



**RANCANG BANGUN PROTOTIPE SISTEM *MONITORING* DAN
PENGONTROLAN DISTRIBUSI PADA PLTMH GUNUNG
SAWUR DENGAN SISTEM SCADA**

SKRIPSI

Oleh

**Budi Santoso
NIM 131910201037**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2017**



**RANCANG BANGUN PROTOTIPE SISTEM *MONITORING* DAN
PENGONTROLAN DISTRIBUSI PADA PLTMH GUNUNG
SAWUR DENGAN SISTEM SCADA**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

Budi Santoso
NIM 131910201037

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2017**

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT atas kasih setia-Nya yang telah melimpahkan segala rahmat yang tak ternilai, sehingga saya bisa menyelesaikan penelitian ini.

Akhirnya, saya persembahkan skripsi ini kepada:

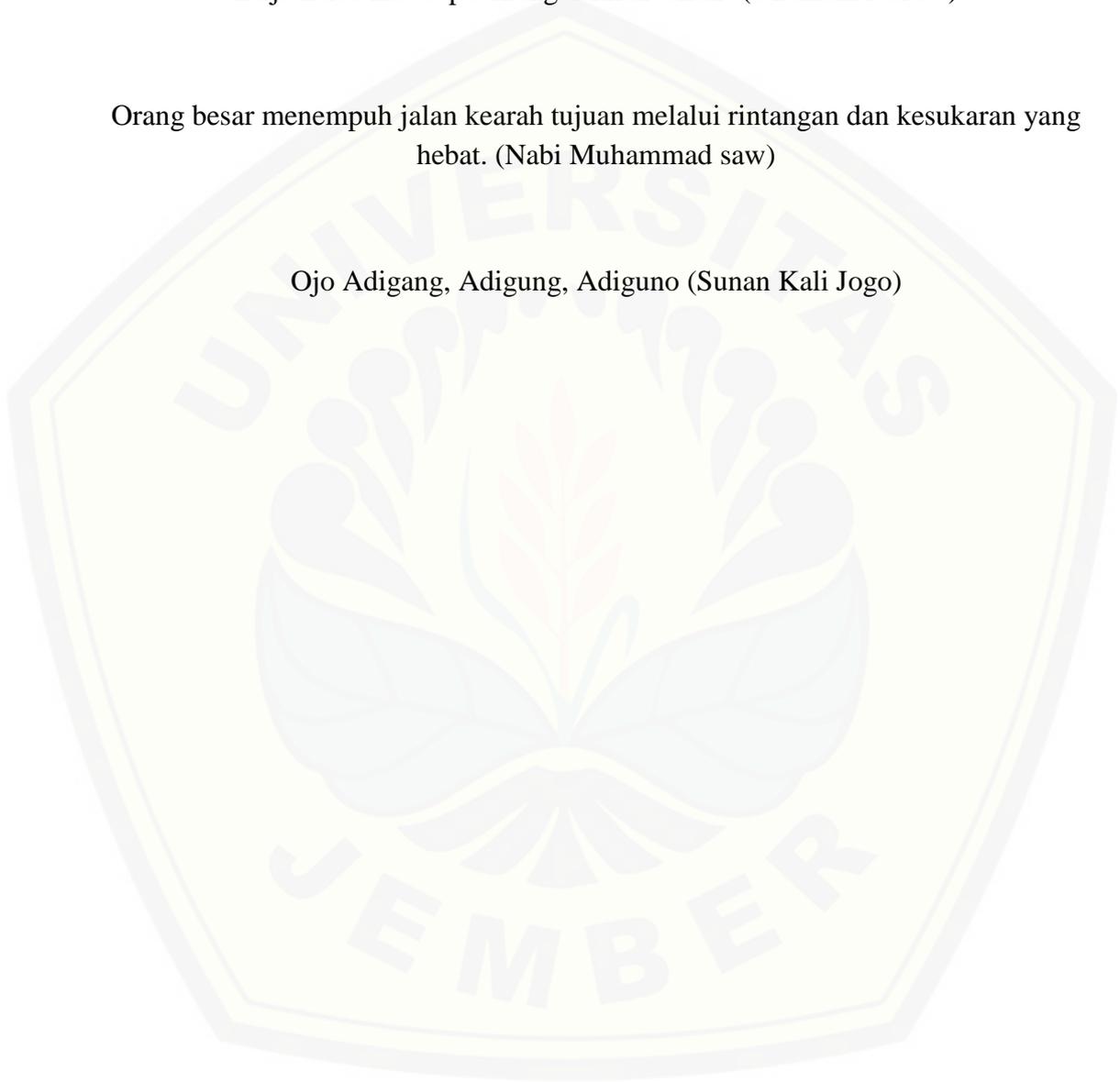
1. Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.
2. Nabi besar Muhammad SAW, yang menjadi suri tauladan bagi seluruh umat.
3. Seluruh keluarga saya dari ibu Umi Nadifah, bapak Satujan, adik Ratna Fina Dewi dan adik Ratna Fani Fitri yang selalu memberikan dukungan motivasi sekaligus doa untuk menyelesaikan skripsi.
4. Seluruh anggota kontrakan pojok dan putra patrang yang selalu membantu saya dalam mengerjakan skripsi.
5. Serta seluruh keluarga besar INTEL'UJ 2013, terimakasih telah menjadi keluarga saya mulai dari awal masuk kuliah dan kalian luar biasa.

MOTTO

Takdir setiap manusia memang telah ditentukan sejak mereka lahir, tetapi dengan kerja keras kita dapat mengalahkan takdir. (Uzumaki Naruto)

Orang besar menempuh jalan kearah tujuan melalui rintangan dan kesukaran yang hebat. (Nabi Muhammad saw)

Ojo Adigang, Adigung, Adiguno (Sunan Kali Jogo)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Budi Santoso

NIM : 131910201037

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "Rancang Bangun Prototipe Sistem *Monitoring* dan Pengontrolan Distribusi pada PLTMH Gunung Sawur dengan Sistem SCADA" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 5 Juni 2017

Yang menyatakan,

Budi Santoso
NIM 131910201037

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN PROTOTIPE SISTEM *MONITORING* DAN
PENGONTROLAN DISTRIBUSI PADA PLTMH GUNUNG
SAWUR DENGAN SISTEM SCADA**

Oleh

Budi Santoso

NIM 131910201037

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Suprihadi Prasetyono, ST., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : RB. Moch. Gozali , S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Rancang Bangun Prototipe Sistem *Monitoring* dan Pengontrolan Distribusi pada PLTMH Gunung Sawur dengan Sistem SCADA” karya Budi Santoso telah diuji dan disahkan pada :

Hari :
Tanggal :
Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim penguji,

Ketua,

Anggota I,

Suprihadi Prasetyono S.T., M.T.
NIP 1700404 199601 1 001

RB. Moch. Gozali, ST., MT
NIP 196906081999031002

Anggota II,

Anggota III,

Dr. Azmi Saleh, S.T., M.T.
NIP 19710614 199702 1 001

Dedy Kurnia Setiawan, ST., MT
NIP 198006102005011003

Mengesahkan
Dekan,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.
NIP 196612151995032001

RINGKASAN

Rancang Bangun Prototipe Sistem *Monitoring* dan Pengontrolan Distribusi pada PLTMH Gunung Sawur dengan Sistem SCADA; Budi Santoso, 131910201037; 2017; halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Kebutuhan energi yang semakin meningkat seiring dengan peningkatan pertumbuhan ekonomi nasional. Kebutuhan energi listrik yang begitu besar tetapi tidak diimbangi dengan pemerataan jaringan listrik terutama di daerah terpencil, seperti di daerah pegunungan. Hal ini yang membuat adanya sebuah ide untuk membuat sebuah PLTMH untuk memenuhi kebutuhan energi listrik tersebut terutama di daerah pegunungan yang memiliki potensi air yang tinggi. Salah satunya adalah pembangkit mikrohidro di Gunung Sawur di Desa Sumberwuluh, Kecamatan Candipuro, Kabupaten Lumajang, Jawa Timur. PLTMH Gunung Sawur membangkitkan daya maksimal sebesar 14 kW dan daya minimum sebesar 8 kW, yang digunakan untuk konsumsi 82 rumah tangga, 1 masjid, 1 POLINDES, dan 1 *workshop*.

Jaringan PLTMH menggunakan sistem distribusi radial yang memiliki probabilitas pemadaman yang tinggi. Sehingga dilakukan penelitian dengan menggunakan prototipe jaringan listrik dan alat monitoring dan pengontrolan distribusi untuk membuat probabilitas pemadaman menurun. Alat ini mempunyai fungsi untuk melakukan monitoring pada arus, tegangan dan menyimpan data monitoring. Selain itu juga melakukan kontrol terhadap jaringan listrik sehingga jika terjadi kerusakan pada sebagian jaringan tidak berimbas pada jaringan yang lain. Semua hal tersebut dilakukan dengan menggunakan bantuan dari HMI (*Human Machine Interface*). Pada rancang bangun prototipe untuk melakukan *monitoring* menggunakan sensor tegangan dan sensor arus sedangkan untuk pengontrolan distribusi menggunakan *relay*. Semua data dari sensor dan *relay* akan ditampung pada arduino yang berfungsi sebagai RTU, kemudian data tersebut dikirimkan ke MTU menggunakan media komunikasi kabel UTP tipe *cross* dengan

protokol modbus TCP IP. Data yang diterima akan diolah dan ditampilkan secara real time dengan bantuan HMI. Selain itu HMI juga berfungsi sebagai software yang digunakan untuk memberikan perintah terhadap *relay*.

Pembuatan rancang bangun prototipe PLTMH Gunung Sawur ini menggunakan data jaringan PLTMH Gunung Sawur itu sendiri, seperti data konsumen, data arus yang ada pada setiap percabangan dan data gambar jaringan. Alat ini menggunakan skala 1:10 dengan aslinya pada nilai arus untuk menentukan beban lampu yang sama dengan nilai arus tersebut. Setelah prototipe jaringan dan alat *monitoring* dan kontrol distribusi sudah dibuat, selanjutnya adalah pengujian.

Pada penelitian ini pengujian dilakukan dengan melihat kerja sistem SCADA pada prototipe jaringan ketika pembacaan sensor, respon terhadap perintah dari HMI, kerja *relay* ketika terjadi arus hubung singkat pada dan pengontrolan distribusi listrik. Dari hasil pengujian didapatkan ketika terjadi kelebihan beban sedangkan pembangkitan tidak mencukupi, secara otomatis sistem akan memutuskan beberapa jaringan untuk membuat beban tidak melebihi daya pembangkitan. Dengan hasil kecepatan respon *relay* yang sangat cepat dibawah 1 detik dan juga sistem yang berjalan sesuai dengan *flowchart* membuktikan bahwa sistem yang dibuat bekerja dengan baik.

Dalam hasil penelitian didapatkan beberapa kesimpulan yaitu penempatan sensor dan *relay* pada setiap percabangan karena jaringan menggunakan sistem jaringan radial yang hanya memiliki 1 jaringan utama sehingga satu kerusakan pada salah satu jaringan maka akan mempengaruhi jaringan yang lain. Pengontrolan distribusi bisa dilakukan jika mengetahui arus yang mengalir pada setiap percabangan. Sehingga peran HMI pada sistem SCADA ini sangat vital karena sebagai alat bantu *dispatcher* untuk mengontrol dan melakukan monitoring secara *realtime*.

SUMMARY

System Architecture and Distribution Control in PLTMH Mountain Sawur with SCADA Systems; BUDI Santoso, 131910201037; 2017; the page; Department Of Electrical Engineering Faculty Of Engineering University Of Jember.

The ever-increasing energy needs in line with the increase in the growth of the national economy. Electrical energy needs are so great but it is not balanced with the even distribution of electricity networks especially in remote areas, such as mountainous regions. This is what makes the existence of an idea to create a PLTMH to meet the energy needs of the electricity especially in the mountains that have high water potential. One of them is micro hydro plants on the mountain Sawur in the village of Sumberwuluh, district Candipuro, Lumajang, East Java. PLTMH Mountain Sawur evokes the power of 14 kW maximum power and minimum of 8 kW, used for the consumption of 82 households, 1 mosque, 1 POLINDES, and 1 workshop.

PLTMH network using radial distribution system that has a high probability of blackouts. So dialakukan research by using a prototype electrical and network monitoring tool and control distribution to make the probability of a decline. This tool has a function to do the monitoring on current, voltage and store data monitoring. In addition, control the power grid so that in case of damage to a portion of the network does not affect the other network. All of these are done using the help of HMI (Human Machine Interface). On the prototype architecture to perform monitoring using voltage and current sensors sensors for controlling distribution to use the relay. All data from the sensor and the relay will be accommodated on the arduino to function as RTU, then the data is sent to the MTU using UTP cable types communication medium cross with modbus Protocol TCP IP. The data received will be processed and displayed in real time with the help of HMI. In addition, HMI also functions as the software used to provide the command against the relay.

Manufacture of the prototype architecture PLTMH Mount Sawur is using network data PLTMH Sawur Mountain itself, such as data consumers, data flow

that exists at each branching and picture data network. This tool uses the 1:10 to the original scale on the value flow to determine the load the same light with the current value. After the prototype network and distribution control and monitoring tools have already been created, the next is testing.

The research on testing done by looking at the work on the prototype network SCADA system when reading sensor, the response to a command from the HMI, work when the relay overload on the control and distribution of electricity. From the test results obtained when an overloaded while the generation is insufficient, the system will automatically disconnect some of the network to make the load does not exceed the power generation. With the results of the relay response speed is very fast under 1 second and also the system that runs in accordance with the flowchart proves that the system created worked well.

In the research results obtained by some conclusions the placement of sensors and *relays* at each branching because networks use a radial network system which only has 1 major networks so that a malfunction on one of the network then the network will affect the other. Distribution control could do if find out current that flows at each branching. So the role of HMI SCADA system is very vital because the dispatcher as a tool to control and monitors in realtime.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang maha kuasa atas segalanya, karena dengan ridho, hidayah dan petunjukNya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Rancang Bangun Prototipe Sistem *Monitoring dan Pengontrolan Distribusi* pada PLTMH Gunung Sawur dengan Sistem SCADA**”. Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan berbagai pihak yang turut memberikan bantuan berupa motivasi, inspirasi, bimbingan, doa, fasilitas dan dukungan lainnya yang membantu memperlancar pengerjaan skripsi ini.

Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada.

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rezeki, rahmat, hidayah dan karunia serta kasihsayang-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
2. Nabi besar Muhammad SAW, yang telah menjadi suri tauladan bagi seluruhumat.
3. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M., selaku Dekan Fakultas Teknik UniversitasJember
4. Bapak Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T., Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember;
5. Keluarga besar INTEL’UJ 2013, terimakasih telah memberikan arti kekeluargaan yang luar biasa.
6. Keluarga besar Civitas Akademia Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah mendukung dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu teknik elektro. Kritik dan saran yang membangun diharapkan terus mengalir untuk lebih menyempurnakan skripsi ini dan dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya;

Jember, 17 Mei 2017

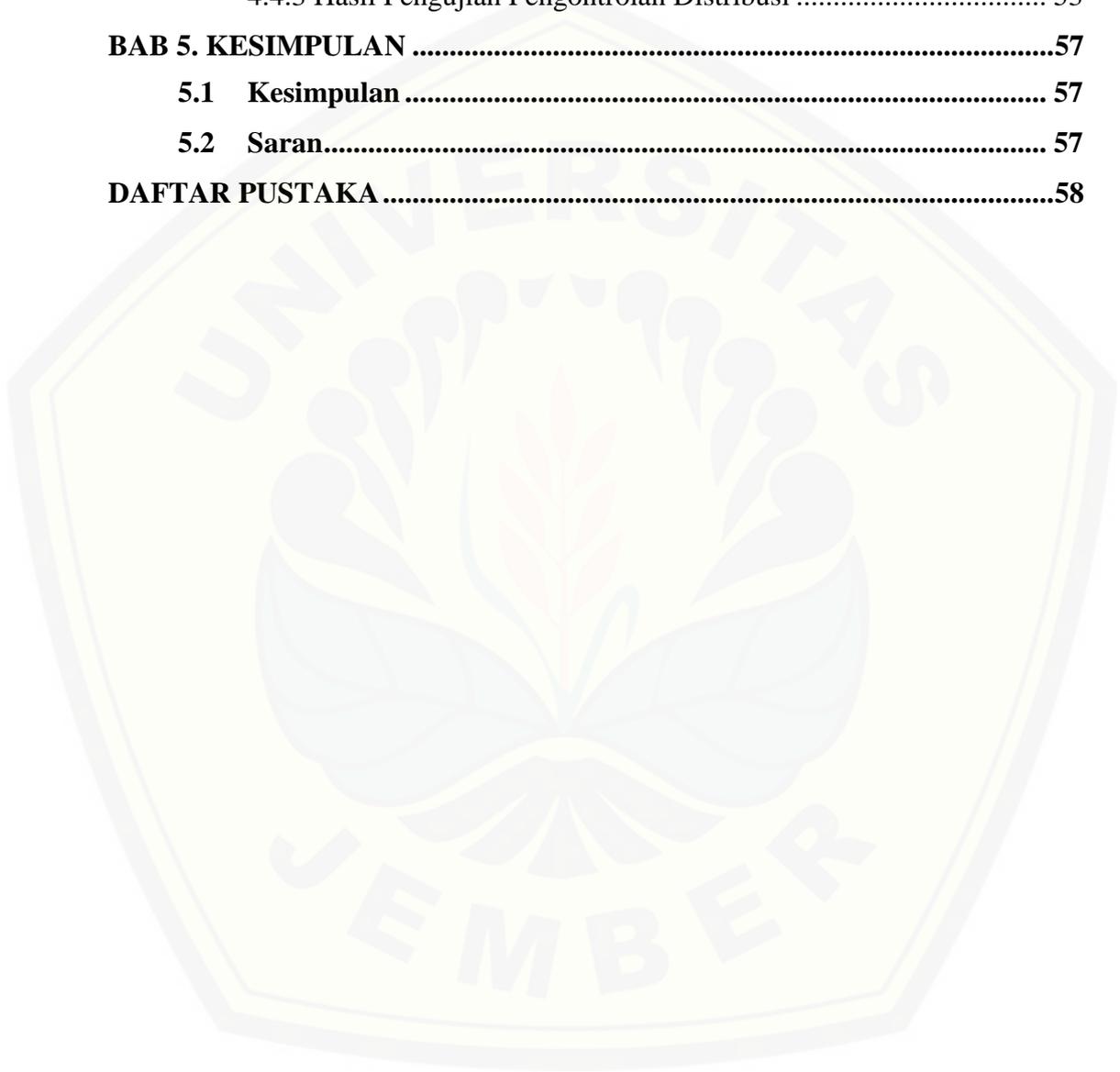
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
SKRIPSI.....	i
SKRIPSI.....	ii
PERSEMBAHAN.....	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN.....	v
SKRIPSI.....	vi
PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN	viii
<i>SUMMARY</i>	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik	5
2.2 <i>Elektronic Load Controller (ELC)</i>	6
2.3 <i>Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA)</i>	7
2.4 <i>Master Terminal Unit (MTU)</i>.....	8
2.4.1 <i>Human Machine Interface (HMI)</i>	8
2.4.2 <i>Database</i>	8
2.5 <i>Remote Terminal Unit (RTU)</i>.....	8
2.5.1 Arduino Mega2560	9
2.5.2 Arduino Uno.....	10
2.5.3 Arduino Ethernet Shield R3	11

2.5.4	Sensor Tegangan	12
2.5.5	Sensor Arus	13
2.5.6	<i>Relay</i>	13
2.6	Media Komunikasi	14
2.6.1	Kabel UTP (Unshielded Twisted Pair).....	14
2.6.2	Protokol Modbus	15
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	16
3.1.1	Tempat Penelitian.....	16
3.1.2	Waktu Penelitian	16
3.2	Alat dan Bahan	19
3.3	Jaringan Distribusi PLTMH Gunung sawur	20
3.4	Blok Diagram Sistem	22
3.5	Perencanaan <i>Human Machine Interface</i>	24
3.6	Perancangan Sistem Komunikasi	25
3.7	Perancangan Komponen Pengendali (<i>Hardware</i>)	30
3.7.1	Sensor Tegangan	30
3.7.2	Sensor Arus	32
3.7.3	<i>Relay</i>	33
3.7.4	Beban Lampu	33
3.8	<i>Flowchart</i> Sistem	34
3.9	Rencana Pengujian Alat	35
3.10	Rancangan Alat	37
BAB 4	ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	36
4.1	Pembuatan Alat dan Kalibrasi.....	36
4.1.1	Pembuatan Alat Pengukur Arus di Lapangan	36
4.1.2	Pembuatan Alat <i>Monitoring</i> dan Kontrol.....	37
4.1.3	Kalibrasi Sensor Arus <i>Clamp</i>	39
4.1.4	Kalibrasi Sensor Arus ACS712.....	40
4.1.5	Kalibrasi Sensor Tegangan.....	42
4.2	Data Jaringan PLTMH Gunung Sawur	43

4.3 Rancang Bangun <i>Prototipe</i> Jaringan PLTMH Gunung Sawur ..	45
4.4 Pengujian Sistem	48
4.4.1 Hasil Pengujian <i>Respon Relay</i>	48
4.4.2 Hasil Pengujian Arus hubung singkat	50
4.4.3 Hasil Pengujian Pengontrolan Distribusi	53
BAB 5. KESIMPULAN	57
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA	58



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Mega2560.....	10
Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino Uno.....	11
Tabel 3.1 Waktu Penelitian.....	16
Tabel 3.2 Daftar Peralatan yang Digunakan.....	19
Tabel 3.5 Data Pengujian Respon <i>Relay</i>	36
Tabel 3.6 Data Hasil Pengujian Arus hubung singkat.....	36
Tabel 4.1 Data Kalibrasi Sensor Arus <i>Clamp</i>	40
Tabel 4.2 Data kalibrasi sensor arus ACS712.....	41
Tabel 4.3 Data Kalibrasi Sensor Tegangan.....	43
Tabel 4.5 Tabel Arus Prototipe.....	46
Tabel 4.6 Respon <i>relay</i>	48
Tabel 4.7 Kecepatan Respon <i>relay</i>	49
Tabel 4.8 Data Hasil Pengujian Arus hubung singkat.....	51
Tabel 4.9 Data <i>Respon Relay</i> pada Pengujian Arus hubung singkat.....	52
Tabel 4.10 Data hasil pengujian kontrol distribusi.....	54
Tabel 4.11 Data <i>Respon Relay</i> pada pengujian kontrol distribusi.....	55

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Prinsip kerja ELC	6
Gambar 2.2 Arduino Mega2560 (Sumber : www.arduino.cc).....	10
Gambar 2.3 Arduino Uno (Sumber : www.arduino.cc).....	11
Gambar 2.4 Arduino Ethernet Shield R3 (Sumber: https://www.Arduino.cc)	12
Gambar 2.5 Sensor Tegangan DCT-Elektronik	12
Gambar 2.6 Rangkaian Sistematis Sensor Arus	13
Gambar 2.7 Rangkaian <i>Relay</i> (http://www.gloab.com/relays/relays.html)	13
Gambar 2.8 Bagian kabel UTP (Rafaeltkj.blogspot.com)	14
Gambar 2.9 Construction of a TCP IP-Ethernet Data Paket.....	17
Gambar 3.1 Jaringan Distribusi PLTMH Gunung Sawur.....	21
Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem	22
Gambar 3.3 Desain HMI.....	24
Gambar 3.4 Sistem Pengiriman Data	26
Gambar 3.5 Rangkaian Sensor Tegangan	31
Gambar 3.6 Kalibrasi Sensor Tegangan	32
Gambar 3.7 Rangkaian Sensor Arus ACS712-5A	32
Gambar 3.8 Rangkaian <i>Relay</i>	33
Gambar 3.9 <i>Flowchart</i> Sistem	34
Gambar 3.10 Rancangan Alat	37
Gambar 4.1 Alat Pengambil Data Arus.....	37
Gambar 4.2 Rangkaian <i>monitoring</i> dan kontrol.....	38
Gambar 4.3 Kalibrasi sensor arus <i>clamp</i>	39
Gambar 4.4 Kalibrasi sensor arus ACS712.....	41
Gambar 4.5 Kalibrasi sensor tegangan.....	42
Gambar 4.6 Data arus tertinggi jaringan PLTMH Gunung Sawur	45
Gambar 4.7 Pengujian respon <i>relay</i>	50
Gambar 4.8 Grafik pengujian arus hubung singkat	53
Gambar 4.9 Grafik pengujian pengontrolan distribusi.....	56

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konsumsi listrik Indonesia setiap tahunnya terus meningkat sejalan dengan peningkatan pertumbuhan ekonomi nasional. Oleh karena itu, prakiraan kebutuhan listrik jangka panjang di Indonesia sangat diperlukan agar dapat menggambarkan kondisi kelistrikan saat ini dan masa datang. Dengan diketahuinya perkiraan kebutuhan listrik jangka panjang antara tahun 2003 hingga tahun 2020 akan dapat ditentukan jenis dan perkiraan kapasitas pembangkit listrik yang dibutuhkan di Indonesia selama kurun waktu tersebut (Firman dkk, 2013).

Kebutuhan energi listrik yang begitu besar tetapi tidak diimbangi dengan pemerataan jaringan listrik terutama di daerah terpencil, seperti di daerah pegunungan. Hal ini yang membuat adanya sebuah ide untuk membuat sebuah PLTMH untuk memenuhi kebutuhan energi listrik tersebut terutama di daerah pegunungan yang memiliki potensi air yang tinggi. Salah satunya adalah pembangkit mikrohidro di Gunung Sawur di Desa Sumberwuluh, Kecamatan Candipuro, Kabupaten Lumajang, Jawa Timur. PLTMH Gunung Sawur membangkitkan daya maksimal sebesar 14 kW dan daya minimum sebesar 8 kW, yang digunakan untuk konsumsi 82 rumah tangga, 1 masjid, 1 POLINDES, dan 1 *workshop*.

Sistem pendistribusian tenaga listrik ke masyarakat menggunakan jaringan radial. Sistem ini memiliki bentuk yang paling sederhana dari semua jenis sistem jaringan distribusi. Sistem ini penyalurannya secara radial dari sumber tenaga listrik sampai ke titik beban atau ke pelanggan namun memiliki probabilitas terjadinya pemadaman sangat besar, karena secara susunan peralatan memungkinkan pemadaman pada salah satu peralatan berimbas kepada peralatan yang lain (Sholeh, 2014). Pada PLTMH Gunung Sawur masalah biasanya terjadi pada jaringan listrik yaitu daya yang dihasilkan kurang mencukupi ketika beban dalam kondisi puncak terutama saat musim kemarau, sulitnya mencari kerusakan pada jaringan ketika terjadi kerusakan pada kabel sehingga mengakibatkan short fasa ke tanah, dan jika terjadi perbaikan pada salah satu jaringan maka seluruh jaringan akan dimatikan.

Penelitian sebelumnya yang berjudul *SCADA System Applied To Micro Hydropower Plant* dan Pemantauan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro yang membahas tentang *monitoring* pembangkit mikrohidro, sedangkan pada penelitian ini membahas sistem distribusi jaringan listrik PLTMH Gunung Sawur yang diharapkan lebih efektif dan lebih baik ketika mengalami permasalahan seperti diatas dengan SCADA. Pada penelitian dibuat rancang bangun *prototipe* sebuah sistem SCADA yang melakukan *monitoring* sekaligus mengontrol distribusi tenaga listrik, dengan memakai data dan sistem jaringan dari PLTMH Gunung Sawur. Dalam penelitian membahas jaringan PLTMH Gunung Sawur ketika terjadi arus hubung singkat pada percabangan dan saat beban maksimum dengan daya pembangkitan yang minimum sebesar 8 kW. Pada sistem *monitoring* dan kontrol akan menggunakan sensor arus, sensor tegangan dan *relay*. Jika terjadi kelebihan beban maka akan bisa diketahui dengan *monitoring* sensor arus dan bisa langsung diputus untuk melokalisir kerusakan dengan menggunakan *relay*. Sedangkan untuk sensor tegangan akan ditempatkan pada awal jaringan distribusi untuk melakukan *monitoring* tegangan yang mengalir di jaringan. Sensor arus, sensor tegangan, dan *relay* terhubung pada Arduino Mega 2560 dan Arduino Uno yang berfungsi sebagai RTU. Dari RTU seluruh data akan dikirimkan ke MTU dengan menggunakan media komunikasi kabel UTP tipe *cross* dengan sistem Modbus TCP/IP. Data yang dikirim ke MTU akan diproses dan ditampilkan dengan menggunakan HMI (*Human Machine Interface*) sehingga dapat melakukan *monitoring* dan pengontrolan secara *real time* oleh *dispatcher* terhadap seluruh jaringan.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini ada beberapa hal yang menjadi rumusan masalah untuk menjadi rujukan apa yang akan dilakukan dan diteliti, diantaranya :

1. Bagaimana merancang dan membangun *prototipe* sistem *monitoring* dan pengontrolan distribusi pada jaringan PLTMH Gunung Sawur?
2. Bagaimana sistem tersebut dapat melakukan *monitoring* tegangan dan arus secara *real time*?
3. Bagaimana sistem tersebut dapat melakukan pengontrolan pada kondisi daya minimum?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan uraian rumusan masalah tersebut, maka pembahasan pada penelitian ini dibatasi pada pembahasan berikut agar pembahasan lebih terfokuskan. Batasan masalah tersebut diantaranya sebagai berikut.

1. Sistem hanya melakukan *monitoring* tegangan dan arus.
2. Tegangan pada sistem dianggap stabil dan menggunakan sumber satu fasa dengan tegangan 220 V dari PLN.
3. *Telemetry* menggunakan Modbus TCP/IP dengan media komunikasi menggunakan kabel UTP tipe *cross*.
4. Hanya membahas sistem distribusi jaringan PLTMH Gunung Sawur pada saat daya pembangkitan minimum.
5. Beban yang digunakan adalah lampu pijar.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian yang dilakukan ini memiliki beberapa tujuan untuk dicapai sebagai pencapaian akhir, diantaranya :

1. Dapat merancang dan membangun prototipe sistem *monitoring* dan pengontrolan distribusi listrik pada jaringan PLTMH Gunung Sawur.
2. Dapat melakukan *monitoring* tegangan dan arus secara *real time*.
3. Dapat menentukan pendistribusian energi listrik jika daya listrik yang dihasilkan PLTMH tidak dapat mencukupi seluruh kebutuhan masyarakat.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan setelah penelitian ini tercapai adalah sistem yang telah dibuat dapat menyelesaikan permasalahan yang ada di PLTMH Gunung Sawur. Sehingga tegangan dan arus dapat dimonitor, saat ada kerusakan pada jaringan maka *relay* dapat dikontrol sehingga perbaikan dapat dilakukan tanpa harus mematikan seluruh jaringan. Hal tersebut dapat dilakukan secara *real time* dengan menggunakan laptop.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem Distribusi adalah bagian dari sistem tenaga listrik, sistem distribusi berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik sampai ke konsumen. Jadi fungsi distribusi tenaga listrik adalah pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan), dan merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi. Ada beberapa jenis jaringan distribusi menurut susunan rangkiannya yaitu:

1. Sistem Radial

Sistem ini memiliki bentuk yang paling sederhana dari semua jenis sistem jaringan distribusi. Sistem ini penyalurannya secara radial dari sumber tenaga listrik sampai ke titik beban atau ke pelanggan namun memiliki probabilitas terjadinya pemadaman sangat besar, karena secara susunan peralatan memungkinkan pemadaman pada salah satu peralatan berimbas kepada peralatan yang lain. Sistem Radial ini umumnya pada Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) karena terbuka di udara diperlukan pemeliharaan yang tinggi.

2. Sistem *Mesh*

Sistem jaringan distribusi yang konfigurasinya memiliki banyak pilihan saluran dan sumber. Akibatnya titik bebannya akan disuplai oleh banyak saluran penyulang dan sumber yang berbeda, sehingga sistem ini akan memiliki kontinuitas penyaluran tenaga listrik paling andal, akan tetapi memerlukan biaya investasi yang besar.

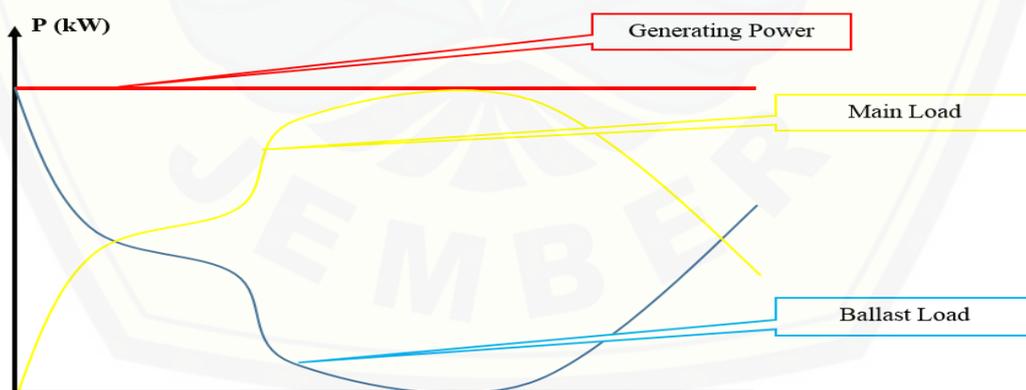
3. Sistem *Spindel*

Ciri khas sistem jaringan distribusi ini adalah memanfaatkan peralatan gardu induk dan gardu hubung serta satu penyulang khusus yang tidak terbebani sebagai penyulang cadangan yang disebut penyulang ekspres. Gardu induk merupakan sumber daya, dan gardu hubung merupakan tempat hubungan ujung-ujung feeder penyaluran daya ke beban-beban yang bersumber pada gardu induk. Jaringan spindel ini dikembangkan untuk melayani beban - beban industrial yang

memiliki nilai keandalan yang baik dan pelanggan potensial ekonomis yang tinggi.

2.2 Elektronik Load Controller (ELC)

Elektronik Load Controller (ELC) merupakan sebuah alat yang digunakan untuk membuat daya yang dibangkitkan oleh generator sinkron selalu sama dengan daya yang diserap sehingga dapat dibangkitkan tegangan dan frekuensi yang stabil dengan cara membuang kelebihan daya yang tidak digunakan oleh konsumen ke *ballast load*. *Ballast load* merupakan bagian dari ELC yang berfungsi sebagai beban resistif. Untuk prinsip kerja dari ELC adalah apabila daya yang diserap oleh konsumen berubah maka mengakibatkan perubahan frekuensi (frekuensi akan turun bila daya diserap konsumen bertambah dan sebaliknya), perubahan frekuensi ini akan segera dideteksi dan dimanipulasi untuk mengatur sudut penyalan dari *Silicone Controlled Rectifier (SCR)*. SCR yang berada pada ELC merupakan saklar elektronik yang mengatur besar kecilnya daya yang harus dibuang ke *ballast load* atau diambil dari *ballast load* sesuai dengan perubahan frekuensi yang terjadi, sehingga dapat dicapai kembali kondisi daya yang dibangkitkan sama dengan daya yang diserap oleh konsumen dan *ballast load*. Prinsip kerja dari ELC lebih jelasnya bisa dilihat pada gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1 Prinsip kerja ELC

Dari gambar 2.1 diketahui bahwa ELC menyeimbangkan beban generator terhadap perubahan *main load*. Dengan demikian output generator akan tetap stabil meskipun terjadi perubahan pada *main load*, sehingga tegangan maupun *frequency* stabil dan membuat jumlah daya *ballast load* dan *main load* akan selalu sama

dengan *generating power*. Penggunaan ELC sangat cocok untuk pembangkit skala *micro run of river* (tanpa ada penampung atau tandon yang besar). Berikut adalah beberapa keuntungan dari penggunaan ELC:

1. Dapat menghindari peralatan mekanikal atau elektrikal yang rumit dan mahal.
2. Peralatan *load control* relatif simple dan murah.
3. *Load control* dapat menerima perubahan beban besar.
4. Perbaikan dapat dilakukan dengan mudah.

2.3 Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA)

SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) adalah salah satu sistem pengendalian yang mengefisienkan pengoperasian jaringan tenaga listrik, karena dengan sistem SCADA jaringan dapat di-*monitoring*, dikendalikan dan dimanuver secara *remote* (Sholeh, 2014). Sistem ini dapat menghemat biaya jika terjadi kerusakan pada jaringan karena reaksinya yang cepat dalam memberitahu kerusakan atau masalah pada jaringan sehingga kerusakan bisa diisolasi dan tidak mengganggu jaringan yang masih sehat. Seluruh informasi yang didapat berasal dari sensor-sensor yang dipasang pada tempat yang penting seperti gardu induk. Informasi tersebut berupa data tegangan, arus, frekuensi, daya aktif dan daya reaktif yang bisa di-*monitoring* secara real time. Secara otomatis informasi yang didapat berupa data dapat disimpan pada database. Data yang sudah diketahui dapat menjadi acuan untuk mengontrol beban pada jaringan. Pada umumnya sistem SCADA mempunyai 3 fungsi yaitu yang pertama adalah *telemetry* yang berfungsi melakukan pengukuran beban pada jaringan yang dapat berupa arus, tegangan, frekuensi, daya aktif, daya reaktif dan lainnya. Kedua adalah *telesignaling* yang berfungsi mengumpulkan status pada peralatan seperti *relay* apakah dalam kondisi terbuka atau tertutup dan peralatan yang lain. Ketiga adalah *telecontrol* berfungsi melakukan perintah *remote control* seperti membuka dan menutup *relay*. Dengan seluruh fungsi tersebut semua kondisi di lapangan dapat diketahui secara cepat oleh operator.

2.4 Master Terminal Unit (MTU)

Master Terminal Unit atau MTU merupakan sebuah sistem komputer yang memiliki fungsi untuk mengolah data yang telah diterima dari sistem tenaga listrik yang ada agar bisa dimonitor oleh operator melalui peralatan bantu yang bernama HMI atau *Human Machine Interface*. Selain itu MTU juga berfungsi mengambil data dari tiap-tiap RTU (*Remote Terminal Unit*) jika RTU lebih dari 1. Sistem pengambilan data ini disebut polling. MTU dan HMI bisa dijadikan 1 bagian saat MTU menggunakan komputer yang sama dengan HMI itu sendiri.

2.4.1 Human Machine Interface (HMI)

HMI adalah subsistem dari SCADA yang berfungsi menampilkan data dari hasil pengukuran di RTU ataupun menampilkan proses yang sedang terjadi pada keseluruhan sistem. HMI merupakan sebuah *software* pada komputer berbasis grafis yang berfungsi untuk mempermudah pengawasan (*supervisory*) kepada operator. HMI mengubah data-data dan angka kedalam animasi, grafik atau *trend*, dan bentuk yang mudah diterjemahkan oleh operator.

2.4.2 Database

Database adalah sekumpulan data yang sudah disusun sedemikian rupa dengan ketentuan atau aturan tertentu yang saling berhubungan sehingga memudahkan pengguna dalam mengelolanya. Adapula yang mendefinisikan *database* sebagai kumpulan file, tabel, atau arsip yang saling terhubung yang disimpan dalam media elektronik.

2.5 Remote Terminal Unit (RTU)

RTU atau *Remote Terminal Unit* adalah subsistem SCADA yang berfungsi sebagai terminal-terminal (semacam stasiun data) dari hasil pengukuran, pengendalian, pemantauan status dan lain-lain. RTU juga berfungsi menerjemahkan, mengkonversi, menghitung sinyal dari *transducer* seperti pengukuran arus listrik, *Flow*, *Static Pressure*, *Differensial Pressure*, temperatur, dan lain-lain. dari hasil pengukuran tersebut hal yang dilakukan RTU adalah

melakukan kendali (jika merupakan sistem kendali) kemudian mengirim data ke MTU atau langsung mengirim data ke MTU jika sistem di RTU bukan untuk pengendalian (*Controlling*). RTU juga dapat berfungsi sebagai pengatur *set point* yang dikirimkan dari HMI atau MTU ke RTU tersebut.

2.5.1 Arduino Mega2560

Arduino Mega2560 adalah papan *mikrokontroler* berbasis ATmega2560 (*datasheet* ATmega2560). Arduino Mega2560 memiliki 54 pin digital *input* atau *output*, dimana 15 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM, 16 pin sebagai *input* analog, dan 4 pin sebagai UART (*port serial hardware*), 16 MHz kristal *osilator*, koneksi USB, *jack power*, *header ICSP*, dan tombol *reset*. Ini semua yang diperlukan untuk mendukung *mikrokontroler*. Cukup dengan menghubungkannya ke komputer melalui kabel USB atau *power* dihubungkan dengan *adaptor* AC-DC atau baterai untuk mulai mengaktifkannya. Arduino Mega2560 kompatibel dengan sebagian besar *shield* yang dirancang untuk Arduino *Duemilanove* atau Arduino *Diecimila*. Arduino Mega2560 adalah versi terbaru yang menggantikan versi Arduino Mega.

Arduino Mega2560 berbeda dari papan sebelumnya, karena versi terbaru sudah tidak menggunakan *chip driver* FTDI USB-to-serial. Tapi, menggunakan *chip* ATmega16U2 (ATmega8U2 pada papan Revisi 1 dan Revisi 2) yang diprogram sebagai *converter* USB-to-serial. Arduino Mega2560 Revisi 2 memiliki resistor penarik jalur HWB 8U2 ke *Ground*, sehingga lebih mudah untuk dimasukkan ke dalam *mode* DFU.

Arduino Mega2560 Revisi 3 memiliki fitur-fitur baru berikut:

1. 1.0 *pin out* : Ditambahkan pin SDA dan pin SCL yang dekat dengan pin AREF dan dua pin baru lainnya ditempatkan dekat dengan pin RESET, IOREF memungkinkan *shield* untuk beradaptasi dengan tegangan yang tersedia pada papan. Di masa depan, *shield* akan kompatibel baik dengan papan yang menggunakan AVR yang beroperasi dengan 5 Volt dan dengan Arduino *Due* yang beroperasi dengan tegangan 3.3 Volt. Dan ada dua pin yang tidak terhubung, yang disediakan untuk tujuan masa depan.

2. Sirkuit RESET.
3. Chip ATmega16U2 menggantikan chip ATmega8U2.



Gambar 2.2 Arduino Mega2560 (Sumber : www.arduino.cc)

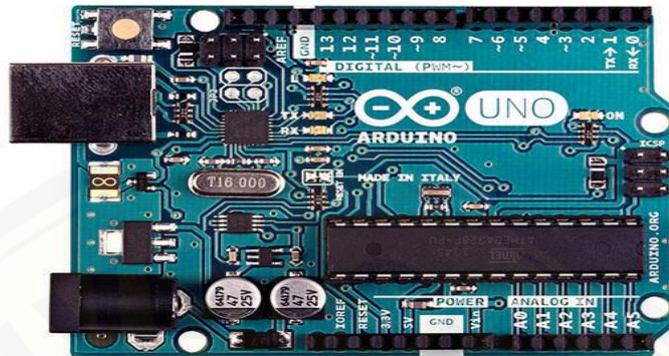
Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Mega2560

Nama	Spesifikasi
<i>Microcontroller</i>	ATmega2560
<i>Operating Voltage</i>	5V
<i>Input Voltage (recommended)</i>	7-12V
<i>Input Voltage (limit)</i>	6-20V
<i>Digital I/O Pins</i>	54 (of which 15 provide PWM output)
<i>Analog Input Pins</i>	16
<i>DC Current per I/O Pin</i>	20 mA
<i>DC Current for 3.3V Pin</i>	50 mA
<i>Flash Memory</i>	256 KB
<i>SRAM</i>	8 KB
<i>EEPROM</i>	4 KB
<i>Clock Speed</i>	16 MHz
<i>Length</i>	101.52 mm
<i>Width</i>	53.3 mm
<i>Weight</i>	37

2.5.2 Arduino Uno

Arduino Uno merupakan *mikrokontroler* berbasis atmega 328 yang memiliki fungsi yang hampir sama dengan Arduino Mega. Perbedaannya hanya

pada jumlah pin dan kapasitas penyimpanannya yang lebih sedikit dari Arduino Mega.



Gambar 2.3 Arduino Uno (Sumber : www.arduino.cc)

Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino Uno

Nama	Spesifikasi
Mikrokontroler	ATmega328
Operasi tegangan	5Volt
Input tegangan	7-11Volt
Input tegangan batas	6-20Volt
Pin I/O digital	14 (6 bisa untuk PWM)
Pin Analog	6
Arus DC tiap pin I/O	50mA
Arus DC ketika 3.3V	50mA
Memori flash	32 KB (ATmega328) dan 0,5 KB digunakan oleh bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Kecepatan clock	16 Hz

2.5.3 Arduino Ethernet Shield R3

Modul ini berfungsi untuk menghubungkan arduino ke jaringan internet..Hanya dengan menghubungkan modul ini ke arduino *board*, kemudian tinggal menghubungkan ke *router* dengan menggunakan kabel *straight*. Selain itu

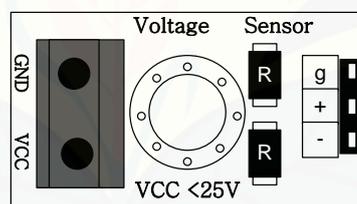
modul tersebut juga digunakan sebagai penerima dan pengirim data dengan menggunakan media kabel.



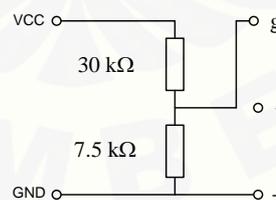
Gambar 2.4 Arduino Ethernet Shield R3 (Sumber: <https://www.Arduino.cc>)

2.5.4 Sensor Tegangan

Sensor tegangan adalah modul pembagi tegangan yang digunakan untuk mengubah tegangan yang akan diukur untuk dapat diumpankan ke pin *controller* yang sudah memiliki konverter analog ke digital (ADC).



(a)



(b)

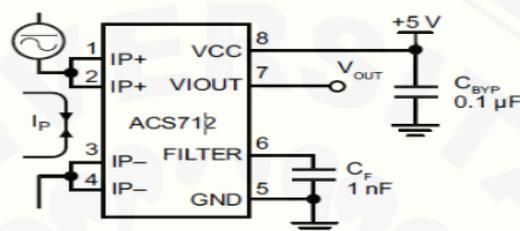
Gambar 2.5 Sensor Tegangan DCT-Elektronik

(a) Modul sensor pembagi tegangan, (b) Diagram skematik dari sensor.

Kaki VCC dan GND adalah kaki-kaki untuk menempatkan terminal tegangan yang akan diukur sedangkan pin g, + dan – adalah pin untuk dihubungkan dengan kaki ADC kontroler (Autodesk.Inc,2015).

2.5.5 Sensor Arus

Sensor arus adalah perangkat yang mendeteksi arus listrik (AC atau DC) di kawat, dan menghasilkan sinyal sebanding dengan itu. Sinyal yang dihasilkan bisa tegangan analog atau arus atau bahkan digital. Hal ini dapat kemudian digunakan untuk menampilkan arus yang akan diukur dalam ampermeter atau dapat disimpan untuk analisis lebih lanjut dalam sistem akuisisi data atau dapat dimanfaatkan untuk tujuan kontrol.

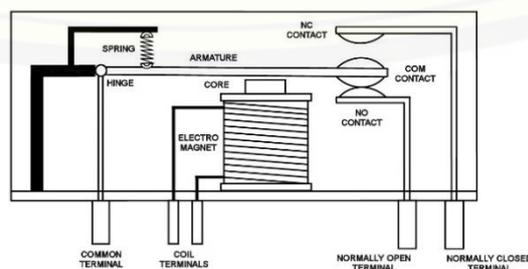


Gambar 2.6 Rangkaian Sistematis Sensor Arus

Prinsip kerja rangkaian sensor arus ini adalah dengan memanfaatkan tegangan dari generator untuk mengukur arus yang dihasilkan oleh generator dengan menggunakan IC ACS2712 sebagai *converter* sehingga arus dapat dibaca pada range 0-30 A.

2.5.6 Relay

Relay adalah suatu peranti yang menggunakan elektromagnet untuk mengoperasikan seperangkat kontak sakelar. Susunan paling sederhana terdiri dari kumparan kawat penghantar yang dililit pada inti besi. Bila kumparan ini dienergikan, medan magnet yang terbentuk menarik armatur berporos yang digunakan sebagai pengungkit mekanisme sakelar magnet.



Gambar 2.7 Rangkaian *Relay* (<http://www.glolab.com/relays/relays.html>)

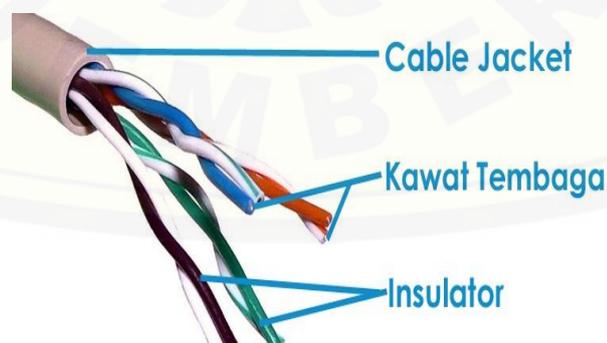
2.6 Media Komunikasi

Ada beberapa media komunikasi yang digunakan dalam proses pengoperasian peralatan sistem SCADA, diantaranya :

1. Kabel (Pilot Cable, RS 232,RS 485 & PLC)
2. *Fiber Optic*
3. *Radio/Nirkabel*
4. *Microwave*

2.6.1 Kabel UTP (Unshielded Twisted Pair)

Kabel UTP merupakan singkatan dari Unshielded Twisted Pair, fungsi kabel jaringan UTP adalah sebagai media pendukung demi terciptanya sebuah jaringan LAN (Local Area Network) yang baik dan sempurna, dimana kabel jaringan UTP adalah komponen penting yang menghubungkan komputer ke beberapa perangkat jaringan seperti *Hub* atau *Switch* agar membentuk sebuah koneksi atau hubungan. Kabel UTP dibagi menjadi dua tipe yaitu tipe *straight* dan tipe *crossover*. Untuk karakteristik kabel jaringan UTP (Unshielded Twisted Pair) adalah bagian dalamnya terdiri dari 2 kawat tembaga yang dibagi menjadi 8 dawai lalu dikelompokkan lagi menjadi 4 pasang (pair). Setiap dawai tersebut dipilin (twisted) saling berlilitan sehingga membentuk sebuah pola berbentuk spiral, dan dilapisi oleh insulator yang dirancang dengan beraneka ragam warna. Dibawah ini merupakan gambar dari kabel UTP.



Gambar 2.8 Bagian kabel UTP (Rafaeltkj.blogspot.com)

Kabel UTP memiliki beberapa bagian diantaranya adalah kabel tembaga yang terletak pada bagian tengah yang berfungsi sebagai media konduktor listrik. Untuk setiap kawat dilapisi oleh insulator yang berfungsi untuk melindungi kawat tembaga agar tidak bersentuhan langsung dengan kawat tembaga lainnya saat dipilin. Sedangkan *cabel jacket* berfungsi sebagai pelindung kabel UTP sendiri terhadap gangguan dari luar. Beberapa keuntungan menggunakan kabel UTP adalah

1. Kecepatan dan keluaran transmisi mencapai 10 – 100 Mbps.
2. Panjang Kabel maksimal yang diizinkan yaitu 100 meter (pendek).
3. Biaya rata-rata per node murah.
4. Pemeliharaan kabel jaringan UTP (Unshielded Twisted Pair) terkenal mudah.
5. Kerusakan yang terjadi pada salah satu saluran kabel jaringan UTP (Unshielded Twisted Pair) tidak akan mengganggu jaringan secara keseluruhan.

2.6.2 Protokol Modbus

Modbus berasal dari kata Modicon dan Bus, adalah protokol komunikasi yang dikembangkan oleh Modicon pada tahun 1979. Banyak perusahaan yang menggunakan Modbus untuk peralatan mereka sehingga memudahkan integrasi dari satu sistem dengan sistem lainnya. Modbus beroperasi dalam mode *master* dengan *slave*, *master* (misalnya, HMI) memulai komunikasi dengan mengirim pesan permintaan ke *slave* (*Programmable Logic Controller*). *Programmable Logic Controller* hanya menanggapi permintaan dan tidak melakukan komunikasi (Erez & Wool, 2015). Dengan demikian, secara “de facto” modbus menjadi komunikasi standard pada dunia industri untuk menghubungkan antar smart *controller*, keunggulan modbus antara lain:

1. Bersifat terbuka dan bebas royalti.
2. Mudah penerapannya.
3. Tidak ada pembatasan komunikasi bagi *vendor* yang menggunakan.

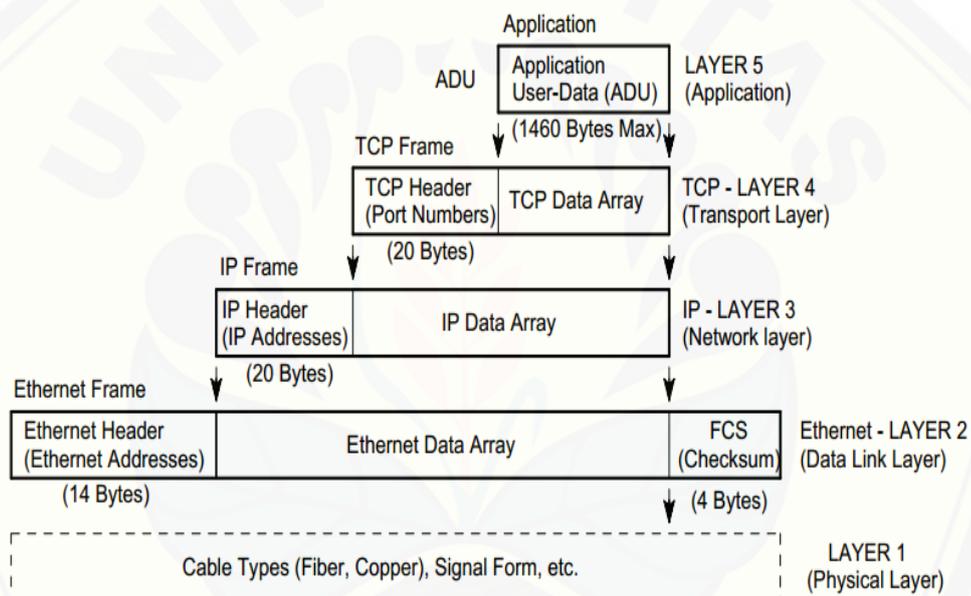
4. Banyak Perangkat lunak SCADA dan HMI telah mendukung.
5. Mudah menggabungkan terhadap peralatan yang berbeda.

Komunikasi dengan menggunakan Protokol Modbus bisa melalui perantara *port serial* (RS-232, RS-485, FO), bisa juga melalui *Ethernet* (LAN) dan jaringan lainnya yang mendukung protokol Internet. Kebanyakan perangkat Modbus berkomunikasi melalui serial EIA-485 *physical layer*, umumnya pabrikan sensor dan *transducer* tipe *compact* menggunakan ini karena jauh lebih simple dan *low-cost*. Ada banyak varian protokol Modbus. Modbus RTU digunakan dalam komunikasi serial & menggunakan representasi nilai data biner yang dipadatkan sebagai protokol komunikasi. Format RTU mengikuti *request* perintah atau transfer data dengan *cyclic redundancy check checksum* sebagai mekanisme pemeriksaan kesalahan (*error-check*) untuk memastikan keandalan data. Modbus RTU adalah implementasi yang paling umum dari semua jenis Modbus yang ada. Sebuah pesan Modbus RTU harus dikirimkan secara terus menerus tanpa jeda antar-karakter. Setiap pesan Modbus dibingkai atau dipisahkan oleh periode-periode saat *idle* (tanpa komunikasi atau Port komunikasi ditutup atau OFF). Komunikasi via Modbus RTU sering dipakai dalam sistem *monitoring* skala kecil dimana sensor-sensor dan komputer HMI letaknya tidak sangat jauh.

Modbus TCP IP adalah protokol yang hanya bisa digunakan untuk komunikasi melalui jaringan TCP IP atau umumnya dikenal dengan jaringan LAN. Modbus TCP IP tidak memerlukan kalkulasi checksum pada *layer* terakhir untuk menangani kesalahan transfer data seperti pada komunikasi serial. Modbus TCP IP lebih cepat dalam melakukan transfer data dibanding dengan Modbus RTU apalagi Modbus ASCII. Pada aplikasi sistem SCADA atau pun Automation yang kompleks dimana digunakan perangkat IED dalam jumlah yang banyak dan beraneka ragam atau dimana tingkat *traffic* transfer data yang padat, saya lebih menyarankan penggunaan Modbus TCP/IP untuk mencapai tingkat real-time yang lebih tinggi.

Modbus over TCP IP or Modbus over TCP ini adalah varian Modbus yang berbeda dari Modbus TCP dimana digunakan *checksum* atau kalkulasi kesalahan transfer data (*error-check*) yang termasuk dalam *payload* seperti Modbus RTU. Perintah Modbus berisi alamat Modbus perangkat yang ingin dituju atau yang ingin

diminta berkomunikasi.. Hanya perangkat yang dimaksudkan akan bertindak atas perintah, meskipun perangkat lain mungkin juga menerima pesan atau perintah tersebut (pengecualian adalah perintah broadcastable khusus dikirim ke node 0 yang bertindak tapi tidak diakui). Semua perintah pada Modbus mengandung pemeriksaan informasi, untuk memastikan bahwa perintah yang datang tidak rusak atau *error*. Perintah dasar pada Modbus dapat memerintahkan sebuah RTU untuk mengubah nilai salah satu kontrol, register atau membaca sebuah *port Input/Output*, serta sekaligus memerintahkan perangkat untuk mengirimkan kembali satu atau lebih nilai yang terkandung dalam register yang diakses atau dirubah tersebut.



Gambar 2.9 Construction of a TCP IP-Ethernet Data Paket

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini untuk mencapai hasil penelitian yang sesuai dengan tujuan yang diharapkan, adapun tahapan yang direncanakan dalam penelitian ini berisi kegiatan sebagaimana yang dijelaskan dalam bagian berikut.

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Sistem Tenaga Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Slamet Riyadi No. 62 Patrang, Jember 68111.

3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan selama 4 bulan. Pada bulan Februari 2017 sampai Mei 2017.

Tabel 3.1 Waktu Penelitian

No	Kegiatan	Bulan Ke-/Minggu															
		Bulan 1				Bulan 2				Bulan 3				Bulan 4			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Tahap Persiapan	■															
2.	Studi Literatur		■	■	■												
3.	Perancangan <i>Database</i>				■	■	■										
4.	Pembuatan <i>Database</i>					■	■	■									
5.	Perancangan Sistem <i>Monitoring</i> dan Kontrol							■									
6.	Pembuatan Sistem <i>Monitoring</i> dan Kontrol								■	■	■	■					
7.	Pengujian												■	■	■		
8.	Analisa Data													■	■	■	
9.	Pembuatan Laporan														■	■	■

3.2 Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini digunakan peralatan-peralatan yang digunakan untuk menunjang pengambilan data. Sedangkan untuk penjelasan beberapa komponen lebih lengkapnya sebagaimana dijelaskan dalam Bab 2. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

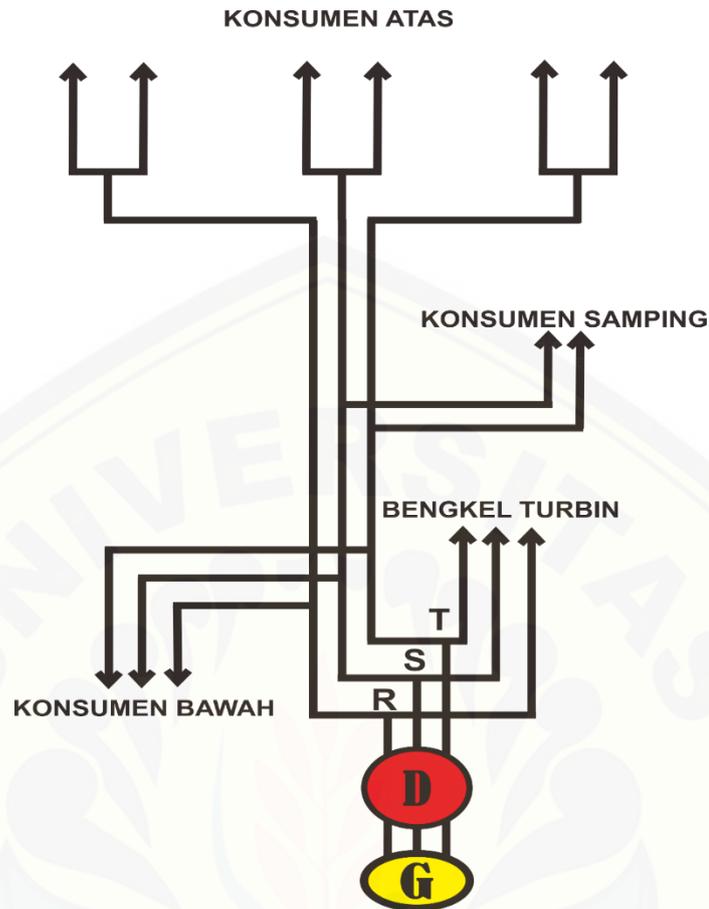
Tabel 3.2 Daftar Peralatan yang Digunakan

No	Nama Alat	Spesifikasi Teknis dan Penjelasan
1	Digital Multimeter	Sanwa CD751 3200 Count/Bar Graph DC-1000 V AC-750 V MAX(CAT.II) DC-AC 600 V MAX(CAT.III)
2	Arduino Mega	Arduino Mega 2560, ATmega16u2 <i>microkontroller</i> , <i>input voltage Input voltage - 7-12V, 5V Electric</i> <i>current : 500MA, 3.3V Electric current : 50MA, 14</i> <i>Digital I/O Pins (15 PWM outputs), 39 Analog</i> <i>Inputs, 32k Flash Memory, 16Mhz Clock Speed</i> ARDUINO UNO R3. ATmega328-AU
3	Arduino Uno	<i>microcontroller, Input voltage - 7-12V, 5V Electric</i> <i>current : 500MA, 3.3V Electric current : 50MA, 14</i> <i>Digital I/O Pins (6 PWM outputs), 8 Analog Inputs,</i> <i>32k Flash Memory, 16Mhz Clock Speed</i>
4	Sensor arus	Modul Sensor IC ACS2712
5	Sensor Tegangan	Terdiri dari 4 dioda dan 6 buah resistor yang dirangkai secara seri 5 buah resistor 100 k Ω dan 1 buah resistor 6k8 Ω
6	Arduino Ethernet Shield R3	<i>Operating voltage 5V, Ethernet Controller: W5100</i> <i>with internal 16K buffer Connection speed:</i> 10/100Mb, <i>connection with Arduino on SPI port</i>
7	Laptop/PC	Advan G2T-65S Windows 8.1

		Model: TDGC-2/0,5 ; INPUT 110/220 Volt ;
8	AVR	OUTPUT 0-250 Volt ; 20-60 Hz ; I _{max} 8A ; CAP. 2KVA
8	Router	NETGEAR DGN 1000SP
9	Lampu Pijar	Lampu pijar merk Philiphs
10	Peralatan tambahan	<i>Jumper, bus bar, Obeng, dan lain-lain</i>

3.3 Jaringan Distribusi PLTMH Gunung sawur

Jaringan distribusi yang dipakai adalah sistem radial. Sistem ini merupakan sistem paling sederhana yang ada dalam sistem jaringan distribusi. Sistem ini hanya memiliki satu jalur utama yang menyuplai seluruh percabangan dan setiap percabangan tidak ada yang saling terhubung. Dalam menyalurkan tenaga listrik dari sumber ke konsumen sistem ini memiliki probabilitas terjadinya pemadaman sangat besar jika terjadi kerusakan pada jaringan. Hal ini bisa terjadi apabila ada kerusakan pada salah satu percabangan atau jalur utama, sehingga harus dilakukan pemadaman untuk melakukan perbaikan pada jaringan tersebut. Keadaan ini sangat merugikan konsumen yang memakai tenaga listrik dari PLTMH jika seluruh jaringan harus dimatikan jika hanya ada kerusakan disalah satu percabangan.. Dibawah ini adalah gambar dari jaringan distribusi PLTMH Gunung Sawur.



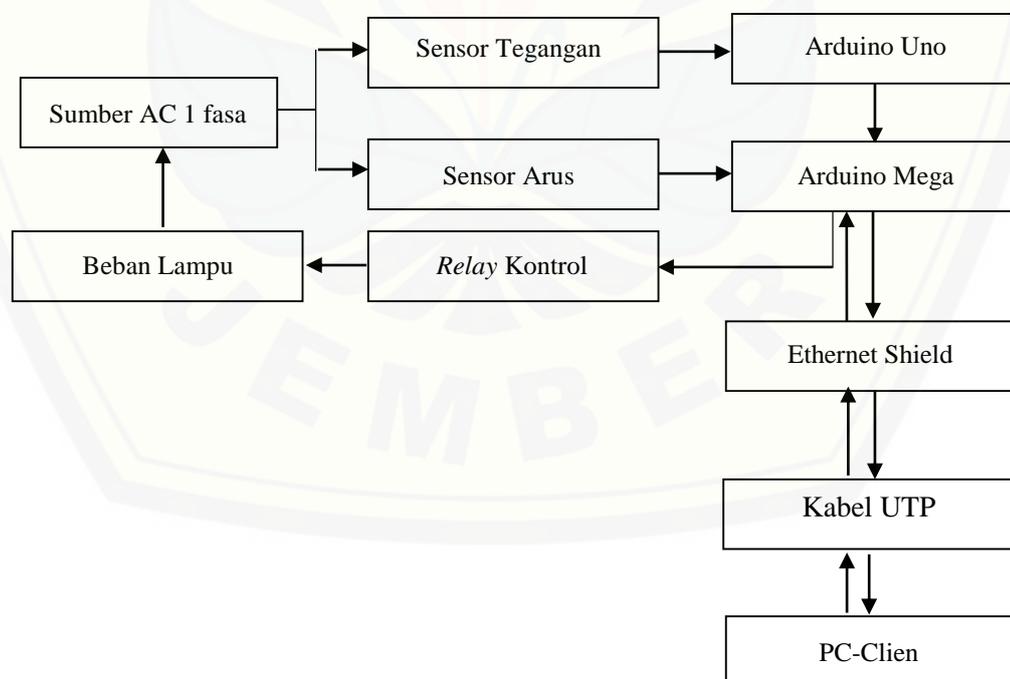
Gambar 3.1 Jaringan Distribusi PLTMH Gunung Sawur

Dari gambar diatas merupakan *single line diagram* dari jaringan PLTMH Gunung Sawur. Daya yang dihasilkan oleh generator tidak langsung didistribusikan tetapi masuk terlebih dahulu pada ELC (*Electrical Dummy Load*) yang berfungsi sebagai beban semu jika daya pembangkitan tidak diserap seluruhnya oleh konsumen agar generator tetap bekerja dengan normal. Selain itu ELC juga berfungsi sebagai penyeimbang jika terjadi beban yang tidak seimbang antar fasa, dan nilai toleransinya mencapai 5 ampere. Nilai toleransi tersebut didapat dari percobaan yang dilakukan sendiri oleh bapak Sucipto selaku pembuat PLTMH Gunung Sawur. Dari ELC jaringan terbagi menjadi 2 jaringan yaitu jaringan konsumen dan jaringan untuk bengkel turbin. Pembagian jaringan ini bertujuan untuk menghindari jika terjadi kerusakan pada bengkel turbin maka tidak mempengaruhi distribusi listrik pada konsumen. Karena pada bengkel turbin alat

yang digunakan secara keseluruhan menggunakan 3 fasa yang mengkonsumsi daya energi listrik yang sangat besar. Tetapi bengkel turbin sendiri hanya beroperasi pada pagi hari sampai sore hari, sehingga tidak mengganggu pasokan daya listrik ke konsumen karena pemakaian daya pada konsumen sangat sedikit dibandingkan ketika waktu malam tiba. Untuk jaringan konsumen mensuplai energi listrik untuk 82 rumah, 1 masjid, dan 1 POLINDES. Untuk jumlah KWh meter jumlahnya hanya ada 69 karena 1 KWh meter tidak dipakai untuk satu rumah tapi bisa sampai 3 rumah. Pada area konsumen bawah memiliki konsumen sebanyak 14 rumah, untuk area konsumen samping memiliki konsumen sebanyak 14 rumah, dan untuk area konsumen atas memiliki konsumen sebanyak 58 rumah, 1 masjid dan 1 POLINDES.

3.4 Blok Diagram Sistem

Pada penelitian kali untuk mendapatkan data yang diinginkan dan sesuai dengan tujuan awal maka sesuai dengan topik yang diambil untuk bentuk dari blok diagram sistem secara keseluruhan dapat dilihat seperti pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem

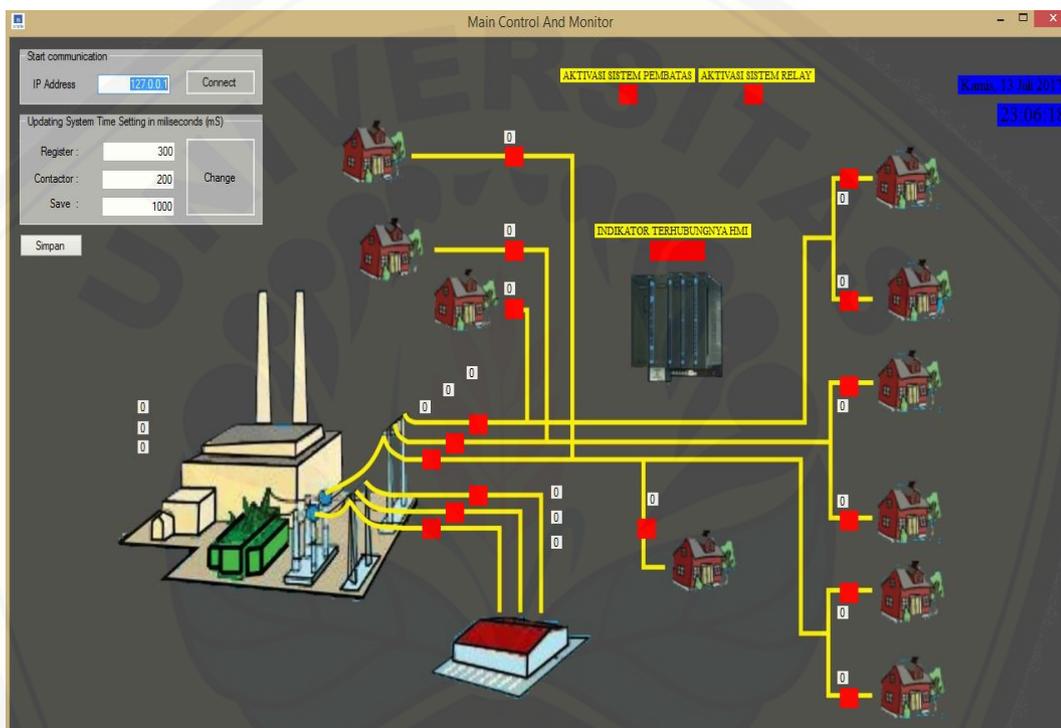
Rancang bangun prototipe sistem *monitoring* dan kontrol pada sistem distribusi di PLTMH Gunung Sawur yang menggunakan sistem SCADA. Gambar 3.1 menunjukkan perencanaan sistem yang akan dibangun. Sumber tenaga listrik yang dipakai adalah listrik 1 fasa dari PLN, sumber tersebut sebagai pengganti dari generator yang dipakai pada PLTMH. Kemudian sumber tenaga listrik disalurkan ke jaringan PLTMH Gunung Sawur yang sudah dibuat dalam bentuk rancang bangun prototipe dengan beban yang sudah yang disesuaikan dengan menggunakan skala perbandingan beban pada jaringan aslinya. Pada rancang bangun prototipe dipasang sensor arus sebanyak 16 buah yang letaknya berada pada setiap percabangan yang bertujuan untuk melakukan sistem *monitoring* pada seluruh jaringan dan sensor tegangan sebanyak 3 buah yang diletakkan pada awal jaringan pada fasa R, S, dan T.

Pembacaan nilai sensor tegangan dilakukan oleh Arduino Uno sedangkan untuk pembacaan sensor arus dilakukan oleh Arduino Mega. Penggunaan dua arduino dilakukan karena jumlah sensor yang berjumlah 19 buah sedangkan Arduino Mega hanya mampu menampung sensor sebanyak 16 buah, maka digunakan Arduino Uno untuk membantu kerja dari Arduino Mega. Sehingga nanti data pengukuran sensor tegangan akan dikirimkan dari Arduino Uno ke Arduino Mega menggunakan komunikasi I2C.

Data yang sudah terkumpul pada Arduino Mega akan dikirim ke PC-Client dibantu oleh ethernet shield dengan media komunikasi kabel UTP tipe cross dan menggunakan modbus TCP IP sebagai protokol komunikasi datanya. Pada PC-Client data yang sudah terkirim akan diolah, disimpan dan ditampilkan menggunakan bantuan dari HMI (Human Machine Interface). Pada HMI data tersebut digunakan untuk memberikan perintah untuk menghidupkan dan mematikan *relay*. Perintah tersebut akan dikirim ke Arduino Mega untuk dilaksanakan. Seluruh *relay* berjumlah 16 buah dikendalikan oleh Arduino Mega. *Relay* ditempatkan pada seluruh percabangan jaringan rancang bangun prototipe yang digunakan untuk memutus dan menyambung jaringan listrik.

3.5 Perencanaan *Human Machine Interface*

HMI (*Human Machine Interface*) merupakan sebuah bagian dari sistem SCADA yang berfungsi untuk mengolah, menampilkan data dan melihat kondisi *relay*. Selain itu HMI juga digunakan oleh operator untuk mengontrol *relay* yang ada. HMI dirancang menggunakan data jaringan dari PLTMH Gunung Sawur. Semua data yang ditampilkan pada HMI adalah data secara *realtime*. Dibawah ini adalah gambar dari desain dari HMI.



Gambar 3.3 Desain HMI

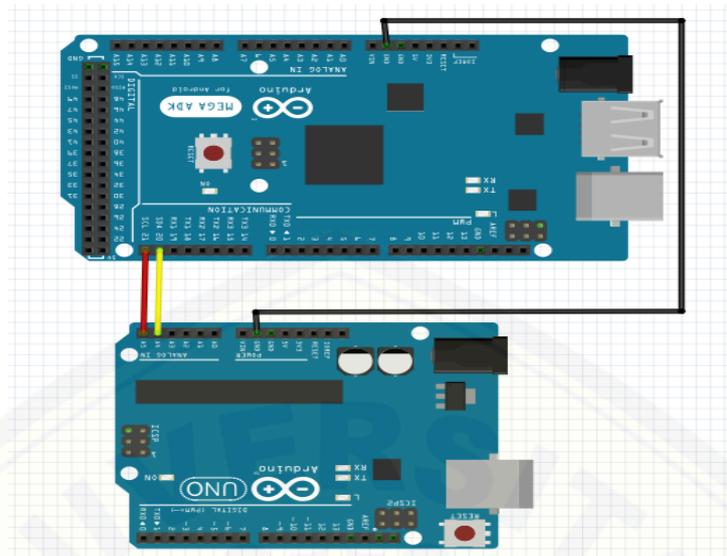
Pada gambar 3.3 bagian pojok kiri atas IP address digunakan untuk memasukkan alamat IP yang sudah ditentukan, jika salah dalam memasukkan alamat maka HMI dengan RTU tidak akan terhubung. Untuk selanjutnya adalah *updating system time setting in milliseconds*, bagian ini digunakan untuk mengatur kecepatan dalam pengiriman nilai arus, kondisi *relay* dan penyimpanan data. *Register* untuk nilai arus, *contactor* untuk kondisi *relay* dan *save* untuk kecepatan data yang disimpan. *Database* menggunakan format .txt sehingga operator harus menyediakan file tipe .txt jika akan menyimpan data saat awal pengoperasian HMI.

Untuk indikator terhubungnya HMI digunakan sebagai tanda bahwa HMI dengan RTU sudah terhubung jika warna indikator berubah dari merah ke hijau. Selanjutnya pada bagian atas terdapat dua tombol yang pertama adalah tombol aktivasi sistem pembatas, berfungsi sebagai pembatas beban yang bisa ditanggung oleh jaringan. Ketika terjadi daya pembangkitan minimum yang bisa disebabkan debit air yang kurang tetapi beban dalam kondisi beban puncak sehingga pembangkit tidak bisa memenuhi kebutuhan daya, maka secara otomatis HMI akan memutus pasokan distribusi listrik pada beberapa jaringan untuk menghindari terjadinya kekurangan daya pembangkitan. Sedangkan tombol aktivasi sistem *relay* digunakan untuk menghidupkan sistem *relay* yang berfungsi sebagai pembatas arus pada setiap jaringan listrik.

Sistem ini menggunakan nilai arus sebagai *set poin* untuk mengaktifkan *relay* jika terjadi kelebihan arus pada jaringan. Untuk bagian lain dari HMI seperti nilai yang ada pada jaringan digunakan untuk menampilkan nilai arus dan tegangan sedangkan untuk box yang berada pada setiap jaringan disimbolkan sebagai *relay* yang bisa dikontrol oleh operator. Semua indikator *relay* yang berwarna merah berarti tidak berkerja sedangkan hijau bekerja. HMI mempunyai sistem waktu yang sama dengan laptop yang digunakan sehingga waktu bisa terus diperbarui. Untuk hari, tanggal, dan jam ditampilkan pada pojok kanan atas.

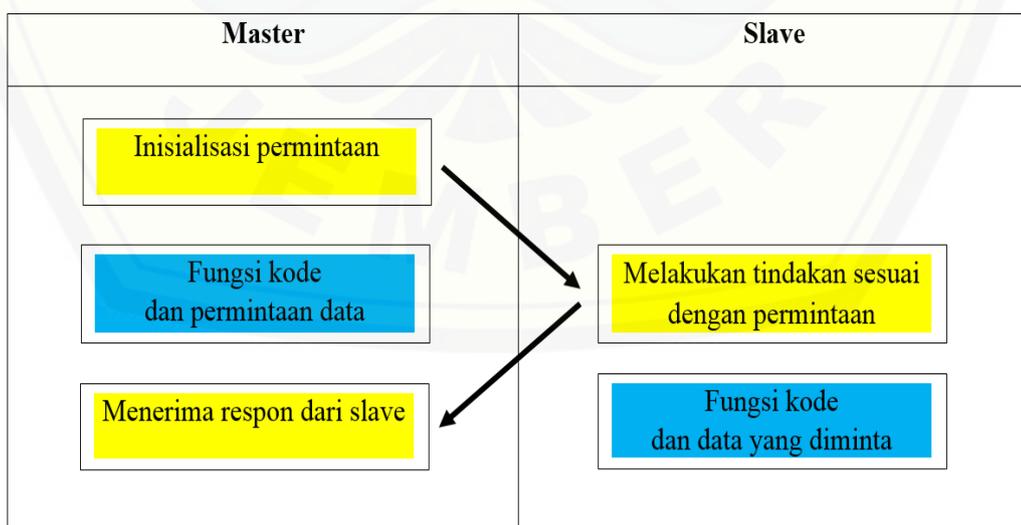
3.6 Perancangan Sistem Komunikasi

Sistem komunikasi yang ada pada alat yang akan dibuat terbagi menjadi 2 yaitu sistem komunikasi I2C dan sistem komunikasi yang menggunakan modbus TCP IP. Sistem komunikasi I2C adalah komunikasi yang menghubungkan antara Arduino Mega dengan Arduino Uno. Pemakaian 2 arduino pada RTU dikarenakan jumlah sensor yang cukup banyak yang berjumlah 19 sensor, terdiri dari sensor arus 16 buah yang ditempatkan pada Arduino Mega dan 3 buah sensor tegangan yang ditempatkan pada Arduino Uno. Komunikasi ini dilakukan searah yaitu hanya untuk mengirim nilai tegangan dari Arduino Uno ke Arduino Mega. Rangkaian dari pengiriman I2C untuk lebih jelasnya bisa dilihat dibawah ini.



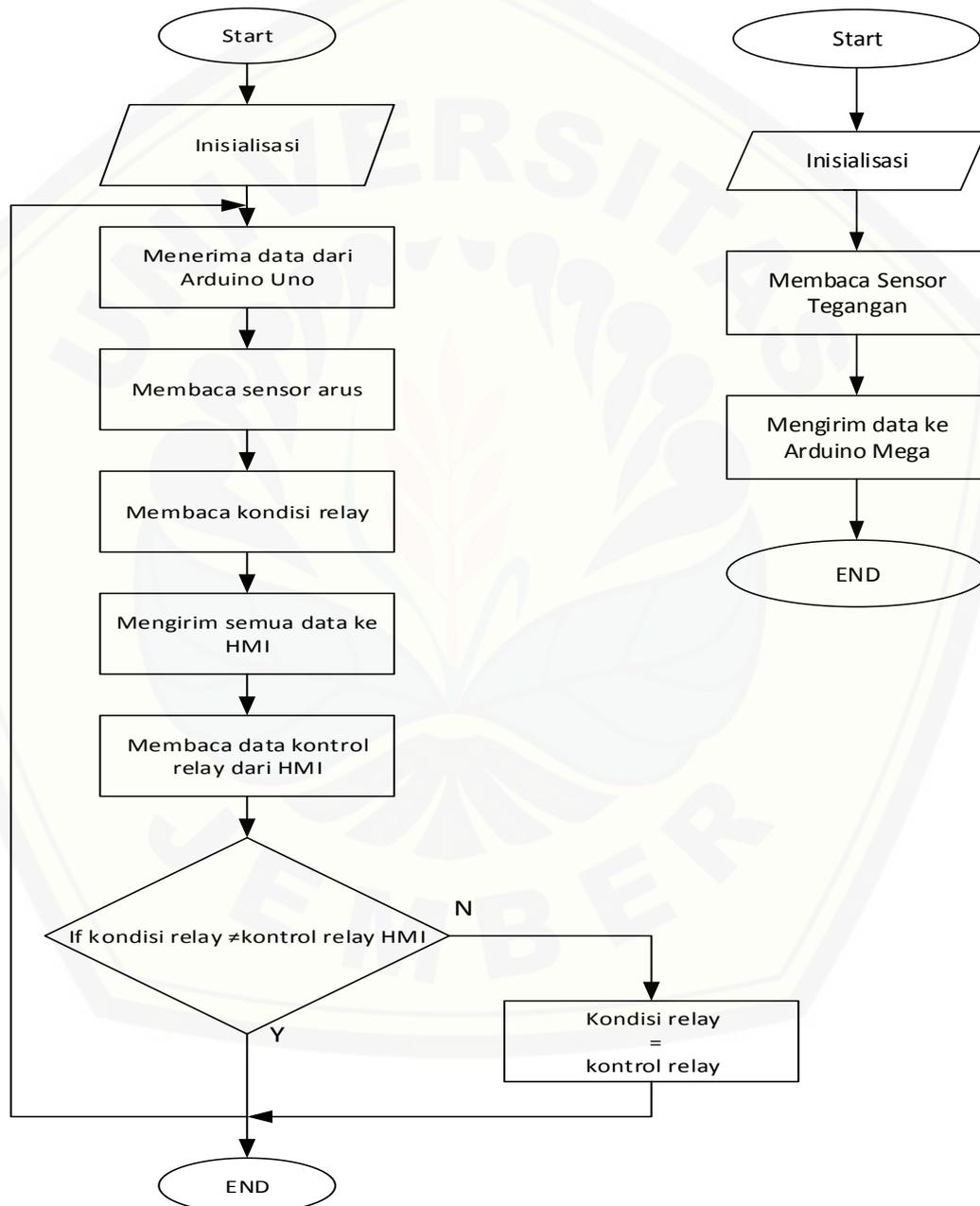
Gambar 3.2 Rangkaian I2C

Untuk komunikasi antara MTU dan RTU yang menggunakan protokol Modbus TCP IP dimana MTU sebagai *master* memberikan perintah kepada RTU (*slave*). Format pengiriman *master* ke *slave* menggunakan mode pengalamatan *unicast mode*. Pada sistem pengiriman data, dari *master* akan mengirimkan permintaan data ke *slave* dengan menggunakan kode yang sudah dipetakan untuk masing-masing data. Ketika *master* mengirimkan permintaan maka *slave* akan memberikan respon data yang diminta sesuai dengan kode yang sudah ditentukan pada setiap data. Respon tersebut akan dikirim ke *master* dan begitu seterusnya.



Gambar 3.4 Sistem Pengiriman Data

Dalam proses pengiriman setiap data memiliki alamat tersendiri sehingga tidak terjadi tercampurnya data ketika pengiriman selain itu juga mempermudah dalam melakukan proses pengolahan ketika sudah diterima HMI. Untuk lebih jelasnya diperlihatkan pada *flowchart* program pada RTU dan HMI..

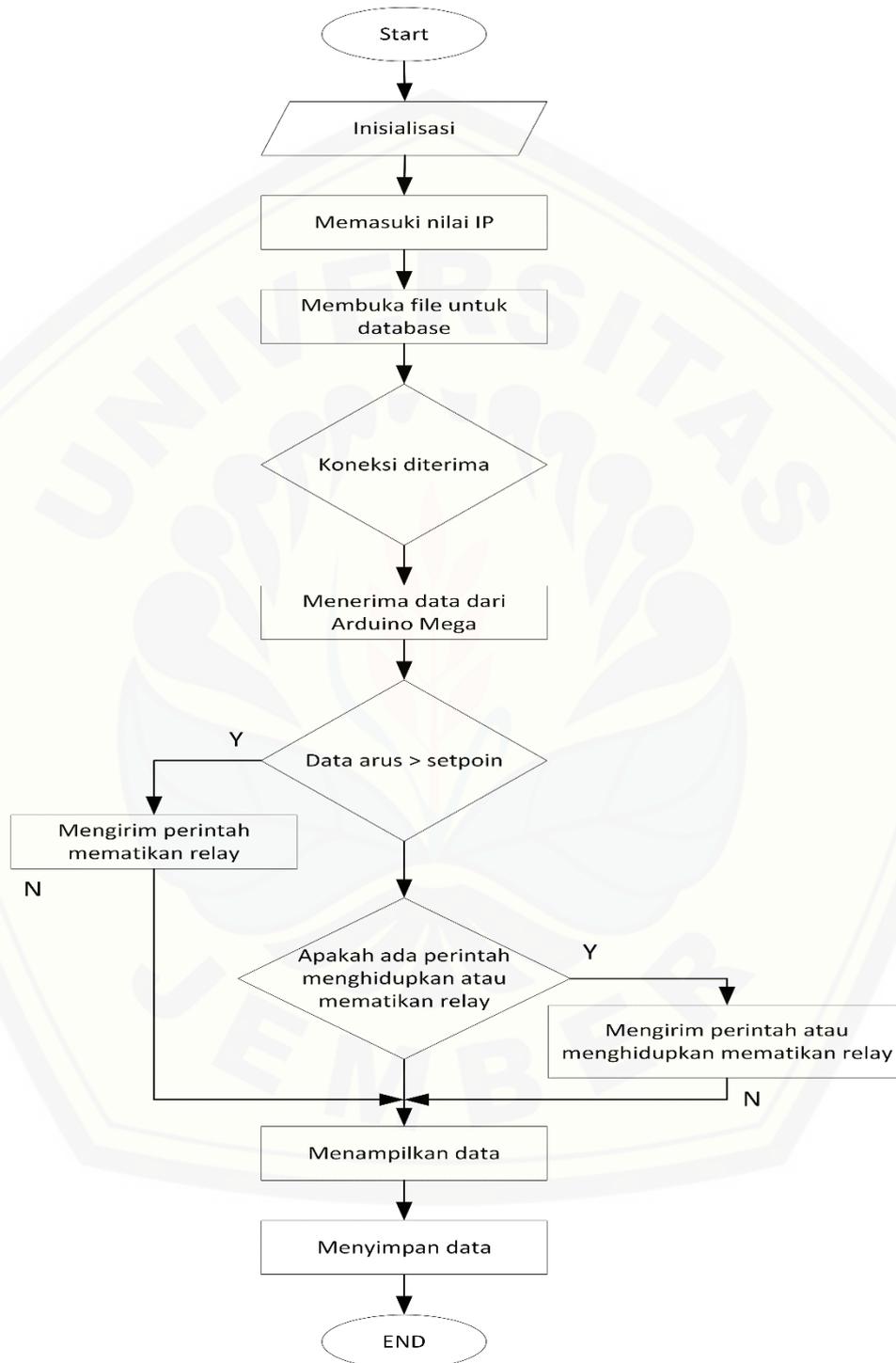


Gambar 3.5 *Flowchart* pada RTU

Diatas terdapat 2 *flowchart* program yang ada pada RTU pada sebelah kanan adalah *flowchart* program pada Arduino Uno dengan melakukan inisialisasi terlebih dahulu, langkah selanjutnya pembacaan sensor tegangan. Adanya nilai sensor tegangan tersebut dikirim ke Arduino Mega. Kemudian pada bagian *flowchart* program sebelah kiri digunakan pada Arduino Mega dengan alur yang pertama adalah inisialisasi, pembacaan data dari Arduino Uno, pembacaan nilai sensor dan kondisi *relay* yang masing-masing berjumlah 16 buah. Data yang sudah terkumpul kemudian dikirim ke HMI menggunakan protokol Modbus TCP IP, data yang dikirim berupa nilai tegangan yang berjumlah 3, kemudian nilai arus yang berjumlah 16 dan kondisi relay yang berjumlah 16. Seluruh data tersebut memiliki kode pengalamatan yang berbeda-beda. Selanjutnya adalah melaksanakan perintah kontrol *relay* dari HMI apabila perintah kontrol *relay* dari HMI tidak sama dengan kondisi relay maka kembali lagi ke pembacaan data pengiriman Arduino Uno tetapi jika kondisi *relay* dengan perintah HMI sama, maka *flowchart* program selesai. Dari *flowchart* program pada RTU kemudian dilanjutkan pada *flowchart* program yang ada pada HMI.

Pada *flowchart* HMI langkah pertama adalah melakukan inisialisasi. Langkah selanjutnya adalah memasukkan nilai IP yang sudah ditentukan untuk menghubungkan antara HMI dengan RTU. Kemudian buka file yang akan digunakan untuk database dengan format file harus .txt, jika HMI dan RTU sudah terhubung maka HMI akan menerima data yang dikirim oleh RTU dan data tersebut diproses, dengan melihat apakah data arus ada yang melebihi *setpoint*. Nilai arus yang melebihi *setpoint* akan membuat HMI mengirim data ke RTU untuk mematikan *relay* pada jaringan yang memiliki beban berlebih. Saat tidak ada nilai arus yang melebihi *setpoint* maka akan masuk pada proses selanjutnya yaitu melihat apakah ada perintah menghidupkan atau mematikan *relay*. Jika ada perintah dari HMI maka perintah tersebut akan dikirim dan dilaksanakan oleh RTU. Sebaliknya jika tidak ada perintah menghidupkan atau mematikan *relay* maka data yang sudah

terkumpul akan ditampilkan pada HMI kemudian disimpan pada database. Untuk lebih jelasnya diperlihatkan pada gambar 3.6 dibawah ini.



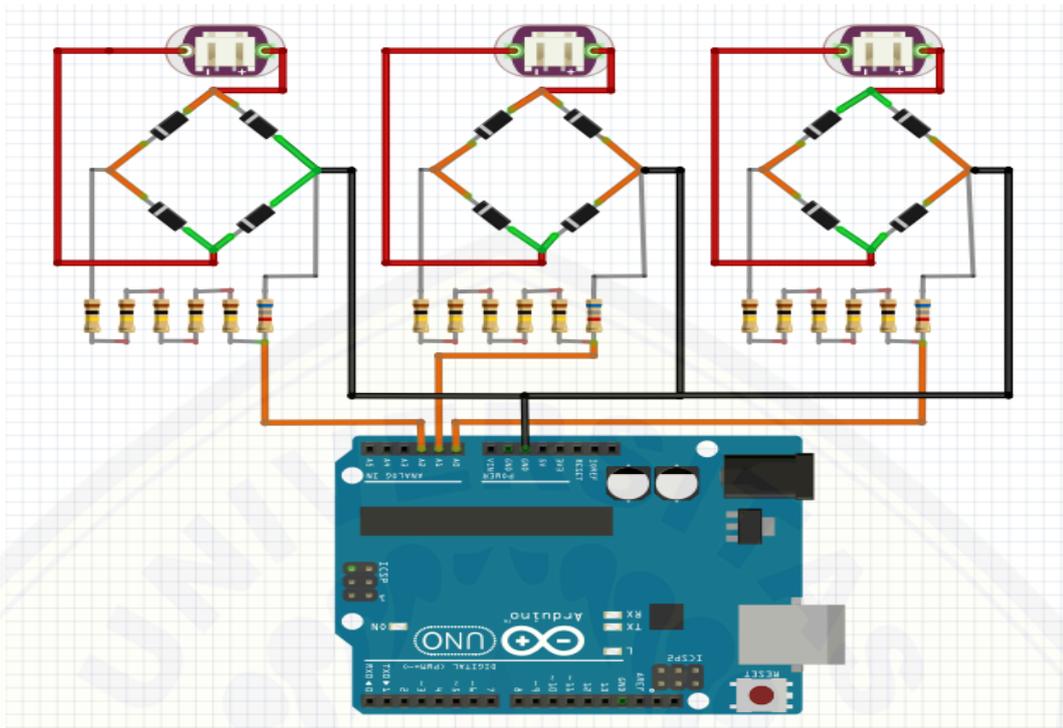
Gambar 3.6 Flowchart pada RTU

Secara keseluruhan ada tiga *flowchart* program yang ada pada HMI dan RTU yang saling berkaitan satu sama lain. Proses paling awal berada pada Arduino Uno yang mengirim 3 data yaitu data nilai tegangan ke Arduino Mega. Kemudian Arduino Mega yang mengirim 19 data yang berupa 3 data nilai tegangan, 15 data nilai sensor arus, dan 15 data kondisi relay, yang diterima dan diproses oleh HMI. Komunikasi utama menggunakan modbus TCP/IP dengan media komunikasi kabel UTP tipe *cross*, karena kabel ini memiliki kecepatan dan keluaran transmisi mencapai 10 – 100 Mbps dan harganya yang relatif murah. Selain itu juga digunakan ethernet shield yang berfungsi sebagai pengubah data agar bisa dibaca oleh kedua perangkat yaitu HMI dan RTU.

3.7 Perancangan Komponen Pengendali (*Hardware*)

3.7.1 Sensor Tegangan

Sensor tegangan dibangun dari rangkaian pembagi tegangan. Perancangan sensor tegangan dilakukan dengan menyusun resistor secara seri. Rangkaian pembagi tegangan ini menggunakan resistor 500 k Ω dan resistor 11 k Ω . Tujuan dari dirangkainya secara seri agar dapat membaca tegangan 0 - 240 V dan perbandingan tegangan untuk diberikan ke Arduino Mega 0 – 5 V.



Gambar 3.6 Rangkaian Sensor Tegangan

Untuk perhitungan dari perancangan sensor tegangan ini dapat dilihat seperti pada persamaa 3.1

$$V_{out} = \frac{V_{in} \times R_2}{(R_1 + R_2)} \dots \dots \dots (3.1)$$

dimana, $V_{out} = 5$; $V_{in} = 240$; $R_1 = 500 \text{ k}\Omega$

$$5 = \frac{240 \times R_2}{(500k + R_2)}$$

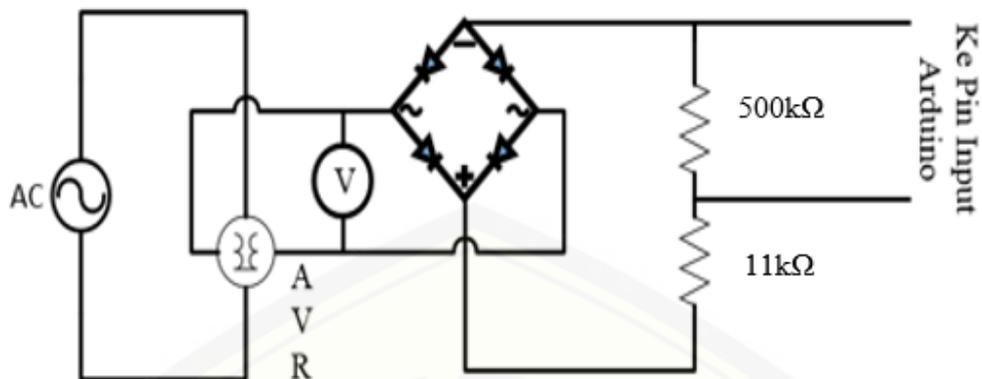
$$5 \times (500k + R_2) = 240 \times R_2$$

$$2500k + 5R_2 = 240R_2$$

$$R_2 = \frac{2500k}{235}$$

$$R_2 = 11k \Omega$$

Sedangkan untuk pengujian pada sensor tegangan ini sendiri dilakukan dengan cara seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.

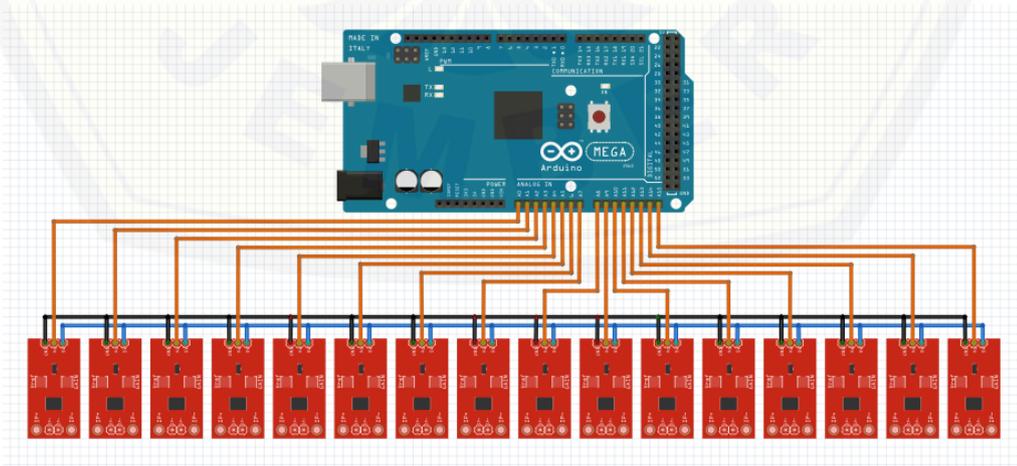


Gambar 3.7 Kalibrasi Sensor Tegangan

Dalam kalibrasi ini digunakan sumber AC sebagai sumber tegangan pada sisi *input* dari sensor tegangan. Kemudian sebuah digital multimeter untuk melakukan pengukuran tegangan dan nantinya dibandingkan dengan pembacaan *display* tegangan yang ada pada sumber AC.

3.7.2 Sensor Arus

Rangkaian sensor arus yang digunakan adalah tipe ACS712-5A. Sensor arus ini berfungsi untuk membaca arus keluaran yang ada pada jaringan saat dibebani dengan lampu. Sensor arus dipasang pada keluaran dari sumber energi listrik yang disambungkan secara seri kemudian diteruskan ke beban lampu.

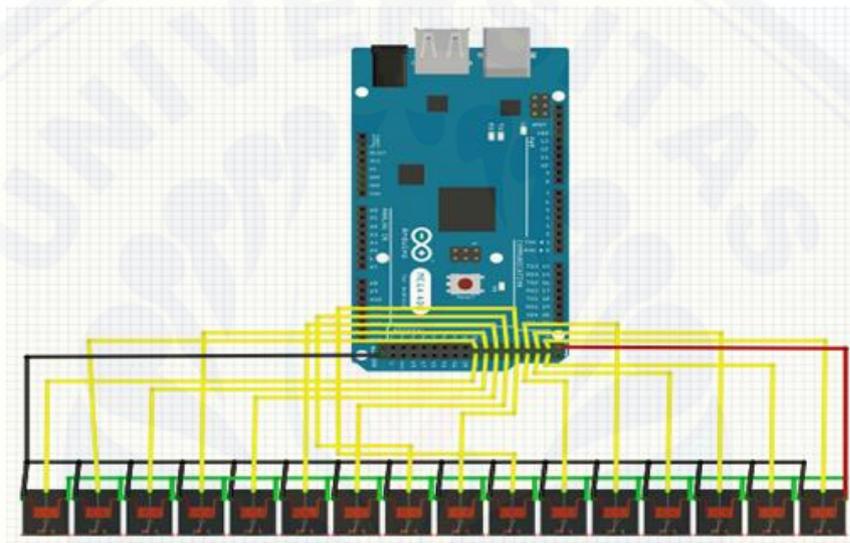


Gambar 3.8 Rangkaian Sensor Arus ACS712-5A

Hasil dari pengukuran akan berupa nilai ADC yang akan diproses pada Arduino Mega yang hasilnya akan dikirimkan pada MTU. Penggunaan sensor disesuaikan dengan jumlah jaringan yang akan diukur nilai arusnya.

3.7.3 Relay

Relay digunakan untuk memutus dan menyambung jaringan listrik. Penempatan *relay* berada sebelum sensor arus dan disambung secara seri pada rangkaian. Jumlah dari *relay* mengikuti jumlah dari sensor arus.



Gambar 3.8 Rangkaian *Relay*

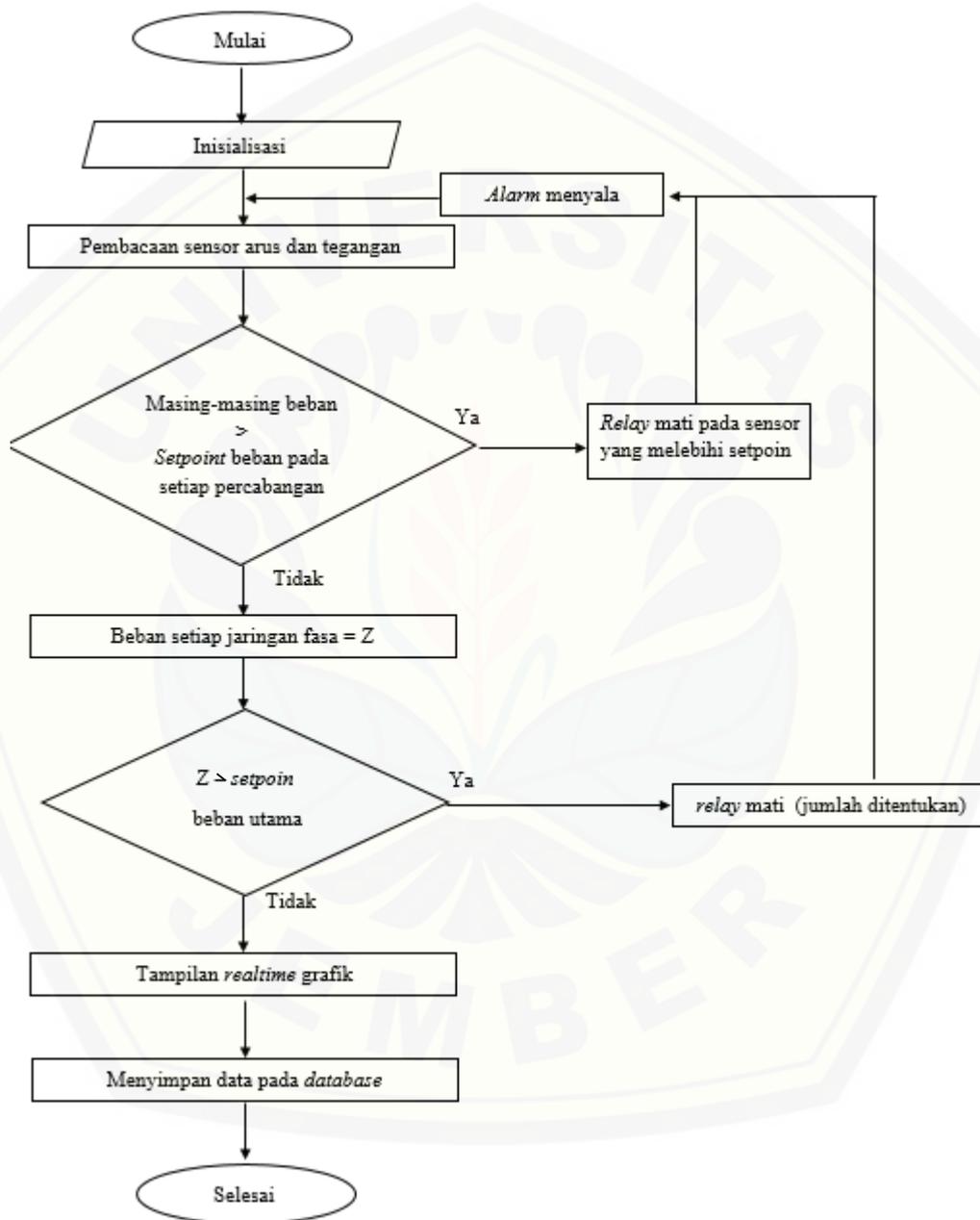
Relay akan bekerja dengan setpoint yang diatur pada sensor arus selain itu juga ada perintah yang dikirimkan dari MTU. Jadi *relay* bisa bekerja secara otomatis dan manual.

3.7.4 Beban Lampu

Beban yang digunakan dalam penelitian ini adalah lampu pijar dengan merk philips. Dengan daya lampu yang bervariasi antara 25W, 50W, 75W, dan 100W yang nantinya disesuaikan dengan beban yang ditentukan. Penggunaan lampu pijar digunakan karena memiliki variasi daya yang lebih banyak dan harga yang lebih murah.

3.8 Flowchart Sistem

Pada *flowchart* sistem menjelaskan tentang sistem *monitoring* dan kontrol distribusi pada rancang bangun prototipe yang akan dibuat. *Flowchart* sistem ditunjukkan pada gambar 3.11



Gambar 3.9 Flowchart Sistem

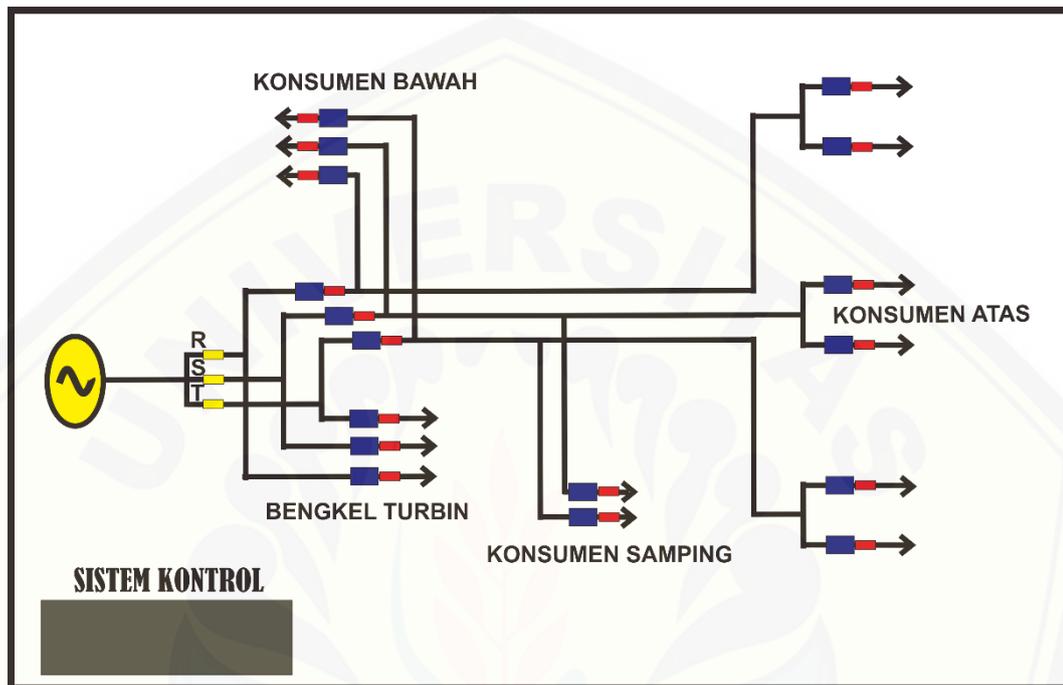
Dimulai dari inisialisasi kemudian dilanjutkan dengan pembacaan sensor arus dan tegangan, setelah adanya nilai pada sensor kemudian dilihat apakah beban melebihi setpoint pada sensor yang sudah diatur sesuai dengan setpoint beban yang sudah ditentukan pada masing-masing beban. Setpoint ini berupa arus yang dijadikan acuan untuk pembacaan pada program. Jika terjadi kelebihan beban maka *relay* pada jaringan yang memiliki kelebihan akan memutuskan aliran listrik. Pada tahap selanjutnya semua beban pada tiap-tiap line dibandingkan dengan setpoint utama yaitu setpoint keseluruhan beban yang bisa ditanggung oleh pembangkit. Setpoint utama adalah adalah arus dari pembangkitan daya minimum yang dibangkitkan oleh PLTMH.. Apabila beban melebihi setpoint utama maka RTU secara otomatis akan memutuskan beberapa jaringan yang sesuai untuk membuat daya mencukupi dan beban tetap seimbang. Jika terjadi arus hubung singkat maka alarm peringatan yang ada pada HMI akan berbunyi untuk memberi tahu pada operator jika terjadi arus hubung singkat. Semua keputusan tersebut dilakukan secara otomatis dan letak *relay* sesuai dengan area yang sudah ditentukan. Semua data akan ditampilkan secara *real time* dan disimpan pada *database*.

3.9 Rencana Pengujian Alat

Untuk mengetahui apakah sistem SCADA bekerja sesuai dengan yang diinginkan maka perlu dilakukan beberapa pengujian diantaranya adalah pengujian respon *relay*, pengujian sistem arus hubung singkat, pengujian sistem pengontrolan distribusi. Pengujian respon *relay* dilakukan dengan memberikan perintah hidup dan mati kepada seluruh *relay* yang digunakan, untuk melihat respon *relay* sudah sesuai dengan perintah yang diberikan apa belum. Untuk pengujian arus hubung singkat adalah pengujian pemberian beban lebih pada 1 jaringan dan mengharuskan sistem bekerja untuk memutuskan jaringan yang terjadi mengalami arus hubung singkat. Pengujian kontrol distribusi dilakukan ketika beban pada kondisi puncak dan daya pembangkitan berada pada daya minimum, dalam hal ini sistem harus memutuskan beberapa jaringan untuk membuat beban menjadi dibawah setpoint utama kembali.

3.10 Rancangan Alat

Rancangan alat dibuat berdasarkan jaringan yang dipakai oleh PLTMH Gunung Sawur. Sensor tegangan, arus dan *relay* dipasang pada setiap percabangan yang ada pada jaringan. Dibawah ini adalah gambar untuk rancangan alat.



Gambar 3.10 Rancangan Alat

Pada gambar 3.12 terdapat 4 jenis gambar persegi panjang dengan warna yang berbeda-beda. Untuk persegi panjang dengan warna kuning adalah sensor tegangan yang penempatannya berada pada awal jaringan. Persegi panjang warna ungu adalah *relay* yang ditempatkan pada setiap percabangan. Persegi panjang warna merah adalah sensor yang arus untuk penempatannya hampir sama dengan *relay* tetapi sensor arus dipasang setelah *relay*. Jumlah dari sensor tegangan ada 3, sensor arus dan *relay* berjumlah 16. Sedangkan untuk lampu berjumlah 28 dengan beban yang disesuaikan dengan jaringan. Untuk sumber jaringan diambil langsung dari PLN 1 fasa dengan tegangan 220V.

BAB 5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Rancang bangun prototipe menggunakan data perbandingan 1:10 antara prototipe dengan data asli jaringan. Sehingga menghasilkan prototipe yang bisa mewakili jaringan aslinya.
2. Dengan menggunakan sensor dan relay pada setiap percabangan yang dapat mengukur nilai dari arus dan tegangan secara *realtime* pada seluruh jaringan. Jika terjadi masalah pada jaringan maka akan bisa diketahui dari *monitoring* pada HMI dan melakukan tindakan seperti melokalisir jaringan jika terjadi arus hubung singkat pada salah satu jaringan.
3. Penggunaa data jaringan yang digunakan sebagai acuan untuk melakukan pengontrolan distribusi yang dilihat dari segi nilai arus dan keseimbangan antar fasa.

5.2 Saran

Untuk penelitian lebih lanjut, perlu dilakukan pengembangan pada sistem pengiriman data agar pengiriman data bisa dilakukan dimana saja. Sehingga pengiriman tidak terbatas hanya pada lingkup lokal saja.

DAFTAR PUSTAKA

- Arfianto, M. (2015). MONITORING DAN PENGONTROLAN PEMBEBANAN PADA PEMBEBANAN GENERATOR INDUKSI SATU FASA BERBASIS RASPBERRY PI. *elektronik Jurnal Arus Elektro Indonesia (eJAEI)*, 13-16.
- Erez, N., & Wool, A. (2015). Control variable classification, modeling and anomaly detection in Modbus/TCP SCADA systems. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 59-70.
- Firman, Beny; , Suharyanto; Firmansyah, Eka;. (2013). Implementasi Kominikasi Data Berbasis ZigBee pada Scada (Supervisory Control and Data Acquisition) PLTMh. *JNTETI*, 91-95.
- Formea, J., & Gadbury, J. (2016). Improve power reliability through small-scale SCADA system. *IEEE*, 21-26.
- Gunawan, A., Octafeni, A., & Khabzli, W. (2013). Pemantauan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). *Jurnal Rekayasa ElektriKa* , 202-206.
- Kusriyanto, M., & Syariffudin, M. (t.thn.). Mini Scada Berbasis Mikrokontroler Atmega 32 Dengan Komunikasi Modbus RS 485 dan Sistem Monitoring Menggunakan Visual Basic. *Seminar Nasional ke-9: Rekayasa Teknologi dan Informasi*, 243-248.
- Pandjaitan, B. (1999). *Teknologi Sistem Pengendalian Tengan Listrik Berbasis SCADA*. Jakarta: SMTG Desa Putera.
- Pratama, A. P. (2015). KNOWLEDGE MANAGEMENT SYSTEM DALAM PENINGKATAN MUTU PEMELIHARAAN JARINGAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK BERBASIS SUPERVISORY CONTROL AND ACQUISITION. *Evolusi Vol.III*, 31-40.

Preuss, C., & Holstein, D. K. (2008). IEEE Standard for SCADA and Automation Systems. *IEEE*.

Schneider, G., de Lima, V. F., Scherer, L. G., de Carmago, R. F., & Franchi, C. M. (2013). SCADA System Applied To Micro Hydropower. *IEEE*, 7205-7209.

Sholeh, M. (2014). Desain Scada Untuk Pelayanan Peningkatan Pelanggan Dan Efisiensi Operasional Sistem Tenaga Listrik di APJ Cirebon. *IncomTech, Jurnal telekomunikasi dan Komunikasi*, 23-43.

Stouffer, K., Falco, J., & Kent, K. (2006). GUIDE TO SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION (SCADA) AND INDUSTRIAL CONTROL SYSTEMS SECURITY (DRAFT). *NIST Special Publication 800-82*.

Wixom. (2005). *INTRODUCTION TO MODBUS TCP/IP*. USA: ACROMAG INCORPORATED.

Yahya, S., Jadmiko, S. W., & Suharno, D. N. (2013). Rancang Bangun Prototipe Perangkat Pengukuran dan Monitoring Besaran Listrik Menggunakan PLC Berbasis LabVIEW. *JTET*, 121-128.