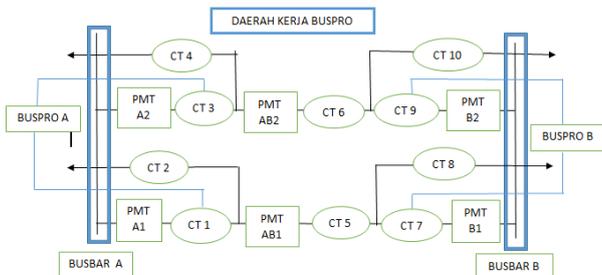


Gambar 10 Flowchart Koordinasi Proteksi

Jenis proteksi yang akan dibahas antara lain :

1) *Proteksi BUSPRO*

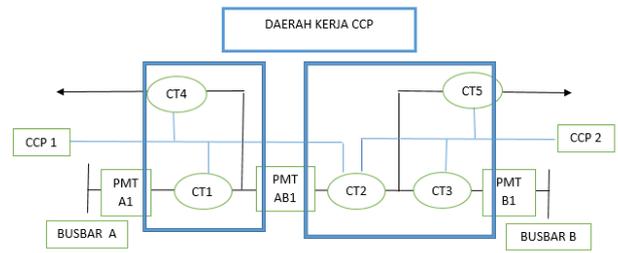
Busbar merupakan bagian utama dari Gardu induk yang memiliki fungsi sebagai tempat hubungan semua bay. Maka dari itu busbar harus memiliki sistem proteksi yang bisa meminimalkan dampak gangguan busbar terhadap sistem dan mencegah *blackout* gardu induk yaitu dengan proteksi busbar. Buspro (*Busbar protection*) bekerja apabila terdapat gangguan pada daerah kerja rele Buspro, maka rele ini akan mentripkan semua PMT yang menggunakan busbar tersebut. Gangguan busbar sangat jarang terjadi tapi dampaknya cukup besar bagi sistem.



Gambar 11 Daerah kerja rele BUSPRO

2) *Proteksi CCP*

CCP (*circulating current protection*) adalah sebuah proteksi berfungsi dalam pengamanan diameter, proteksi ini digunakan pada Gardu Induk 1,5 breaker yang menggunakan CT line. Jika ada sebuah gangguan pada daerah kerja sistem proteksi ini, maka akan mengirim sinyal trip kepada 2 pemutus diameter.



Gambar 12 Daerah kerja rele CCP

BAB IV
PENGUJIAN DAN ANALISA

Dalam penelitian ini sebuah peralatan yang telah dirancang dilakukan pengujian untuk mengetahui berapa besarnya arus pada rangkaian dan bagaimana prinsip kerja koordinasi proteksi saat terjadi gangguan BUSPRO dan CCP.

Berikut ini adalah pengujian yang dilakukan :

A. *Pengujian sensor arus ACS 712*

Dalam pengujian yang dilakukan ini mempunyai tujuan agar mengetahui selisih besarnya arus yang mengalir pada rangkaian dengan membandingkan pengukuran pada multimeter. Untuk pembacaan pada alat ini bisa kita lihat pada LCD ataupun pada layar SCADA. Setelah melakukan pengukuran hasil datanya dikumpulkan kemudian kita mencari besarnya nilai *persen error* dengan menggunakan rumus :

$$\%errorA = \frac{\text{accepted value} - \text{experimental value}}{\text{accepted value}} \times 100\%$$

TABEL I
DATA HASIL PERHITUNGAN %ERRORA

No.	Daerah ACS	I Multimeter (mA)	I Percobaan (mA)	%error miliAmp	%error A
1	Sensor Arus 1	26	35	34.61538462	0.034615385
2	Sensor Arus 2	26	33	26.92307692	0.026923077
3	Sensor Arus 3	26	32	23.07692308	0.023076923
4	Sensor Arus 4	26	30	15.38461538	0.015384615
5	Sensor Arus 5	26	29	11.53846154	0.011538462
6	Sensor Arus 6	26	29	11.53846154	0.011538462
7	Sensor Arus 7	26	33	26.92307692	0.026923077
8	Sensor Arus 8	26	33	26.92307692	0.026923077
9	Sensor Arus 9	26	34	30.76923077	0.030769231
10	Sensor Arus 10	26	31	19.23076923	0.019230769

Dari data hasil perhitungan %errorA maka diperoleh besarnya nilai rata-rata %errorA adalah 0,02A.

B. *Pengujian Koordinasi Kerja Proteksi*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah rele bekerja pada daerah proteksinya masing-masing sesuai dengan keadaan gangguan yang terjadi dan untuk mengetahui besarnya nilai arus lebih saat terjadi gangguan. Pada pengujian ini *setting* rele yang digunakan adalah rele arus lebih waktu tertentu (*Definite Time-lag Relay*). Rele ini akan memberikan sinyal trip pada PMT saat arus yang besar melampaui arus *setting* (Is), dan lama waktu operasi rela akan dimulai saat kondisi rele merasakan adanya arus gangguan, hingga kerja rele diperpanjang dengan waktu kerja yang tak tergantung oleh besar arus yang

mempengaruhi rele.

1) *Kondisi normal*

TABEL II
DATA HASIL PENGUKURAN ARUS KONDISI NORMAL

No.	Daerah ACS	I nominal	Relay bekerja
1	Sensor Arus 1	35 mA	Tidak
2	Sensor Arus 2	33 mA	
3	Sensor Arus 3	32 mA	
4	Sensor Arus 4	30 mA	
5	Sensor Arus 5	29 mA	
6	Sensor Arus 6	29 mA	
7	Sensor Arus 7	33 mA	
8	Sensor Arus 8	33 mA	
9	Sensor Arus 9	34 mA	
10	Sensor Arus 10	31 mA	

Dalam kondisi normal semua beban menyala dan tidak ada gangguan sehingga tidak ada relay yang bekerja.

2) *Kondisi gangguan CCP 1*

TABEL III
DATA HASIL PENGUKURAN ARUS KONDISI GANGGUAN CCP 1

No.	Daerah ACS	I nominal	I set OCR	I Gangguan	Waktu Operasi	Arus akhir	Relay bekerja
1	Sensor Arus 1	35 mA	45 mA	30 mA	2 s	0 mA	PMT (Relay) A1 dan AB1 trip
2	Sensor Arus 2	33 mA		30 mA		0 mA	
3	Sensor Arus 3	32 mA				32 mA	
4	Sensor Arus 4	30 mA				30 mA	
5	Sensor Arus 5	29 mA		30 mA		0 mA	
6	Sensor Arus 6	29 mA				29 mA	
7	Sensor Arus 7	33 mA				33 mA	
8	Sensor Arus 8	33 mA				33 mA	
9	Sensor Arus 9	34 mA				34 mA	
10	Sensor Arus 10	31 mA				31 mA	

Dalam kondisi gangguan CCP 1, PMT (rele) A1 dan AB1 trip (bekerja) maka beban yang disuplai dari PMT A1 dan AB1 (beban 1) akan padam.

3) *Kondisi gangguan CCP 2*

TABEL IV
DATA HASIL PENGUKURAN ARUS KONDISI GANGGUAN CCP 2

No.	Daerah ACS	I nominal	I set OCR	I Gangguan	Waktu Operasi	Arus akhir	Relay bekerja	
1	Sensor Arus 1	35 mA	45 mA		2 s	35 mA	PMT (Relay) AB1 dan B1 trip	
2	Sensor Arus 2	33 mA						33 mA
3	Sensor Arus 3	32 mA						32 mA
4	Sensor Arus 4	30 mA						30 mA
5	Sensor Arus 5	29 mA		32 mA				0 mA
6	Sensor Arus 6	29 mA						29 mA
7	Sensor Arus 7	33 mA		32 mA				0 mA
8	Sensor Arus 8	33 mA		32 mA				0 mA
9	Sensor Arus 9	34 mA						34 mA
10	Sensor Arus 10	31 mA						31 mA

Dalam kondisi gangguan CCP 2, PMT (rele) AB1 dan B1 trip (bekerja) maka beban yang disuplai dari PMT AB1 dan B1 (beban 2) akan padam.

4) *Kondisi gangguan CCP 3*

TABEL V
DATA HASIL PENGUKURAN ARUS KONDISI GANGGUAN CCP 3

No.	Daerah ACS	I nominal	I set OCR	I Gangguan	Waktu Operasi	Arus akhir	Relay bekerja	
1	Sensor Arus 1	35 mA	45 mA		2 s	35 mA	PMT (Relay) A2 dan AB2 trip	
2	Sensor Arus 2	33 mA						33 mA
3	Sensor Arus 3	32 mA				32 mA		0 mA
4	Sensor Arus 4	30 mA				32 mA		0 mA
5	Sensor Arus 5	29 mA						29 mA
6	Sensor Arus 6	29 mA				32 mA		0 mA
7	Sensor Arus 7	33 mA						33 mA
8	Sensor Arus 8	33 mA						33 mA
9	Sensor Arus 9	34 mA						34 mA
10	Sensor Arus 10	31 mA						31 mA

Dalam kondisi gangguan CCP 3, PMT (rele) A2 dan AB2 trip (bekerja) maka beban yang disuplai dari PMT A2 dan AB2 (beban 3) akan padam.

5) *Kondisi gangguan CCP 4*

TABEL VI
DATA HASIL PENGUKURAN ARUS KONDISI GANGGUAN CCP 4

No.	Daerah ACS	I nominal	I set OCR	I Gangguan	Waktu Operasi	Arus akhir	Relay bekerja	
1	Sensor Arus 1	35 mA	45 mA		2 s	35 mA	PMT (Relay) AB2 dan B2 trip	
2	Sensor Arus 2	33 mA						33 mA
3	Sensor Arus 3	32 mA						32 mA
4	Sensor Arus 4	30 mA						30 mA
5	Sensor Arus 5	29 mA						29 mA
6	Sensor Arus 6	29 mA		31 mA				0 mA
7	Sensor Arus 7	33 mA						33 mA
8	Sensor Arus 8	33 mA						33 mA
9	Sensor Arus 9	34 mA				31 mA		0 mA
10	Sensor Arus 10	31 mA				31 mA		0 mA

Dalam kondisi gangguan CCP 4, PMT (rele) AB2 dan B2 trip (bekerja) maka beban yang disuplai dari PMT AB2 dan B2 (beban 4) akan padam.

6) *Kondisi gangguan BUSPRO 1*

TABEL VII
DATA HASIL PENGUKURAN ARUS KONDISI GANGGUAN BUSPRO 1

No.	Daerah ACS	I nominal	I set OCR	I Gangguan	Waktu Operasi	Arus akhir	Relay bekerja	
1	Sensor Arus 1	35 mA	90 mA	63 mA	2 s	0 mA	PMT (Relay) A1 dan A2 trip	
2	Sensor Arus 2	33 mA						33 mA
3	Sensor Arus 3	32 mA				63 mA		0 mA
4	Sensor Arus 4	30 mA						30 mA
5	Sensor Arus 5	29 mA						29 mA
6	Sensor Arus 6	29 mA						29 mA
7	Sensor Arus 7	33 mA						33 mA
8	Sensor Arus 8	33 mA						33 mA
9	Sensor Arus 9	34 mA						34 mA
10	Sensor Arus 10	31 mA						31 mA

Dalam kondisi gangguan BUSPRO 1, PMT (rele) A1 dan A2 trip (bekerja).

7) *Kondisi gangguan BUSPRO 2*

TABEL VIII

DATA HASIL PENGUKURAN ARUS KONDISI GANGGUAN BUSPRO 2

No.	Daerah ACS	I nominal	I set OCR	I Gangguan	Waktu Operasi	Arus akhir	Relay bekerja
1	Sensor Arus 1	35 mA	90 mA		2 s	35 mA	PMT (Relay) B1 dan B2 trip
2	Sensor Arus 2	33 mA				33 mA	
3	Sensor Arus 3	32 mA				32 mA	
4	Sensor Arus 4	30 mA				30 mA	
5	Sensor Arus 5	29 mA				29 mA	
6	Sensor Arus 6	29 mA				29 mA	
7	Sensor Arus 7	33 mA		66 mA		0 mA	
8	Sensor Arus 8	33 mA				33 mA	
9	Sensor Arus 9	34 mA		66 mA		0 mA	
10	Sensor Arus 10	31 mA				31 mA	

Dalam kondisi gangguan BUSPRO 2, PMT (rele) B1 dan B2 trip (bekerja).

Berdasarkan tabel II – VIII besarnya I nominal adalah 29 miliAmpere – 35 miliAmpere, maka besarnya I set OCR untuk gangguan CCP adalah 45 miliAmpere dan untuk BUSPRO adalah 90 miliAmpere, sedangkan untuk lama waktu operasinya adalah 2detik karena peneliti hanya menggunakan stopwatch pada Handphone, jika ingin disetting dalam waktu milidetik maka harus menggunakan osiloskop.

V KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji dan analisa pada penelitian ini, maka kesimpulan yang didapat adalah perangkat kontrol manual dan perangkat kontrol sistem SCADA berfungsi dengan baik sesuai kegunaanya, serta hasil kalibrasi pada ACS712 untuk pembacaan sensor arus memiliki penyimpangan yang sangat kecil dengan nilai %errorA adalah 0,02%. Untuk koordinasi kerja sistem proteksi CCP dan BUSPRO berfungsi sesuai daerah kerja masing-masing, ketika adanya gangguan, maka arduino akan menerima dan mengolah suatu data yang berubah dalam sensor arus ACS712 dan akan menentukan jenis proteksi apa yang bekerja sesuai daerah kerja proteksi yang terjadi gangguan sehingga akan membunyikan alarm dan LED indikator akan menyala sesuai jenis gangguannya serta mengirim sinyal untuk mentriapkan PMT. Pada sistem SCADA besar arus sebelum dan sesudah gangguan (history) dapat dilihat pada status arus di HMI VTScada.

REFERENSI

[1] Muhammad Adi Gumelar B, Dan Eko A. 2017. Implementasi SCADA Untuk Monitoring Dan Controlling Serta Kordinasi Sistem Proteksi Gardu Induk Sistem 1,5breaker Pada Gardu Induk Extra Tinggi Berbasis Arduino Mega 2560 Dengan Tampilan HMI. Gema Teknologi Vol 19 NO.3 Sekolah Vokasi Undip.

[2] Anzila R. 2018. Implementasi IED Digital Power Meter Ion 6200 Dan SCADA Pada Simulasi Panel RTU Outgoing 20kv Berbasis Arduino Mega 2560. Ms Siti Sundari Vokasi. Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

[3] Dickson Kho. Blok Diagram Power Supply. <https://www.teknielektronika.com/prinsipkerja-dcpower-supplyadaptor/>. Di Akses Pada 5 Juni 2021.

[4] Dickson Kho. Pengertian Dan Fungsi Rele.

<https://www.teknielektronika.com/pengertian-relayfungsi-relay/>. Diakses Pada 5 Juni 2021.

[5] Electrical Slayer. Tutorial Control Vtscada Lite Arduino. <https://www.electricalslayer.com/2020/09/tutorial-control-vtscada-lite-arduino.html>. Diakses Pada Tanggal 10 Juni 2021.

[6] Ezra Natanael. Circulating Current Protection. <http://id.scribd.com/document/371192288/circulating-current-protection>. Diakses Pada Tanggal 05 Juli 2021.