

**TUGAS AKHIR**

**PERBANDINGAN SISTEM PENGONTROLAN  
ON GRID BERBASIS SMART RELAY PADA PLTS  
BERKAPASITAS 1500 WP**

*Diajukan Sebagai Syarat untuk Memproleh Gelar Sarjana  
Program Strata-1 Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**Ridho Ananda**

**NPM : 1607220035**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2021**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Ridho Ananda  
NPM : 1607220035  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Skripsi : Perbandingan Sistem Pengontrolan *On-Grid* Berbasis  
Smart Relay pada PLTS Berkapasitas 1500 WP  
Bidang ilmu : Sistem Kontrol

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 05 Oktober 2021

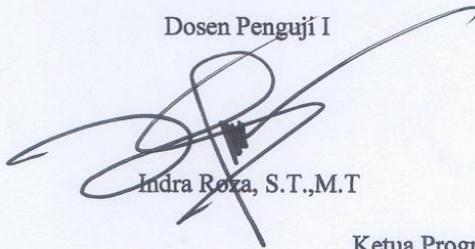
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



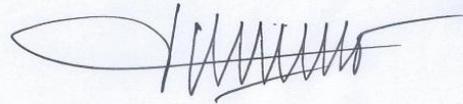
Rimbawati, S.T.,M.T

Dosen Penguji I



Indra Raza, S.T.,M.T

Dosen Penguji II



Zulfikar, S.T.,M.T

Ketua Program Studi Teknik  
Elektro



Faisal Irsan Basaribu, S.T., M.T

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Ridho Ananda

Tempat / Tanggal Lahir : Setia Budi, 06 Juli 1997

NPM : 1607220035

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

**“Perbandingan Sistem Pengontrolan On-grid Berbasis Smart Relay pada PLTS Berkapasitas 1500 WP”,**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro/Mesin/Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 23 Agustus 2021

Saya yang menyatakan,

  
Ridho Ananda



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi)

Nama : RIDHO ANANDA  
NPM : 1607220035  
Judul Tugas Akhir : PERBANDINGAN SISTEM PENGONTROLAN ON GRID  
BERBASIS SMART RELAY PADA PLTS  
BERKAPASITAS 1500 WP

No	Tanggal	Catatan	Paraf
	09/09/20	Perbaikan Rumusan Masalah	
	09/sep/20	Bab II ditambah Jurnal	
	15/09/20	- Bab II teori ditambah - Gambar harus dari jurnal.	
	30/sep/20	- Perbaiki Rancangan Sistem - flow chart	
	15/okt/20	- Penjelasan hasil - tambah gambar hasil.	
		ACC seminar hasil 26/10 <sup>2020</sup>	

Pembimbing

Rimbawati, S.T., M.T.



**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

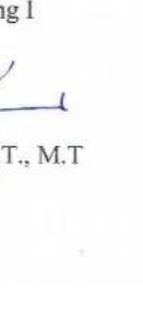
Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi)

Nama : Ridho Ananda

NPM : 1607220035

Judul Tugas Akhir : PERBANDINGAN SYSTEM PENGONTROLAN ON  
GRID BERBASIS SMART RELAY PADA PLTS  
BERKAPASITAS 1500 WP

No	Tanggal	Catatan	Paraf
		kec sidang 21/8 2021	

Pembimbing I

  
Rimbawati., S.T., M.T

## Abstrak

Energi alam terbarukan seperti energi cahaya matahari sangat berlimpah di Indonesia dengan iklim tropis. *Photovoltaic* merupakan perangkat yang dapat mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Karena energi listrik kini telah menjadi kebutuhan primer, maka diharuskan bisa melayani beban secara kontinyu. *Automatic Transfer Switch* merupakan perangkat yang umum digunakan pada sistem jaringan *hybrid* maupun *on grid*. Bukan tanpa maksud tujuan, penggunaan yang praktis, efisien, dan mudah sudah tentu menjadi nilai plus untuk dijadikan sistem pengamanan jaringan listrik. Teknologi dengan perkembangannya membuat variasi jenis ATS semakin beragam, baik dalam bentuk konvensional bahkan yang *automatic* sekalipun. Penelitian dimulai dengan perancangan *software* untuk menentukan skema dan jenis program yang digunakan. Untuk *zelio logic software* yang digunakan berupa *ZelioSoft 2* dan *function block diagram* sebagai algoritma pemrogramannya, sedangkan *C-language* serta *software codevision AVR* digunakan untuk meng-*coding* program *Atmega32*. Lalu perancangan *hardware*, bertujuan untuk merakit komponen menjadi satu sistem. Setiap ATS yang diteliti dirancang untuk melakukan *switch* dengan kondisi *inverter* pada PLTS sebagai variabel utamanya. Sehingga, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan ATS sangat berpengaruh bagi sistem jaringan listrik *on grid* untuk kontinuitas jaringan listrik baik itu menggunakan *zelio logic* ataupun *atmega32*.

**Kata kunci:** *Photovoltaic, Automatic transfer switch, Zelio Logic, Atmega32, kontinyu.*

## **Abstract**

Renewable natural energy such as solar energy is very abundant in Indonesia with a tropical climate. Photovoltaic is a device that can convert sunlight into electrical energy. Because electrical energy has now become a primary need, it is required to be able to serve the load continuously. Automatic Transfer Switch is a device that is commonly used in hybrid and on grid network systems. Not without purpose, the use of which is practical, efficient, and easy is certainly a plus to be used as a security system for the electricity network. Technology with its development has made the variety of ATS types more diverse, both in conventional forms and even in automatic ones. Research begins with software design to determine the scheme and type of program used. For zelio logic software used in the form of ZelioSoft 2 and function block diagrams as programming algorithms, while C-language and codevision AVR software are used to code the Atmega32 program. Then hardware design, aims to assemble components into one system. Each ATS studied is designed to perform a switch with the inverter condition in PLTS as the main variable. Thus, the results of this study indicate that the use of ATS is very influential for the on-grid electricity network system for the continuity of the electricity network, whether using Zelio Logic or Atmega32.

***Keywords: Photovoltaic, Automatic transfer switch, Zelio Logic, Atmega32, continuous.***

## KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul **“Perbandingan Sistem Pengontrolan *On Grid* Berbasis Smart Relay pada PLTS Berkapasitas 1500 WP”** dengan lancar. Shalawat berangkaikan salam kita panjatkan kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW yang mana beliau adalah suri tauladan bagi kita semua yang telah membawa kita dari zaman kebodohan menuju zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Tugas akhir ini tidak mungkin tersusun dengan baik dan benar tanpa adanya bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT dengan segala Rahmat serta karunianya yang memberikan kekuatan, pengetahuan, serta kesehatan pada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Kedua orang tua penulis, yakni Ayahanda Joko Saptono dan Ibunda Hartati Rubiatun yang sangat penulis cintai tanpa lelah mengasuh, mendidik, dan membimbing hingga saat ini belum dapat penulis bahagiakan.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T.,M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T., S.Pd., M.T, selaku Ketua Program Studi S-1 Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.

5. Ibu Elvy Sahnur S.T., M.T, selaku Ketua Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Ibunda Rimbawati S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir yang sangat mencengkam ini, serta selaku tempat memberi segala solusi baik dalam urusan perasaan, keuangan, jodoh, dan beban hidup.
7. Saudara penulis Dewi Novalasari AMK, Desi Dwi Sandi S.E, Pragusti Setiwan S.H dan Maudy Wulan Sari yang telah memberikan bantuan berupa dukungan moral dan material yang sangat membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Seluruh Staf Pengajar/Pegawai Program Studi Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.
9. Kekasih Hati Sasha Dwi Purwanti, S.Pd, yang selalu ada saat senang maupun susah, selalu mendengar semua cerita dan selalu memberikan dukungan kepada penulis.
10. Teman-teman seperjuangan penulis dari S-1 Fatek Elektro UMSU stambuk 2016. Terkhusus kepada yang selalu menjadi beban keluarga Aslam Ridho Effendy, Heri Setiadi, Agung Tajali Ramadhan, Ariadi (Popoy), Muhammad Ardiansyah, Wira Agus Lexmana, dan Andre Dwicahyo terimakasih telah menjadi teman terbaik bagi Penulis. Banyak yang ingin penulis curahkan khususnya tragedi malam hujan badai yang hampir merenggut nyawa penulis dan Muhammad Ardiansyah, kejadian tersebut tidak akan pernah penulis lupakan sampai kapan pun.
11. Bapak Juman, selaku ketua BUMDes Pematang Johar.

12. Bang imam S.T, Bang Iman S.T, dan Bang Eko S.T selaku mentor sekaligus pegawai Medcon-E yang banyak memberi saran dan bimbingan.
13. Serta masih banyak lagi pihak-pihak yang sangat berpengaruh dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini disebabkan keterbatasan kemampuan penulis, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik & saran yang membangun dari segenap pihak.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tulisan ini dapat menambah dan memperkaya lembar khazanah pengetahuan bagi para pembaca sekalian dan khususnya bagi penulis sendiri. Sebelum dan sesudahnya penulis mengucapkan terima kasih.

Medan, 28 Juni 2021

Penulis,

**RIDHO ANANDA**

**1607220035**



## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penulisan.....	4
1.5 Batasan Masalah .....	5
1.6 Metodologi Penelitian.....	5
1.7 Sistematika Penulisan .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>7</b>
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan.....	7
2.2 Landasan Teori .....	11
2.2.1 <i>Photovoltaic</i> .....	11
2.2.2 <i>MPPT (Maximum Power Point Tracking)</i> .....	12
2.2.3 <i>Inverter</i> .....	13
2.2.4 <i>ATS</i> .....	16
a. Panel Kontrol Konvensional .....	17
b. Panel Kontrol Digital .....	17
c. Panel Kontrol Smart Relay.....	17
2.2.5 Pemrograman FBD ( <i>Function Block Diagram</i> ).....	18
2.2.6 Smart relay Zelio Logic .....	19

2.2.7	Mikrokontroler .....	20
2.2.8	Sistem Minimum.....	21
2.2.9	Mikrokontroler Arsitektur AVR Atmega32.....	22
2.2.10	<i>Software</i> Zelio Soft 2 .....	26
2.2.11	<i>Software</i> Code Vision AVR.....	27
2.2.12	<i>Software</i> Proteus 7 .....	28
2.2.13	Relay .....	29
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>		<b>31</b>
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	31
3.2	Alat dan Bahan Penelitian.....	31
3.3	Prosedur Penelitian .....	33
3.4	Inisialisasi Sistem dan Blok Diagram Sistem .....	34
3.5	Perancangan Sistem .....	37
3.5.1	Perancangan <i>Software</i> .....	37
3.5.2	Perancangan <i>Hardware</i> .....	43
3.6	Pengujian Alat.....	44
3.7	Flowchart sistem ATS keseluruhan .....	51
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>52</b>
4.1.	Hasil Pengujian Tombol .....	52
4.2.	Hasil Pengujian <i>Switch</i> Antar Suplai .....	53
4.3.	Hasil Pengujian <i>Short Circuit</i> .....	55
4.4.	Hasil Pengujian Beban Penuh.....	56
4.5.	Analisis Program.....	59
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>62</b>

<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>64</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>67</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Smart relay Zelio tipe SR3 B101BD.....	20
Gambar 2.2 Skema Sistem Minimum ATmega32 .....	22
Gambar 2.3 Konfigurasi pin ATmega 32 (Desnanjaya & Iswara, 2018).....	23
Gambar 2.4 Mikrokontroler ATmega 32 .....	24
Gambar 2.5 Ikon <i>software</i> Zelio Soft 2.....	27
Gambar 2.6 Tampilan <i>software</i> cvavr.....	27
Gambar 2.7 Tampilan <i>software</i> Proteus 7.....	29
Gambar 2.8 Relay 24VDC .....	29
Gambar 3.1. Peta lokasi Penelitian di PLTS Wisata Sawah Pematang Johar	31
Gambar 3.2. Diagram alir prosedur penelitian	34
Gambar 3.3. Blok diagram ATS smartrelay Zelio	35
Gambar 3.4. Blok diagram ATS mikrokontroler ATmega32	36
Gambar 3.5. Program FBD zelio status PLTS aktif	38
Gambar 3.6 Instruksi program pada saat PLTS aktif	38
Gambar 3.7 Instruksi <i>Reset</i> pada saat <i>push button reset</i> ditekan	39
Gambar 3.8 Program FBD zelio status PLTS nonaktif	40
Gambar 3.9 Instruksi program pada saat PLTS mati	40
Gambar 3.10. Code program resistor <i>pull-up</i>	41
Gambar 3.11. Program ATS Atmega32	42
Gambar 3.12. Perancangan ATS menggunakan <i>software</i> Proteus	43
Gambar 3.13 PCB <i>layout</i> ATS ATmega32	43
Gambar 3.14 Flowchart sistem ATS keseluruhan	51
Gambar 4.1. Grafik perbandingan arus input & output pada ATS zelio logic.....	58

Gambar 4.2. Grafik perbandingan arus input & output pada ATS Atmega32..... 58

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Nama dan simbol gerbang logika.....	19
Tabel 2.2. Fungsi Port A ATmega32 .....	25
Tabel 2.3. Fungsi Port B ATmega32 .....	25
Tabel 2.4. Fungsi Port C ATmega32 .....	26
Tabel 2.6. Fungsi Port D ATmega32 .....	26
Tabel 3.1. Daftar bahan yang diperlukan .....	32
Tabel 3.2. Pengujian tombol dan lampu indikator .....	45
Tabel 3.3. Pengujian <i>switch</i> ATS saat PLTS aktif .....	46
Tabel 3.4. Pengujian <i>switch</i> ATS saat PLTS mati .....	46
Tabel 3.5. Pengujian lampu indikator saat PLTS aktif .....	47
Tabel 3.6. Pengujian lampu indikator saat PLTS mati.....	47
Tabel 3.7 Pengujian <i>short circuit</i> .....	48
Tabel 3.8. Pengujian beban penuh menggunakan suplai PLTS .....	49
Tabel 3.9. Pengujian beban penuh menggunakan suplai PLN.....	50
Tabel 4.1. Hasil pengujian rangkaian tombol .....	52
Tabel 4.2. Hasil pengujian <i>switch</i> PLN ke PLTS ketika PLTS aktif.....	53
Tabel 4.3. Status lampu indikator ketika PLTS aktif.....	53
Tabel 4.4. Hasil pengujian <i>switch</i> PLTS ke PLN ketika PLTS mati .....	54
Tabel 4.5. Status lampu indiktaor ketika PLTS aktif .....	54
Tabel 4.6. Tabel hasil pengujian <i>short circuit</i> .....	55
Tabel 4.7 Intruksi program ketika PLTS aktif .....	60
Tabel 4.8 Intruksi program ketika PLTS mati .....	60

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Sumber daya alam yang bermanfaat bagi kehidupan manusia sangatlah berlimpah di bumi ini. Baik itu sumber daya alam yang dapat diperbaharui maupun sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui (Rimbawati et al., 2019). Salah satunya energi matahari yang merupakan salah satu sumber daya yang tidak ada habisnya. Energi cahaya matahari sangat melimpah di daerah dengan iklim tropis seperti di Indonesia karena selalu terpapar cahaya matahari sepanjang tahun. Tentunya hal tersebut menjadi potensi untuk dikembangkan menjadi sumber energi listrik (Dzulfikar & Broto, 2016). Namun untuk beberapa wilayah khususnya Sumatera Utara yang memiliki wilayah dengan ketinggian cukup ekstrem sebesar 0-350 dpl menyebabkan beberapa daerah terisolasi dan mungkin tidak tercakup oleh pasokan listrik dari PLN (Rimbawati et al., 2018). Sehingga diperlukan sebuah pembangkit yang dapat dibangun dimanapun dan dengan sumber energi yang bisa ditemukan dimana saja seperti energi matahari.

Perangkat yang dapat mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik disebut dengan *Solar Cell*. Namun, karena fungsinya yang membutuhkan cahaya matahari sebagai sumber energi utamanya, hal tersebut tidak mungkin terjadi pada saat cuaca hujan dan malam hari. Untuk itu diperlukan sebuah perangkat yang dapat menyimpan energi listrik berupa baterai.

Energi listrik kini telah berubah menjadi kebutuhan primer untuk mengoperasikan perangkat-perangkat elektronika. Banyak perangkat di bidang telekomunikasi, industri, dan kesehatan memerlukan energi listrik secara kontinyu

atau tidak boleh terhenti, sehingga perlu adanya suplai cadangan sebagai *backup* yang dapat dipergunakan apabila sumber catudaya utama mengalami gangguan. Perpindahan energi listrik dari sumber utama ke cadangan tidak boleh menyebabkan perangkat elektronika mengalami kegagalan sistem karena adanya jeda waktu *maneuver* yang terlalu lama, sehingga perlu digunakan sistem pendukung berupa ATS (*Automatic Transfer Switch*) (Pakpahan et al., 2017).

ATS merupakan sebuah sistem yang terdiri dari beberapa perangkat listrik, diantaranya adalah relay, *timer*, dan *magnetic contactor*. ATS konvensional umumnya menggunakan dua relay sebagai *input*-nya dimana fungsinya adalah untuk memindahkan sumber tegangan listrik utama ke catudaya cadangan lainnya secara otomatis, berdasarkan keadaan implementasi yang dikehendaki. Namun penggunaan relay sebagai *input* hanya mengacu pada kendali internal saja, sehingga diperlukan penelitian yang mampu membuat agar ATS yang dihasilkan dapat digunakan untuk aplikasi lebih luas (Pakpahan et al., 2017).

Beberapa penelitian sebelumnya sudah dilakukan pada fungsi ATS dan perkembangannya. Beberapa penelitian juga telah dilakukan *upgrade system* menggunakan smart relay dan microcontroller sebagai pusat kendali dan monitoringnya (Elektro & Medan, 2019).

Smart Relay merupakan sistem kontroler khusus untuk industri, artinya baik perangkat lunak maupun perangkat kerasnya diadaptasi untuk keperluan aplikasi dalam dunia industri (Kartika et al., 2008). Smart Relay merupakan salah satu jenis *Programmable Logic Controller* (PLC) yang dapat diprogram dengan menggunakan *software* ZelioSoft. Hampir sama dengan jenis PLC lainnya, jenis ini juga memiliki pin relay internal, akan tetapi hanya mampu untuk jaringan dibawah

5A. Oleh karena itu, untuk sistem jaringan ATS diperlukan relay tambahan sebagai konektor pengganti relay internal smart relay tersebut.

Sedangkan untuk sistem kontroler pasaran, jenis mikrokontroler adalah yang paling populer setelah PLC . Banyak jenis mikrokontroler seperti arduino, AVR ATmega, dan PIC namun keluarga AVR merupakan salah satu yang populer. Mikrokontroler AVR memiliki kelebihan pada fitur, kemudahan, dan harga yang tergolong murah dibandingkan dengan mikrokontroler sejenis. Salah satu tipe dari mikrokontroler AVR adalah ATmega32, dimana memiliki spesifikasi kapasitas memori yang cukup besar dan mampu bekerja dengan daya rendah (low-power) serta memiliki fitur-fitur pendukung seperti ADC, memori penyimpanan, I/O dll (Khakim, 2015).

Berdasarkan hal tersebut maka, pada Tugas Akhir ini akan dilakukan perbandingan ATS (*Automatic Transfer Switch*) berbasis *Microcontroller* AVR ATmega32 dan Smart Relay Zelio yang mampu mengontrol parameter tegangan dan gangguan. Ketika terdapat salah satu atau kedua parameter yang berada diluar standard yang diijinkan maka ATS akan melakukan *maneuver* dengan memindahkan posisi dari sumber listrik utama PLTS ke suplai cadangan, yaitu PLN.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas maka permasalahan yang akan dibahas adalah:

1. Bagaimana menguji performansi masing-masing sistem kontrol dalam menjalankan *maneuver* dari sumber listrik utama ke suplai cadangan?

2. Berapa besar efisiensi kinerja masing-masing Automatic Transfer Switch menggunakan mikrokontroler AVR ATmega32 dan PLC zelio logic?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk menguji performansi masing-masing sistem kontrol dalam menjalankan *maneuver* dari sumber listrik utama ke suplai cadangan.
2. Untuk mengetahui seberapa besar efisiensi kinerja masing-masing Automatic Transfer Switch menggunakan mikrokontroler AVR ATmega32 dan PLC zelio logic.

### 1.4 Manfaat Penulisan

Dengan dilakukannya penelitian ini dapat memberi manfaat, terutama bagi penulis:

1. Untuk memperkenalkan kepada mahasiswa terkhususnya mahasiswa teknik elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tentang sistem pengontrolan *on-grid* antara *photovoltaic* dan PLN menggunakan sistem kendali zelio dan Atmega32.
2. Dapat menambah wawasan dan pengalaman langsung tentang *automatic transfer switch* menggunakan smart relay zelio dan AVR Atmega32.
3. Sebagai pijakan dan refrensi pada peneliti-peneliti selanjutnya yang berhubungan dengan *photovoltaic* serta ATS agar nantinya dapat mengimprovisasi penelitian sebelumnya.

## 1.5 Batasan Masalah

Permasalahan pada penelitian yang dilakukan peneliti dibatasi pada beberapa hal antara lain:

1. Melakukan perbandingan antara ATS yang menggunakan kendali smartrelay Zelio dengan yang menggunakan Atmega32.
2. Beban yang digunakan pada pengujian kedua ATS hanya meliputi instalasi penerangan pada pondok Wisata Sawah Pematang Johar.
3. Analisis hanya menghitung perbandingan masing-masing sistem kontrol ATS pada saat proses manuever menggunakan mode otomatis.
4. Program yang dibuat hanya melakukan sistem kerja manuever dan change status indicator lamp pada kedua sistem kontrol.

## 1.6 Metodologi Penelitian

Metodologi yang dilakukan dalam penelitian ini terdiri dari:

### 1. Studi Literatur

Hal ini dilakukan untuk mempelajari teori dan menjadi referensi penunjang dalam pelaksanaan yang berkaitan dengan penelitian.

### 2. Perancangan Sistem

Melakukan perancangan rangkaian topologi *Automatic Transfer Switch* dengan menggunakan *software* Proteus 7 dan melakukan setting program dengan menggunakan *software* CVAVR dan ZelioSoft2.

### 3. Pengujian dan Analisis

Pengujian merupakan metode untuk memperoleh data dari simulasi yang dilakukan sehingga dapat diketahui dan diperoleh nilai-nilai yang dijalankan dari simulasi tersebut.

## **1.7 Sistematika Penulisan**

Untuk mempermudah baik pembahasan maupun pemahaman, tugas akhir yang disusun memiliki sistematika sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Pendahuluan merupakan bagian pertama yang menjabarkan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dari pengamatan yang dilakukan, dan sistematis penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini membahas penjelasan tentang teori dasar yang digunakan pada pembuatan tugas akhir.

### **BAB III METODELOGI PENELITIAN**

Bab ini membahas hasil pengujian alat dan menganalisa hasil percobaan dari alat tersebut.

### **BAB IV ANALISA DAN HASIL PENELITIAN**

Bab ini membahas mengenai hasil dari penelitian yang dilakukan, baik berupa data, hasil pengujian, dan simulasi.

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi kesimpulan penulis tentang hasil perbandingan sistem pengontrolan *on grid* berbasis smart relay pada PLTS berkapasitas 1500 WP.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Kebutuhan energi listrik kini telah menjadi kebutuhan primer yang tidak dapat dipisahkan dari aspek kehidupan masyarakat. Khususnya untuk mengoperasikan perangkat-perangkat elektronika, banyak perangkat di bidang telekomunikasi, industri dan kesehatan memerlukan energi listrik secara kontinyu atau tidak boleh terhenti, sehingga perlu adanya sumber listrik cadangan sebagai *backup*, yang dapat dipergunakan apabila sumber listrik utama mengalami gangguan (Pakpahan et al., 2017).

Untuk dapat mengatasi hal tersebut, perlu adanya suatu peralatan yang dapat mengantisipasi ketika jaringan energi listrik utama mati/terputus biasanya bisa berupa Genset. Penelitian untuk mengontrol peralihan daya dari sumber utama ke suplay cadangan yang di sebut dengan ATS (*Automatic Transfer Switch*) menggunakan metode Open Transition Re-Transfer. Akan tetapi, kelemahan dari metode ini ialah adanya jeda waktu atau *delay* dalam proses *maneuver*-nya sehingga peralihan suplay daya dari sumber utama ke cadangan atau sebaliknya tidak dapat beroperasi secara maksimal. Sehingga, selama jeda waktu tersebut beban tidak mendapat pasokan energi listrik (Ginting et al., 2014).

Penelitian tentang ATS menggunakan Arduino Uno dan Relay. Dalam penelitiannya, *Chip* ATmega328 digunakan sebagai CPU (*Central Processing Unit*) utamanya yang mana diprogram menggunakan Bahasa C melalui Software Arduino IDE. Dalam penelitiannya, ATS yang dihasilkan mampu meminimalisir kehilangan arus listrik ketika terjadi *maneuver* tegangan dari sumber utama ke cadangan atau

sebaliknya. Akan tetapi, terdapat nilai error yang cukup tinggi sebesar 3.76 % pada sensor pembacaan tegangan yang ditempatkan untuk mengukur sumber tegangan cadangan pada Genset. Sedangkan, apabila mengukur sumber PLN hasil pengujian mendapat nilai error rata-rata sebesar 0.21 %. Dengan nilai error sebesar itu bukan tidak mungkin akan terjadi trigger pada rangkaian relay (Pakpahan et al., 2017).

Penggunaan dua sumber suplai dilakukan untuk mengoptimalkan keandalan sistem jaringan listrik. Selain itu, penggunaan dua sumber suplai juga dapat menjaga kontinuitas dalam hal kegiatan yang memerlukan jaringan listrik. Namun ada kalanya kontinuitas mengalami kondisi normal dan abnormal, dimana pada suatu waktu jaringan listrik pasti akan berada pada posisi beban puncak. Menurut (Bakhtiar, 2017), beban puncak umumnya terjadi pada jam 17.00 s/d 22.00 dalam penelitiannya sistem pengontrolan yang digunakan menggunakan metode penjadwalan waktu dimana ATS akan melakukan *maneuver* sumber tegangan pada waktu yang telah di tentukan yaitu pada pukul 17.00 ATS secara otomatis menyambungkan PLTS ke beban dan memutusnya kembali pada pukul 22.00. Sedangkan untuk pengontrolan diluar penjadwalan tersebut masih dilakukan secara manual (Jurusan et al., 2017).

Selanjutnya, penelitian tentang optimalisasi ATS pada genset menggunakan TDR (*Timer Delay Relay*). Fungsi kerja alatnya adalah dengan menempatkan satu buah relay AC (220 V) yang dikoneksikan dengan tegangan PLN. Sehingga apabila PLN menyuplai tegangan listrik maka relay AC akan bekerja dan mematikan Genset, sebaliknya apabila PLN tidak menyuplai tegangan listrik maka relay AC akan mati dan menghidupkan Genset. Akan tetapi, penggunaan TDR untuk memindahkan sumber tegangan dari Genset ke PLN memerlukan jeda waktu

selama 4 detik. Tujuan adanya jeda waktu ini ialah agar tidak terjadi hubung singkat pada saat terjadinya *maneuver* sumber tegangan, karena antara PLN dan Genset memiliki fasa yang berbeda. Akibatnya, selama 4 detik itu pula jaringan listrik ke beban tidak akan tersuplai (Alfith, 2017).

Beberapa penelitian telah melakukan *upgrade system* dengan menggunakan mikrokontroller sebagai dapur pacu utamanya. Seperti penelitian yang dilakukan (Ehiabhili John. E, 2018). Penelitian yang ia lakukan melibatkan mikrokontroller 8052 sebagai pusat kendali utamanya. Dimana ATS dalam penelitiannya mampu melakukan *maneuver* kurang dari 6 detik, menahan kapasitas daya kurang dari 12 KVA, dan menerima input kurang dari 240 V (C et al., 2018).

Berikutnya, saudara (Majid, 2018) melakukan metode hybrid antara PLN dan inverter menggunakan ATS. ATS dalam penelitiannya tergolong konvensional karena hanya mengandalkan dua transistor sebagai kendalinya. Ketika baterai penuh, maka ATS akan berpindah *switch* dari PLN ke penggunaan inverter, sebaliknya saat baterai melemah ke tegangan 10 volt maka ATS berpindah *switch* dari inverter ke PLN (Majid et al., 2018).

Penelitian yang sama juga dilakukan oleh (Suprianto, 2019), ia menggunakan ia melakukan metode hybrid antara PLN dan PLTS. Namun dengan penambahan mikrokontroller jenis Arduino sebagai kendali utamanya. Dimana, PLN akan melayani beban pada pukul 02.30 dini hari sampai dengan pukul 18.00 dan akan digantikan dengan PLTS pada pukul 18.00 sampai dengan 02.30. Dengan kata lain, pasokan tegangan listrik dari PLTS hanya akan menyuplai tegangan listrik ketika terjadi beban puncak, dan setelahnya digantikan oleh PLN (Elektro & Medan, 2019).

Selain mikrokontroler, penggunaan sistem kendali otomatis juga dilakukan pada penelitian saudara (Sadi, 2019). Dalam Penelitian tersebut, sistem kendali yang digunakan ialah jenis PLC (*Programmable Logic Controller*) CPM1A. Dimana jeda waktu yang diperlukan dalam perpindahan sumber listrik utama ke cadangan rata-rata kurang dari 1 detik. Hal tersebut tentunya berpengaruh besar pada kontinuitas jaringan listrik ke beban (Sadi & Mulyati, 2019).

Sistem kendali menggunakan mikrokontroler dewasa ini semakin pesat untuk dikembangkan, seperti penelitian yang dilakukan saudara (Wijaya, 2019), dalam penelitiannya sistem kendali yang digunakan ialah jenis mikrokontroler Arduino Uno. Namun ATS tersebut hanya mampu digunakan untuk beban maksimal tidak lebih dari 10A dan tidak tersedianya sistem monitoring untuk mengetahui besar tegangan masuk dan arus yang mengalir melalui sistem ATS tersebut (Wijaya & Sitohang, 2019).

Selain Arduino Uno, *upgrade system* menggunakan Arduino Mega juga digunakan sebagai sistem kendali utama ATS dalam penelitian (Tawurisi, 2019), ATS dalam penelitiannya juga dirancang untuk melakukan *maneuver switch* antara PLN dan Genset secara otomatis. Dimana nilai error tegangan rata-rata yang terbaca sensor tegangan ZMPT101B dibandingkan menggunakan Voltmeter adalah sebesar 4.57 VAC dan memerlukan jeda waktu kurang dari 15 detik untuk menghidupkan Genset ketika terjadi gangguan pada PLN (Tawurisi et al., 2019).

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 *Photovoltaic*

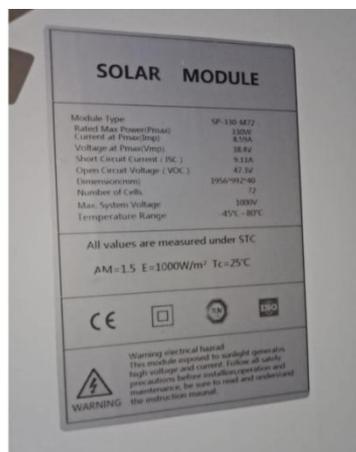
*Photovoltaic* merupakan sebuah lempengan logam yang menghasilkan sejumlah arus listrik jika dikenai cahaya (foton). Arus yang dihasilkan oleh *photovoltaic* tersebut dipengaruhi oleh beberapa besaran fisis yaitu intensitas cahaya (iradiansi) dan temperatur dari modul *photovoltaic* itu sendiri. Semakin besar intensitas cahaya yang mengenai *photovoltaic* tersebut, maka arus yang dihasilkan akan semakin besar. Namun, kekurangan yang dimiliki oleh PV dan di *buoy weather station* khususnya adalah masih belum dapat menghasilkan daya maksimal sebagaimana spesifikasi dari PV itu sendiri (Putra et al., 2013).

PV memiliki beberapa varian, namun yang umum digunakan ialah jenis monocrystallin silicon dan polycrystalline silicon. Jenis monocrystallin silicon memiliki tingkat serapan foton yang lebih baik bila dibandingkan dengan bahan polycrystalline silicon. Tipe panel surya ini terbuat dari bahan sel Kristal tunggal, sehingga elektron yang menghasilkan listrik mempunyai lebih banyak ruang untuk mengalir, hal ini yang membuat monocrystalline menjadi lebih efisien (Rimbawati et al., 2021).

Prinsip kerja PV mirip dengan baterai, apabila tegangan yang ingin diperbesar maka PV dihubungkan seri, apabila arus yang ingin diperbesar maka PV dihubungkan paralel.

Sebagai patokan, satuan PV adalah Watt Peak (Wp) dengan artian daya yang dapat dihasilkan oleh *photovoltaic* tersebut ketika disinari oleh matahari. Jika dikalikan tegangan maksimum ( $V_{mp}$ ) dengan arus maksimum ( $I_{mp}$ ) yang tercantum pada label sebuah PV tersebut, maka dapat ditentukan kapasitas panel

tersebut dalam satuan Wp. Sebagai contoh, dalam panel surya terdapat label yang mencantumkan data spesifikasi seperti ini :



Gambar 2.1. Spesifikasi *photovoltaic*

Berdasarkan spesifikasi diatas, maka kapasitas Daya PV tersebut adalah 38 Volt x 8,6 Ampere = 330 Watt. Untuk menghasilkan kapasitas Daya 330 Watt, modul PV harus beroperasi pada tegangan 38 Volt dan arus 8,6 Ampere.

### 2.2.2 MPPT (*Maximum Power Point Tracking*)

MPPT adalah singkatan *Maximum Power Point Tracking*, terdiri dari perangkat elektronika yang berfungsi sebagai pengatur pengisian baterai, dimana sistem ini dapat mengoptimalkan kinerja antara PV dengan baterai.

MPPT bukanlah sebuah sistem tracking mekanik yang digunakan untuk mengubah posisi modul terhadap posisi matahari untuk mendapatkan energi maksimum, melainkan sebuah rangkaian yang mengatur pengisian baterai itu sendiri.

Harus kita ingat bahwa *photovoltaic* adalah perangkat dengan arus tetap. Tetapi jika baterai yang di-*charger* tersebut bertegangan dibawah tegangan PV, maka tegangan operasi panel surya secara otomatis menyesuaikan dengan

tegangan baterai. Jadi, jika tegangan baterai 24V, maka tegangan operasi panel akan turun dari 38V menjadi 24V. Dengan demikian, kinerja Panel Surya bukan lagi 330 Watt, tetapi outputnya menjadi  $24V \times 8,6 A = 206,4 \text{ Watt}$ . Artinya PV kehilangan Daya sebesar hampir separuhnya yaitu 206,4 Watt. Untuk mengatasi masalah penurunan daya tersebut, maka dibutuhkan sistem MPPT agar daya 330 Watt dari PV bisa maksimal sehingga, dapat disimpulkan SCC dengan sistem MPPT mampu melakukan konversi tegangan output DC dari PV yg lebih tinggi ke tegangan lebih rendah yang diperlukan baterai.



Gambar 2.2 *Maximum Power Point Tracking*

Dalam proses pengisian ini, MPPT akan melakukan peningkatan arus DC yang menuju baterai dengan tegangan yang tetap sebesar 24 volt sehingga daya yang didapat dari PV tetap sebesar 330 Wp. Dengan demikian arus maksimal yang masuk ke baterai menjadi 13,75 Ampere ( $330 \text{ Watt} / 24 \text{ Volt}$ ).

### **2.2.3 Inverter**

*Inverter* adalah suatu rangkaian atau perangkat elektronika yang dapat mengubah arus listrik searah (DC) ke arus listrik bolak-balik (AC) pada tegangan dan frekuensi yang dibutuhkan sesuai dengan perancangan rangkaiannya.

Sumber-sumber arus listrik searah atau arus DC yang merupakan Input dari *Power Inverter* tersebut dapat berupa baterai maupun Sel Surya (*Solar Cell*). Inverter ini umumnya digunakan di daerah-daerah yang memiliki keterbatasan pasokan arus listrik PLN. Karena dengan adanya *inverter*, kita dapat menggunakan Aki ataupun Sel Surya untuk menggerakkan peralatan-peralatan rumah tangga seperti televisi, kipas angin, komputer atau bahkan kulkas dan mesin cuci yang pada umumnya memerlukan sumber listrik AC yang bertegangan 220V.

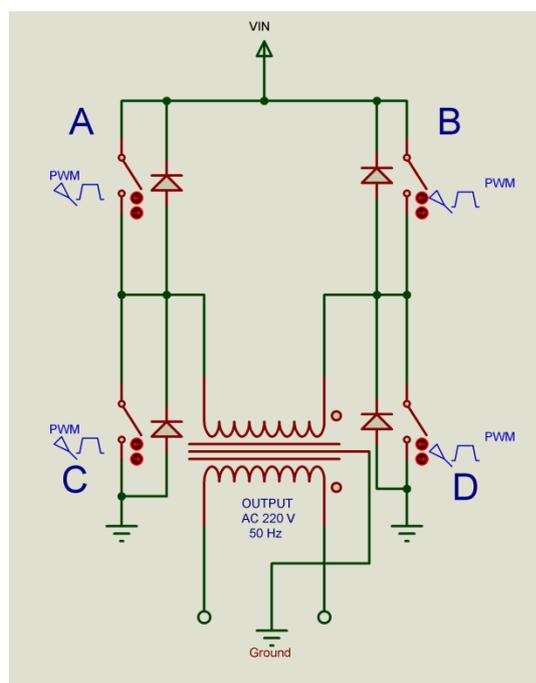


Gambar 2.3 *Inverter pure sine wave*

Bentuk-bentuk Gelombang yang dapat dihasilkan oleh *inverter* diantaranya adalah gelombang persegi (*square wave*), gelombang sinus (*sine wave*), gelombang sinus yang dimodifikasi (*modified sine wave*), dan gelombang modulasi pulsa lebar (*pulse width modulated wave*) tergantung pada desain rangkaian inverter yang digunakan. Namun pada saat ini, bentuk-bentuk gelombang yang paling banyak digunakan adalah bentuk gelombang sinus (*sine wave*) dan gelombang sinus yang dimodifikasi (*modified sine wave*). Sedangkan Frekuensi arus listrik yang dihasilkan pada umumnya adalah sekitar 50Hz atau 60Hz dengan tegangan output sekitar 240V. Output daya listrik yang paling umum

ditemui untuk produk-produk konsumen adalah sekitar 150 watt hingga 3000 watt.

Sederhananya, suatu *inverter* yang dapat mengubah arus listrik DC ke arus listrik AC ini hanya terdiri dari rangkaian Osilator, rangkaian saklar (*switch*) dan sebuah *transformator* (trafo) seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.4 Skema rangkaian *inverter full bridge*

Sumber daya yang berupa arus listrik DC dengan tegangan rendah (contoh 12V) diberikan ke saklar A dan B yang terhubung paralel dengan primer trafo *step up* dan saklar C dan D. Dua ujung primer *transformator* dihubungkan paralel dengan saklar A dan B menuju saklar C dan D ke ground rangkaian. Jika kondisi satu, saklar terhubung pada titik saklar A dan titik saklar D menyebabkan arus listrik dari titik saklar A mengalir dari terminal positif baterai ke primer *transformator* yang kemudian mengalir ke titik D saklar hingga ke ground. Pada saat saklar dipindahkan dari titik A ke titik B, arus listrik yang mengalir pada jalur

1 akan berhenti dan arus listrik jalur 2 akan mulai mengalir dari terminal positif baterai ke primer *transformator* hingga ke ground melalui saklar titik B ke saklar titik D. Titik A, B dan jalur 1, 2 dapat dilihat pada gambar diatas.

Peralihan ON dan OFF atau A dan B pada saklar (*switch*) ini dikendalikan oleh sebuah rangkaian *osilator* yang berfungsi sebagai pembangkit frekuensi 50Hz yaitu mengalihkan arus listrik dari titik A ke titik B dan titik B ke titik A dengan kecepatan 50 kali per detik. Dengan demikian, arus listrik DC yang mengalir di jalur 1 dan jalur 2 juga bergantian sebanyak 50 kali per detik juga, sehingga ekuivalen dengan arus listrik AC yang berfrekuensi 50Hz. Sedangkan komponen utama yang digunakan sebagai *switch* di rangkaian *switch inverter* tersebut pada umumnya adalah MOSFET ataupun Transistor.

Sekunder Transformator akan menghasilkan Output yang berupa tegangan yang lebih tinggi (contohnya 120V atau 240V) tergantung pada jumlah lilitan pada kumparan sekunder *transformator* atau rasio lilitan antara primer dan sekunder *transformator* yang digunakan pada *inverter* tersebut.

#### **2.2.4 ATS**

Automatic Transfer Switch (ATS) adalah peralatan sistem yang dapat mengatur pergantian suplai catu daya listrik dari sumber listrik utama dari PLN ke sumber listrik cadangan atau genset yang bekerja secara otomatis dengan mengendalikan pengaturan waktu (Sadi & Mulyati, 2019).

Secara umum fungsi dari ATS adalah untuk menghubungkan beban dengan dua sumber tenaga (sumber utama & sumber cadangan) atau lebih yang terpisah yang bertujuan untuk menjaga ketersediaan dan keandalan aliran daya menuju

beban. Secara sederhana fungsi ATS adalah untuk melakukan *maneuver* daya secara otomatis ke beban, dari sebuah sumber utama (dalam penelitian ini adalah Inverter) ke sumber cadangan (PLN) ketika terjadi gangguan pada sumber utama (Majid et al., 2018).

Panel kontrol ATS terdiri dari 3 jenis yaitu panel kontrol konvensional, panel kontrol digital, dan panel kontrol smart relay antara lain (Kartika et al., 2008):

a. Panel Kontrol Konvensional

Terdiri dari relay mekanik (kontaktor) dan relay waktu sehingga terdapat banyak kekurangan dalam keandalannya serta pada kontrol konvensional ini terdapat banyak sambungan kabel sehingga menyulitkan pada waktu terjadi kerusakan (Kartika et al., 2008).

b. Panel Kontrol Digital

Merupakan produk pabrikan yang memiliki keandalan lebih baik dari pada kontrol konvensional. Keandalan yang dimaksud adalah fitur-fitur yang berfungsi untuk menjaga atau mengontrol keandalan sistem listrik, seperti genset atau turbin sebagai cadangan tetap dalam kondisi yang baik agar kerusakan parah dapat dihindari (Kartika et al., 2008).

c. Panel Kontrol Smart Relay

Panel kontrol ATS jenis ini merupakan jenis modifikasi dimana terdapat penambahan fitur-fitur seperti pengamanan dan lain-lain. Kelebihan ATS jenis ini dari ATS jenis digital adalah pada sistem kerjanya yang dapat dijalankan sesuai keinginan dan kebutuhan, akan tetapi untuk dapat membuat ATS jenis

kontrol smart relay ini bekerja sesuai dengan keinginan, harus disematkan beberapa program, *input*, dan *output*.

### **2.2.5 Pemrograman FBD (*Function Block Diagram*)**

Sesuai dengan standar IEC (*International Electrotechnical Commission*) nomor 1131-3, untuk jenis pemrograman PLC dan smart relay terdapat lima bahasa pemrograman yang biasa digunakan, yaitu: *Ladder Diagram* (LAD), *Instruction List* (IL), *Sequential Function Charts* (SFC), *Structured Text* (ST) dan *Function Block Diagrams* (FBD).

Bahasa pemrograman FBD adalah salah satu bahasa yang sering digunakan pada PLC dan smart relay selain bahasa pemrograman ladder. Bahasa pemrograman FBD (*Function Block Diagram*) merupakan bahasa pemrograman grafis yang menggunakan blok-blok gerbang digital, counter, timer, operasi aritmatika dan blok-blok lainnya, tergantung dari perangkat smart relay dan software yang digunakan untuk menyusun programnya. Pemrograman menggunakan bahasa FBD dinilai lebih memudahkan pengguna karena program FBD sendiri berbentuk grafis atau blok-blok logika, sehingga pengguna hanya perlu menyusun blok-blok tersebut menjadi sebuah instruksi. Pemrograman FBD terdiri dari 3 bagian, yaitu input, function, dan output.

Input ini bisa berupa sakelar, push button, dan sensor. Setelah input adalah function, function ini adalah logika program yang terdiri dari blok-blok fungsi seperti: AND, OR, NOT, timer, counter, aritmatika dan fungsi-fungsi lainnya. Bagian yang terakhir adalah output, untuk output ini dapat berupa: lampu, solenoid, motor ataupun relay.

Adapun blok fungsi pada pemrograman FBD dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2.1. Nama dan simbol gerbang logika

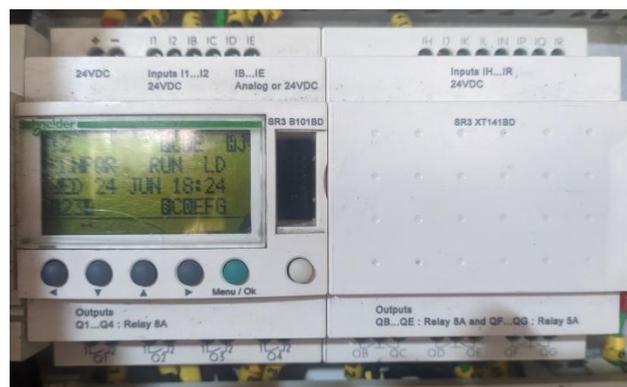
No.	Nama Gerbang	Simbol	Logika		
			A	B	Q
1	NOT		1		0
			0		1
2	AND		0	0	0
			0	1	0
			1	0	0
			1	1	1
3	OR		0	0	0
			0	1	1
			1	0	1
			1	1	1
4	NAND		0	0	1
			0	1	1
			1	0	1
			1	1	0
5	NOR		0	0	1
			0	1	0
			1	0	0
			1	1	0
6	XOR		0	0	0
			0	1	1
			1	0	1
			1	1	0
7	XNOR		0	0	1
			0	1	0
			1	0	0
			1	1	1

### 2.2.6 Smart relay Zelio Logic

Smart relay merupakan suatu bentuk khusus dari pengontrol berbasis mikroprosesor yang memanfaatkan memori yang dapat deprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi dengan aturan tertentu dan dapat

mengimplementasikan fungsi-fungsi khusus seperti fungsi logika, *sequencing*, pewaktuan (*timing*), pencacahan (*counting*) dan aritmetika dengan tujuan mengontrol mesin-mesin dan proses-proses yang akan dilakukan secara otomatis dan berulang-ulang (Rafiq, 2017).

Smart relay bekerja dengan cara mengamati masukan (*input*), kemudian melakukan proses dan tindakan sesuai dengan yang diinginkan berupa menghidupkan dan mematikan keluarannya (Logic 0 dan 1). Dengan kata lain Smart Relay menentukan aksi keluaran (*output*) apa yang harus dilakukan pada instrument yang berkaitan dengan status suatu ukuran atau besaran yang dideteksi masukan (*input*) (Kartika et al., 2008).



Gambar 2.5 Smart relay Zelio tipe SR3 B101BD

Smart Relay Zelio merupakan sebuah *controller* yang diproduksi oleh Schneider Electric yang berguna mengatur *logic* yang masuk dan mengontrol *logic* tersebut, hingga mengeluarkan sebuah output sesuai program yang dibuat.

### 2.2.7 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah subsistem dari sistem komputer yang merupakan gabungan semikonduktor yang terkemas dalam satu IC atau sering di sebut sebagai

chip, sehingga dikenal sebagai *Single Chip Mikrocomputer* (Desnanjaya & Iswara, 2018).

Mikrokontroler pada dasarnya adalah komputer dalam satu chip, yang di dalamnya terdapat mikroprosesor, memori, jalur *Input/Output* dan beberapa perangkat pelengkap lainnya. Kecepatan pengolahan data pada mikrokontroler lebih rendah jika dibandingkan dengan PC. Pada PC kecepatan mikroprosesor yang digunakan saat ini telah mencapai orde GHz, sedangkan kecepatan operasi mikrokontroler pada umumnya berkisar antara 1 – 16 MHz. Begitu juga kapasitas RAM dan ROM pada PC yang bisa mencapai orde *Gbyte*, dibandingkan dengan mikrokontroler yang hanya berkisar pada orde *byte/Kbyte*.

Kelebihan utama mikrokontroler terletak pada ketersediaan RAM (*Random Acces Memory*) dan peralatan I/O pendukung, sehingga ukuran *board* mikrokontroler menjadi sangat ringkas (Khakim, 2015).

### **2.2.8 Sistem Minimum**

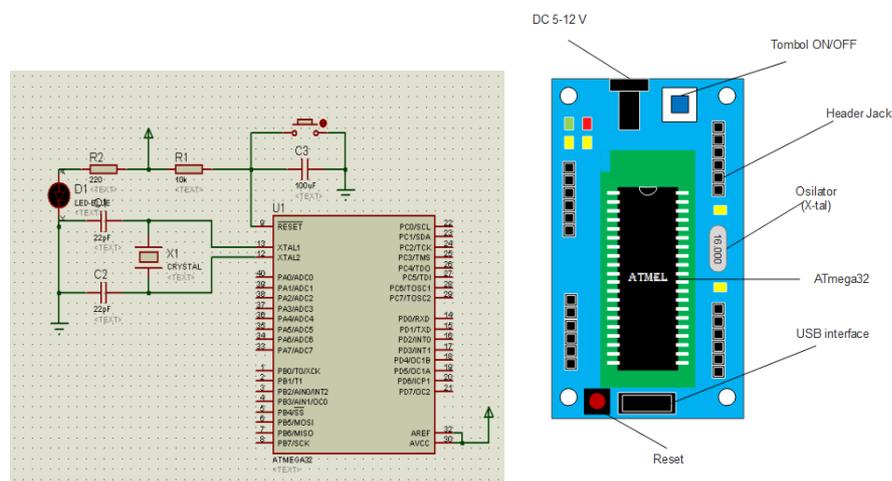
Sistem minimum merupakan sebuah sistem yang mengatur semua data baik itu data masukan maupun keluaran (Khakim, 2015).

Sistem minimum merupakan inti dari modul perangkat keras pelatihan mikrokontroler dan arduino. Tugas dari sistem minimum ialah sebagai inti dari proses sistem mikrokontroler yang memberi intruksi kepada input atau output ke modul yang ingin di kendalikan setelah sebelumnya telah di program atau di masukan intruksi untuk melakukan aksi tertentu.

Rancangan sebuah sistem minimum mempengaruhi fungsi dari mikrokontroler yang ditanamkan dalam sistem minimum tersebut, kecepatan prosesing *processor* pada mikrokontroler dipengaruhi oleh pembangkit *clock*

*osilator*, pada rangkaian ini digunakan kristal sebesar 16 MHZ, sehingga memungkinkan processor dalam mikrokontroler melakukan sampai 16 juta instruksi per detik (16 MIPS), kecepatan osilator juga mempengaruhi konfigurasi *timer*, *delay*, dan PWM (*Pulse Width Modulation*). Sistem minimum ini juga dilengkapi dengan *reset* agar dapat mengulang kembali intruksi pada kondisi awal, (Desnanjaya & Iswara, 2018).

Berikut adalah gambaran dari sistem minimum ATmega32:



Gambar 2.6 Skema Sistem Minimum ATmega32

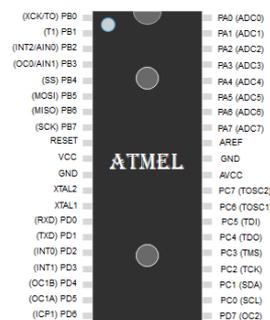
### 2.2.9 Mikrokontroler Arsitektur AVR Atmega32

Mikrokontroler AVR (*Advanced versatile RISC*) ATmega 32 merupakan *low power* CMOS Mikrokontroler 8-bit yang dikembangkan oleh Atmel dengan arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*) sehingga dapat mencapai *throughput* eksekusi instruksi 1 MIPS (*Million Instruction Per Second*).

Berbeda dengan jenis mikrokontroler Arduino yang didefinisikan sebagai sebuah platform elektronik yang *open source*, berbasis pada *software* dan *hardware* yang fleksibel dan mudah digunakan, yang ditujukan untuk seniman, desiner,

*hobbies* dan setiap orang yang tertarik dalam membuat objek atau lingkungan interaktif (Rimbawati et al., 2019). Arsitektur AVR dirancang memiliki berbagai kelebihan dan merupakan penyempurnaan dari arsitektur mikrokontroler-mikrokontroler yang sudah ada sebelumnya. Berbagai seri mikrokontroler AVR telah diproduksi Atmel dan digunakan di dunia sebagai mikrokontroler yang bersifat *low cost* dan *high performance*.

Mikrokontroler AVR dapat dikelompokkan menjadi 4 kelas yaitu kelas ATtiny, kelas AT90xx, keluarga ATmega, dan kelas AT86RFxx. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, *peripheral*, *speed*, operasi tegangan, dan fungsinya sedangkan dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan bisa dikatakan hampir sama (Desnanjaya & Iswara, 2018).



Gambar 2.7 Konfigurasi pin ATmega 32

Berikut ialah keterangan konfigurasi PIN mikrokontroler AVR ATmega32, secara umum:

- Pin 1 sampai dengan pin 8 atau Port B merupakan port parallel 8-bit dua arah (*bidirectional*), yang dapat digunakan untuk *general purpose* dan *special feature*.
- Pin 9 sebagai Reset jika terdapat minimum pulse pada saat *active low*.

- c. Pin 10 sebagai VCC dihubungkan ke Vcc (2,7 – 5,5 Volt).
- d. Pin 11 dan 31 adalah GND dihubungkan ke Vss atau Ground.
- e. Pin 12 sebagai XTAL 2 adalah pin masukkan ke rangkaian osilator internal.  
Sebuah osilator kristal atau sumber osilator luar dapat digunakan.
- f. Pin 13 sebagai XTAL 1 adalah pin keluaran ke rangkaian osilator internal. Pin ini dipakai bila menggunakan osilator kristal.
- g. Pin 14 sampai dengan 21 atau Port D adalah 8-bit dua arah (bi-directional I/O) port dengan internal pull-up resistors) digunakan untuk *general purpose* dan *special feature*.
- h. Pin 22 sampai dengan 29 atau Port C adalah 8-bit dua arah (bi-directional I/O) port dengan internal *pull-up* resistor digunakan untuk *general purpose* dan *special feature*.
- i. Pin 30 adalah Avcc pin penyuplai daya untuk port A dan A/D converter dan dihubungkan ke Vcc. Jika ADC digunakan maka pin ini dihubungkan ke Vcc.
- j. Pin 32 adalah A REF pin yang berfungsi sebagai referensi untuk pin analog jika A/D Converter digunakan.
- k. Pin 33 sampai dengan 40 atau Port A adalah 8-bit dua arah (bi-directional I/O) port dengan internal *pull-up* resistors digunakan untuk *general purpose*.



Gambar 2.8 Mikrokontroler ATmega 32

Berikut merupakan keterangan konfigurasi PIN mikrokontroler AVR ATmega 32 yang mempunyai fungsi khusus yaitu (Desnanjaya & Iswara, 2018):

- a. Pin 33 sampai dengan 40 (Port A) dapat digunakan sebagai:

Tabel 2.2. Fungsi Port A ATmega32

PORT	Fungsi
PA0	Input ADC PA0
PA1	Input ADC PA1
PA2	Input ADC PA2
PA3	Input ADC PA3
PA4	Input ADC PA4
PA5	Input ADC PA5
PA6	Input ADC PA6
PA7	Input ADC PA7

- b. Pin 1 sampai dengan 8 (Port B) dapat digunakan sebagai:

Tabel 2.3. Fungsi Port B ATmega32

PORT	Fungsi
PB0	T0 (Timer/Counter 0 External Counter Input), XCK(USART External Clock I/O)
PB1	T0 (Timer/Counter 1 External Counter Input)
PB2	AIN0 (Analog Comparator Positive Input), INT2 (External Interrupt 2 Input)
PB3	AIN1 (Analog Comparator Negative Input), OC0 (Timer/Counter0 Output CompareMatch Output)
PB5	MOSI (SPI Bus Master Output/Slave Input)
PB6	MISO (SPI Bus Master Input/Slave Output)
PB7	SCK (SPI Bus Serial Clock)

- c. Pin 22 sampai dengan 29 (PORT C) digunakan sebagai :

Tabel 2.4. Fungsi Port C ATmega32

PORT	Fungsi
PC0	SCL (Two-wire Serial Bus Clock Line)
PC1	SDA (Two-wire Serial Bus Data Input/Output Line)
PC2	TCK (JTAG Test Clock)
PC3	TMS (JTAG Test Mode Select)
PC4	TDO (JTAG Test Data Out)
PC5	TDI (JTAG Test Data In)
PC6	TOSC1 (Timer Oscillator Pin 1)
PC7	TOSC2 (Timer Oscillator Pin 2)

- d. Pin 14 sampai dengan 21 (Port D) dapat digunakan sebagai:

Tabel 2.5. Fungsi Port D ATmega32

PORT	Fungsi
PD0	RXD (USART Input Pin)
PD1	TXD (USART Output Pin)
PD2	INT0 (External Interrupt 0 Input)
PD3	INT1 (External Interrupt 1 Input)
PD4	OC1B (Timer/Counter1 Output Compare B Match Output)
PD5	OC1A (Timer/Counter1 Output Compare A Match Output)
PD6	ICP1 (Timer/Counter1 Input Capture Pin)
PD7	OC2 (Timer/Counter2 Output Compare Match Output)

### 2.2.10 Software Zelio Soft 2

*Software* ini dibuat oleh Schneider Electric bersamaan dengan smart relay *Zelio* saat *launching*. *Zelio Soft 2* merupakan *software* berisi *tool-tool* yang dapat digunakan untuk mempermudah pemrograman PLC smart relay *Zelio*. *Zelio Soft 2*

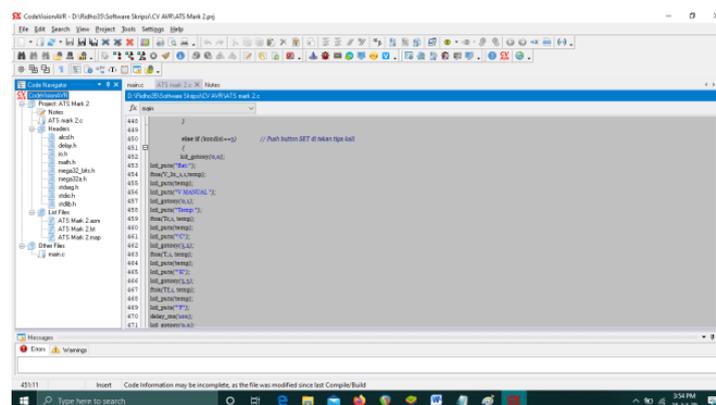
memungkinkan untuk memprogram smart relay Zelio menggunakan Bahasa Program LD (*Ladder Diagram*) dan Bahasa Program FBD (*Function Block Diagram*).



Gambar 2.9 Logo software Zelio Soft 2

### 2.2.11 Software Code Vision AVR

Code Vision AVR (CVAVR) adalah *compiler* untuk bahasa pemrograman C yang nantinya digunakan untuk memprogram mikrokontroler. CVAVR adalah software yang sangat serbaguna yang menawarkan “*High Performance ANSI C Compiler*”, *Integrated Development Environment*, *Automatic Program Generator* dan *In- System Programmer* untuk keluarga mikrokontroler AVR ATMEL.



Gambar 2.10 Tampilan software cvavr.

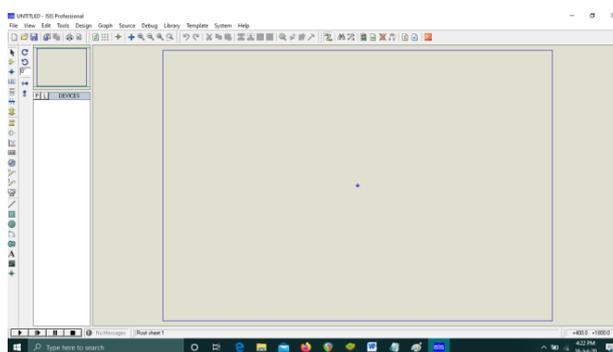
Bahasa pemrograman C adalah bahasa pemrograman *general purpose* yang dirancang dan dikembangkan oleh Dennis MacAlistair Ritchie antara tahun 1969

dan 1973 di Lab AT&T. Bahasa C dikembangkan dari bahasa B yang dirancang dan dikembangkan Dennis MacAlistair dan Kenneth Lane “Ken” Thompson yang merupakan versi sederhana dari bahasa BCPL (*Basic combined Programming Language*) yang dirancang dan dikembangkan oleh Martin Richards.

Bahasa C mengalami perkembangan sesuai dengan kemajuan teknologi. Sehingga pada tahun 1970 hingga 1980-an, bahasa C diimplementasikan pada berbagai jenis komputer mainframe, komputer mini, dan komputer mikro, termasuk IBM PC, dimana popularitas bahasa C mulai meningkat secara signifikan. Hingga sekarang, Bahasa C tidak hanya digunakan pada sistem komputer saja tetapi mencakup lebih luas dari apa yang bisa kita bayangkan.

#### **2.2.12 Software Proteus 7**

*Software Proteus 7* adalah sebuah *software* yang digunakan untuk mendesain PCB yang juga dilengkapi dengan simulasi PSpice pada level skematik sebelum rangkaian skematik di-*upgrade* ke PCB untuk memastikan sistem rangkaian dapat berfungsi dengan semestinya. Proteus 7 mengkombinasikan program ISIS untuk membuat skematik desain rangkaian dengan program ARES atau disebut juga *Advanced Routing and Editing Software* yang digunakan untuk membuat modul layout PCB.



Gambar 2.11 Tampilan *software* Proteus 7

### 2.2.13 Relay

Relay adalah alat yang dioperasikan dengan listrik yang secara mekanis mengontrol penghubungan rangkaian listrik (Rasmini, 2017). Secara garis besar, relay merupakan saklar elektronik yang dapat membuka atau menutup rangkaian dengan menggunakan kontrol dari rangkaian elektronik lain. Sebuah relay tersusun atas kumparan, pegas, saklar (terhubung pada pegas) dan 2 kontak elektronik *normally close* (NC) dan *normally open* (NO).



Gambar 2.12 Relay 24VDC

Berdasarkan prinsip dasar cara kerjanya, relay dapat bekerja karena adanya medan magnet yang digunakan untuk menggerakkan saklar. Saat kumparan

diberikan tegangan kerja relay, maka akan timbul medan magnet pada kumparan karena adanya arus yang mengalir pada lilitan kawat. Kumparan yang bersifat sebagai elektromagnet ini kemudian akan menarik saklar dari kontak NC ke kontak NO. Sebaliknya, jika tegangan pada kumparan dimatikan maka medan magnet pada kumparan akan hilang sehingga pegas akan menarik saklar dari kontak NO ke kontak NC.

Kegunaan relay dalam sebuah rangkaian elektronik cukup adalah sebagai berikut:

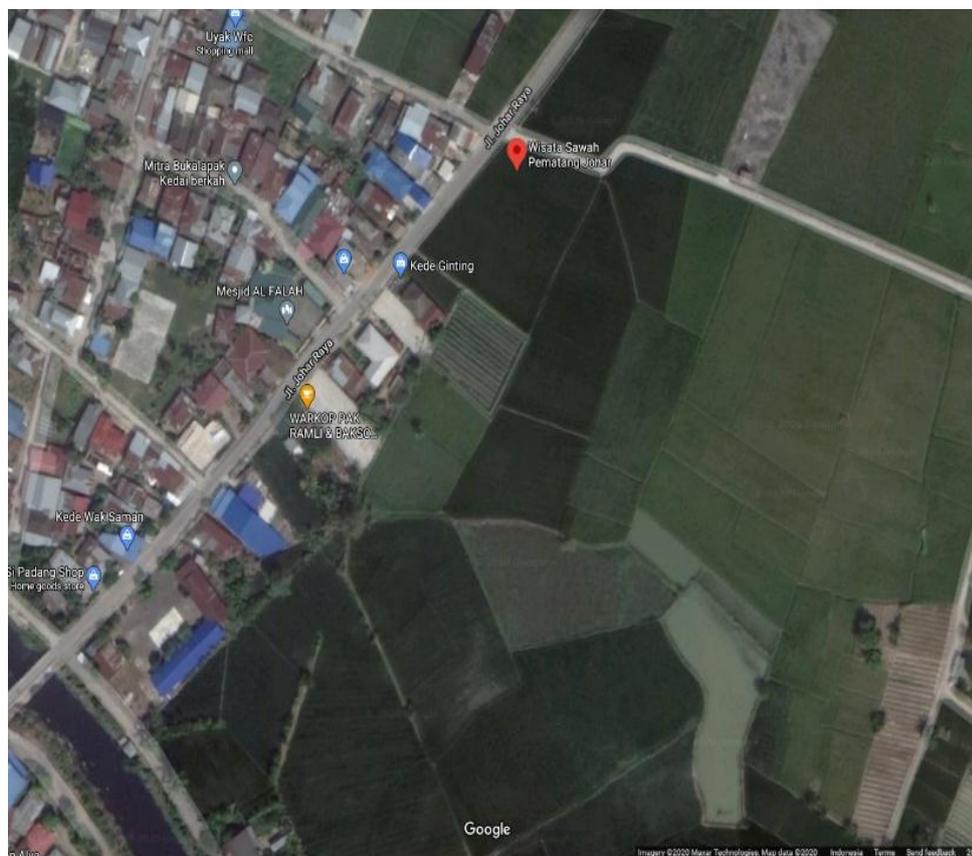
1. Mengendalikan sirkuit dengan tegangan tinggi dengan menggunakan derma signal bertegangan rendah.
2. Memperkecil terjadinya penurunan tegangan.
3. Menjalankan fungsi logika atau *logic function*.
4. Memberikan fungsi penundaan waktu atau *delay time function*.
5. Melindungi komponen elektronika dari bahaya konsleting.
6. Memperingkas rangkaian elektronika, artinya arus listrik dapat langsung menuju beban tanpa harus melewati komponen elektronika yang lainnya.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Wisata Sawah Pematang Johar, Kec. Labuhan Deli, Kab. Deli Serdang pada tanggal 9 Juli 2020 sampai selesai.



Gambar 3.1. Peta lokasi Penelitian di PLTS Wisata Sawah Pematang Johar

#### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini, diperlukan beberapa alat antara lain:

1. Toolkit elektronika, digunakan sebagai alat bantu dalam perakitan sistem.
2. Perangkat laptop, berfungsi sebagai alat bantu dalam perancangan program.

3. Kabel data Zelio, berfungsi sebagai konektor antara PC dengan smart relay Zelio.
4. *Software Code Vision AVR*, digunakan untuk membuat program mikrokontroler AVR ATmega32.
5. *Software Proteus*, berfungsi untuk menggambar rangkaian alat.
6. *Software Zeliosoft 2*, berfungsi untuk pembuatan program pada smart relay zelio.
7. Catu daya, berfungsi sebagai sumber daya listrik untuk alat.
8. Bor PCB, digunakan untuk melubangi papan PCB.
9. Gergaji ukir, digunakan untuk memotong papan PCB.
10. Usb asp, digunakan sebagai konektor antara mikrokontroler AVR ATmega32 dengan PC.

Selanjutnya bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

Tabel 3.1. Daftar bahan yang diperlukan

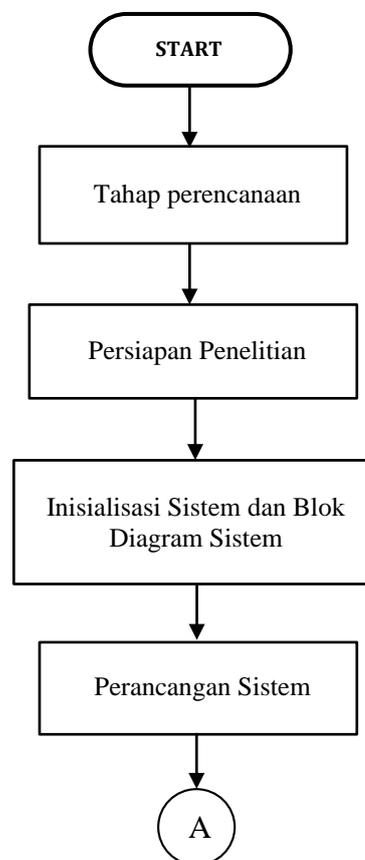
No.	Nama Alat	Jumlah	Satuan
1.	Smart relay Zelio	1	Buah
2.	Chip ATmega32	1	Buah
3.	Panel box	1	Buah
4.	Terminal block	4	Buah
5.	Sistem Minimum ATmega	1	Buah
6.	Modul relay 5 volt	1	Buah
7.	Push button hijau	1	Buah
8.	Tombol <i>Emergency</i>	1	Buah
9.	Push button merah	1	Buah
10.	Relay 24 VDC	2	Buah
11.	Relay 220 VAC	1	Buah
12.	Konverter DC to DC	1	Buah
13.	Lampu indikator	7	Buah

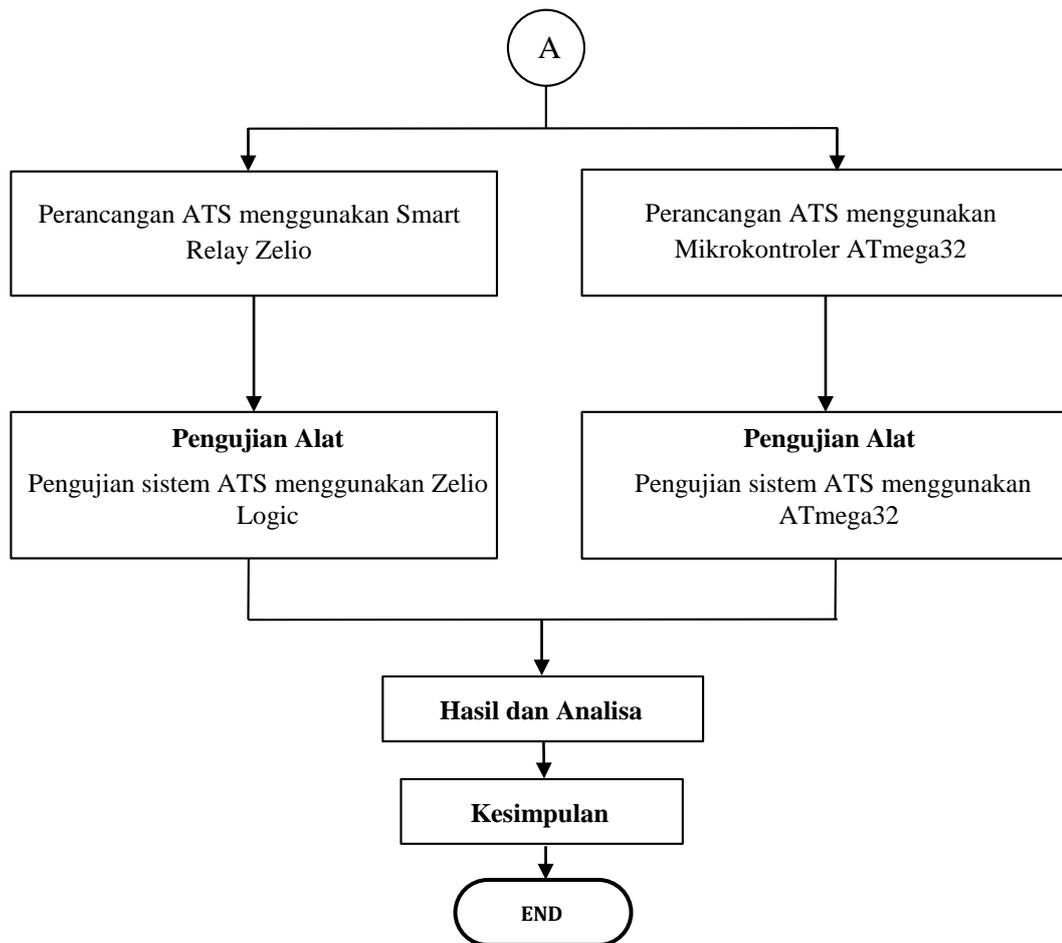
No.	Nama Alat	Jumlah	Satuan
14.	<i>Rotary switch</i>	1	Buah
15.	Kabel	2	Rol
16.	Kabel duct	1	Set
17.	Skun garpu	1	Set

### 3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian merupakan serangkaian proses – proses yang terjadi selama penelitian yang disusun secara urut dari tahap yang pertama sekali dilakukan sampai dengan tahap yang terakhir. Dengan alur penelitian, dapat ditentukan tujuan dan arah penelitian tugas akhir ini akan dilakukan.

Adapun tahapan penelitian yang akan dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada blok diagram berikut ini :





Gambar 3.2. Diagram alir prosedur penelitian

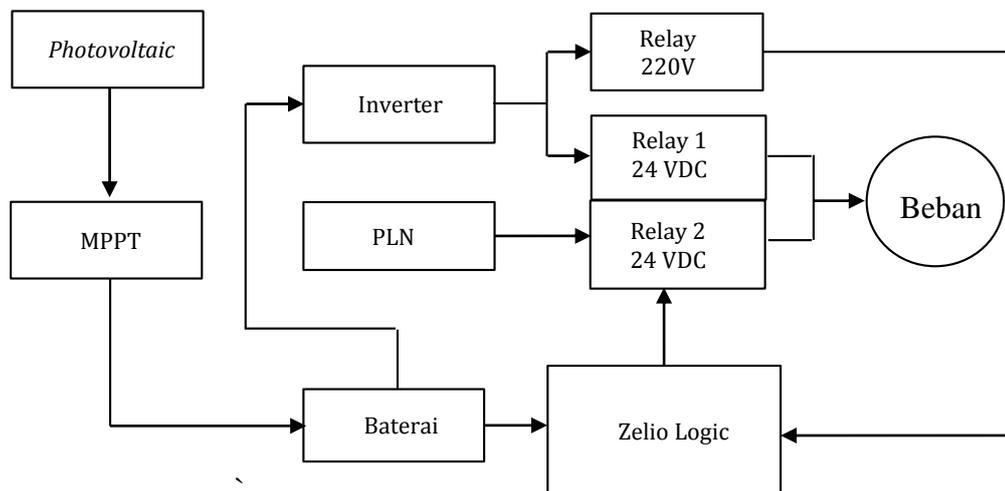
### 3.4 Inisialisasi Sistem dan Blok Diagram Sistem

Inisialisasi sistem ialah tahap awal untuk menentukan nilai dan variabel sistem yang akan dibuat nanti. Dimana inisialisasi ini nantinya akan digunakan sebagai acuan penamaan dan penomoran baik dalam perancangan *software* maupun *hardware*.

Ketika ingin menentukan nilai dan variabel dari suatu sistem, harus diketahui terlebih dahulu kebutuhan dan fungsi dari material yang digunakan, seperti fungsi mekanikal, thermal, listrik, magnetik, optik, dan kimia. Sedangkan blok diagram sistem merupakan pemodelan masukan, proses, keluaran, ataupun sebuah

transaksi dan interaksi dengan menggunakan simbol simbol yang telah ditentukan dengan tujuan memudahkan dalam memahami sebuah alur sistem.

Sebuah sistem bisa dikatakan otomatis apabila ia dapat mengolah masukan menjadi keluaran yang telah ditentukan dengan cara memproses data yang diterima secara mandiri. Ketika ada perubahan terjadi pada sisi masukan, maka sistem harus bisa mengolah data yang masuk seiringan dengan sistem yang sedang berjalan. Proses tersebut diuraikan pada blok diagram dibawah ini:



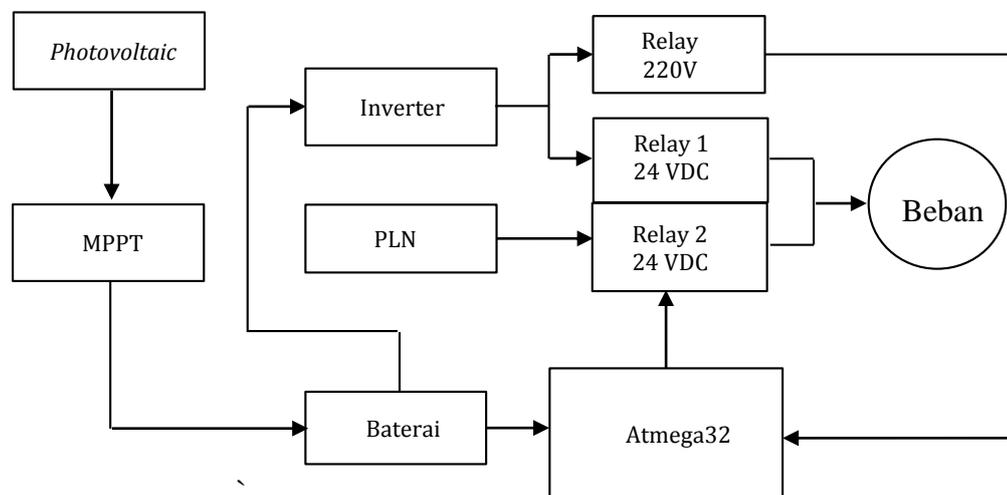
Gambar 3.3. Blok diagram ATS smartrelay Zelio

Berdasarkan blok diagram diatas, cara kerja sistem Panel ATS bertulang punggung *zelio logic* ialah sebagai berikut:

1. Ketika inverter aktif, relay 220V yang terhubung saat itu juga aktif.
2. Saat relay 220V aktif, Pin analog yang terhubung dengan *contact* relay 220V terhubung dengan tegangan akibat status relay menjadi NC mengindikasikan bahwa status inverter saat ini berada pada kondisi *running*.

3. Saat zelio logic menerima kondisi bahwa inverter sedang beroperasi, relay2 24VDC dimatikan dan relay1 24VDC yang terhubung dengan sumber 220V interver akan diaktifkan sehingga beban disuplai tegangan inverter (PLTS).

Untuk sistem ATS menggunakan Atmega32 mirip dengan sistem kerja ATS menggunakan zelio logic namun hanya berbeda pada *processing*-nya saja. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar blok diagram dibawah ini:



Gambar 3.4. Blok diagram ATS mikrokontroler ATmega32

Berdasarkan blok diagram diatas, cara kerja sistem ATS mikrokontroler AVR ATmega32 hanya berbeda pada sistem *processing*-nya saja. Jika pada panel ATS mikrokontroler AVR ATmega32, sistem *monitoring*-nya membutuhkan modul tambahan berupa LCD. Pada bagian input dan output juga memiliki persamaan, dimana inputnya merupakan masukan dari relay 220V yang fungsinya adalah sebagai *interfacer* status PLTS.

### 3.5 Perancangan Sistem

Perancangan sistem merupakan langkah awal untuk menentukan bentuk alat yang akan dibuat. Tahap perancangan dilakukan agar pada saat pembuatan alat dapat terealisasi secara terstruktur, sistematis, efektif, dan efisien.

Adapun pada perancangan sistem terbagi atas beberapa tahap antara lain:

#### 3.5.1 Perancangan *Software*

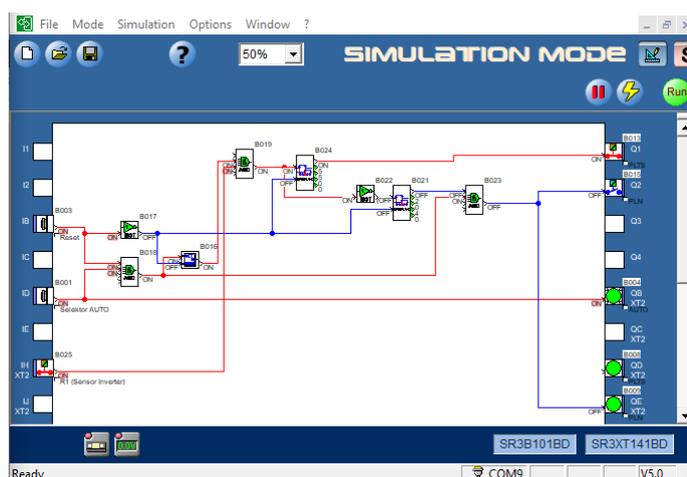
Perancangan *software* merupakan proses dimana rancangan sistem dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak. Skema, design, maupun program dibuat terlebih dahulu sebagai dasar acuan perancangan *hardware* nantinya. Selain meminimalisir tingkat kesalahan pada saat proses perakitan, hal ini juga berdampak kepada efisiensi pekerjaan, sehingga dapat mempercepat proses perakitan.

Berdasarkan **Error! Reference source not found.** dan Gambar 3.4, digambarkan sistem kerja ATS dimulai dari proses inialisasi input dan output. Sensor yang diterima ialah dimulai dari reley 220V dan diteruskan ke pin analog masing masing *processor*.

Dimana ketika sistem diaktifkan, sistem akan mendeteksi sumber daya mana yang aktif dimana relay 220V sebagai sensornya. Saat PLTS aktif maka tegangan 220 volt akan masuk ke *coil* relay 220V yang mengubah status NO menjadi NC menyebabkan tegangan 24 volt DC terhubung ke pin analog IH zelio logic.

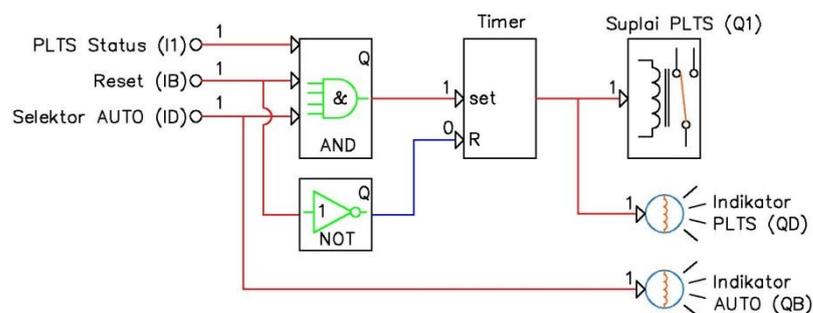
Saat Zelio mendeteksi bahwa PLTS aktif, selanjutnya zelio akan mematikan relay R3 (PLN) dengan jeda waktu 4 detik lalu mengaktifkan relay R2 (PLTS) dengan jeda waktu 1 detik sehingga beban tersuplai oleh tegangan dari PLTS. Hal ini bertujuan agar inverter mencapai kondisi *standby* terlebih dahulu sebelum dapat

melayani beban. *Function Block Diagram* yang digunakan untuk proses ini adalah fungsi AND, fungsi RS Switching, dan *timer*. Adapun bentuk program FBD untuk kondisi ini ialah sebagai berikut:



Gambar 3.5. Program FBD zelio status PLTS aktif

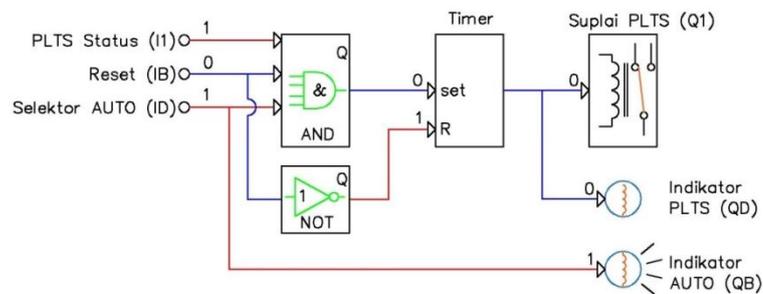
Cara kerja instruksi pada saat kondisi PLTS aktif dapat dilihat pada gambar 3.6 berikut ini:



Gambar 3.6 Instruksi program pada saat PLTS aktif

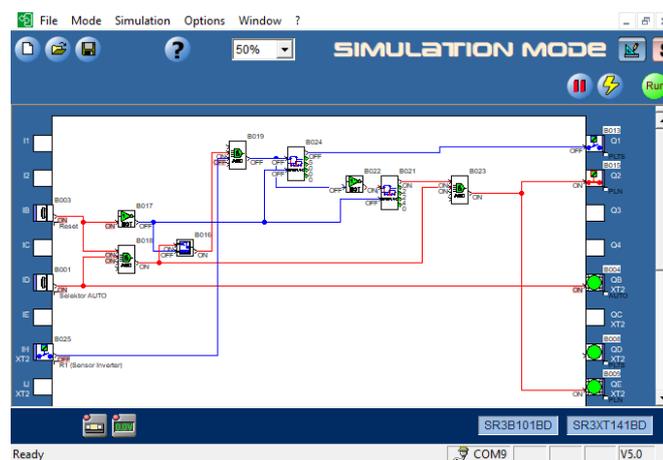
Pada saat PLTS, *push button reset*, dan *selector* AUTO aktif, instruksi ini akan membuat gerbang logika AND bernilai 1 dan gerbang logika NOT bernilai 0, memerintahkan *timer* menghitung selama 5 detik kemudian mengaktifkan *relay* R2 (Q1), lampu indikator PLTS (QD), dan sehingga beban disuplai tegangan dari

*inverter* PLTS. Ketika *push button reset* ditekan akan membuat gerbang AND bernilai 0 dan gerbang NOT bernilai 1 menyebabkan sistem *me-restart* ulang. gambar 3.7 menunjukkan cara kerja instruksi reset:



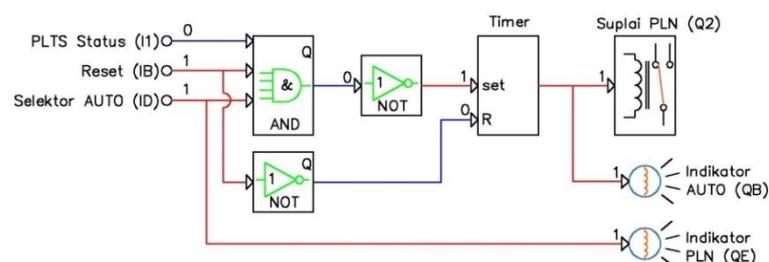
Gambar 3.7 Instruksi *Reset* pada saat *push button reset* ditekan

Sebaliknya, ketika zelio mendeteksi bahwa PLTS dalam keadaan non-aktif, yaitu dimulai dengan berubahnya status NC menjadi NO pada relay R1 yang membuat zelio mematikan relay internal Q1 dan mengaktifkan relay internal Q2 yang terhubung dengan relay R2 dengan jeda waktu 1 detik, maka secara otomatis beban akan tersupai tegangan dari PLN. Dan saat PLTS aktif kembali maka beban masih di suplai tegangan PLN selama 4 detik sebelum akhirnya berpindah menjadi PLTS. Adapun bentuk program dari kondisi tersebut ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.8 Program FBD zelio status PLTS nonaktif

Cara kerja intruksi mode AUTO pada saat PLTS mati ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

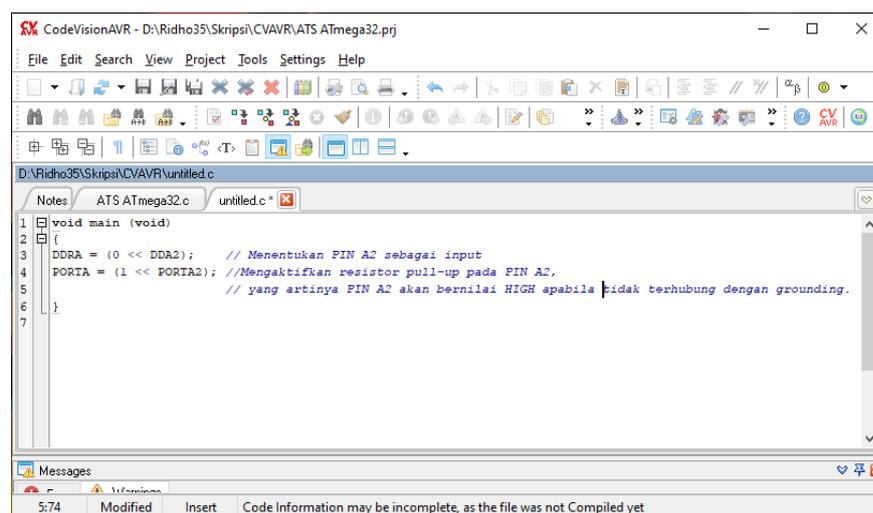


Gambar 3.9 Instruksi program pada saat PLTS mati

Pada saat status PLTS (I1) bernilai 0, maka gerbang logika AND akan bernilai 0 dan diubah menjadi 1 oleh gerbang NOT, mengintruksikan gerbang *timer* untuk menghitung sebesar 1 detik sebelum akhirnya mengaktifkan indikator PLN (QE) dan *relay* R3 (Q3) sehingga, beban disuplai oleh tegangan dari PLN. Sedangkan untuk instruksi tombol *reset* sendiri pada saat sistem PLTS mati adalah sama.

Di lain sisi, untuk sistem ATS menggunakan Atmega32 ketika tombol selektor berada pada posisi AUTO maka PIN A5 akan terhubung dengan

grounding, hal ini disebabkan karena jenis mikrokontroler Atmega32 lebih stabil apabila menggunakan inputan tegangan negatif dibanding tegangan positif. Lalu selanjutnya, Atmega32 akan mendeteksi apakah kondisi PLTS aktif atau sebaliknya dengan cara memastikan inputan dari relay R1 yang terhubung dengan PIN A2 apakah bernilai positif atau negatif. Berbeda dengan mikrokontroler jenis Arduino yang memerlukan bantuan resistor untuk membangkitkan tegangan *pull-up* (status kondisi HIGH), kondisi HIGH pada Atmega32 berasal dari resistor *pull-up* internal yang dapat diaktifkan atau dimatikan melalui *code* program yang dibuat dengan *software* Code Vision AVR yaitu dengan cara menuliskan *code* seperti berikut:



```

CodeVisionAVR - D:\Ridho35\Skrpsi\CVAVR\ATS ATmega32.pj
File Edit Search View Project Tools Settings Help
D:\Ridho35\Skrpsi\CVAVR\untitled.c
Notes ATS ATmega32.c untitled.c
1 void main (void)
2 {
3   DDRA = (0 << DDRA2); // Menentukan PIN A2 sebagai input
4   PORTA = (1 << PORTA2); //Mengaktifkan resistor pull-up pada PIN A2,
5                           // yang artinya PIN A2 akan bernilai HIGH apabila tidak terhubung dengan grounding.
6 }
7
Messages
5:74 Modified Insert Code Information may be incomplete, as the file was not Compiled yet

```

Gambar 3.10. Code program resistor *pull-up*

Apabila Atmega32 menerima status LOW dari relay R1, bersamaan dengan kondisi tersebut PIN C0 akan mengaktifkan relay R2 dengan jeda waktu sebesar 5 detik untuk kemudian beban tersuplai oleh tegangan dari PLTS. Sebaliknya, apabila Atmega32 menerima status *high* dari relay R1, bersamaan dengan kondisi tersebut portC0 (relay R2) akan mati dan mengaktifkan portC1 (relay R3) dengan jeda waktu sebesar 2 detik kemudian PLN akan menjadi suplai beban.

Berikut ialah bentuk program yang dibuat menggunakan *software* cvavr untuk ATS menggunakan Atmega32 dengan status kondisi PLTS aktif dan non-aktif.

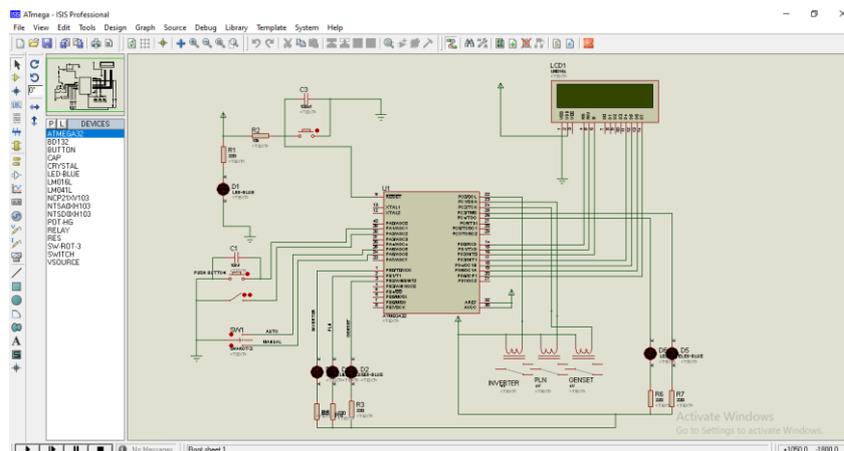
```

CodeVisionAVR - D:\Ridho35\Skripsi\CVAVR\ATS ATmega32.prj
File Edit Search View Project Tools Settings Help
D:\Ridho35\Skripsi\CVAVR\ATS ATmega32.c
Notes ATS ATmega32.c untyped.c
187 if (Rotary_Switch_1 == 0) // PINA.6 = 0 (Mode Otomatis)
188 {
189     AUTO_LED_ON;
190     MANUAL_LED_OFF;
191     if (Inverter_In == 0) // Saat Inverter ON
192     {
193         LED_1_ON;
194         LED_2_OFF;
195         LED_3_OFF;
196         delay_ms(2000);
197         for (a=0;a<=200;a++)
198         {
199             if (Inverter_In != 0 | Rotary_Switch_1 != 0)
200             {
201                 break;
202             }
203             P1M_OFF; //OUTPUT KE RELAY FLN
204             delay_ms(1000);
205             Inverter_ON; //OUTPUT KE RELAY INVERTER
206             Genset_OFF;
207             lcd_clear();
208             lcd_gotoxy(0,0);
209             lcd_puts(" [AUTO] MANUAL");
210             lcd_gotoxy(0,1);
211             lcd_puts(" INVERTER");
212             delay_ms(100);
213         }
214     }
215     else if (Inverter_In != 0) // Saat Inverter Off
216     {
217         LED_1_OFF;
218         LED_2_ON;
219         LED_3_OFF;
220         delay_ms(2000);
221         for (a=0;a<=200;a++)
222         {
223             if (Inverter_In == 0 | Rotary_Switch_1 != 0)
224             {
225                 break;
226             }

```

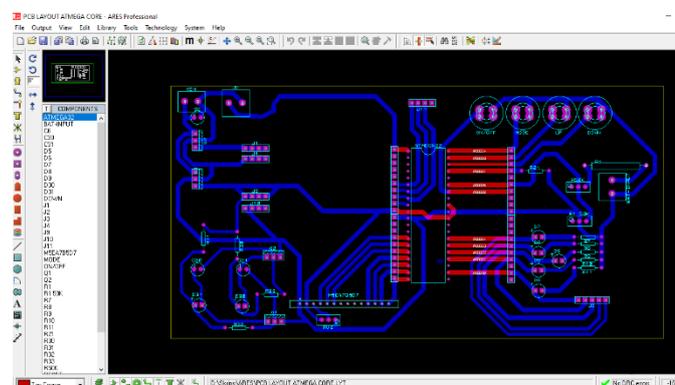
Gambar 3.11. Program ATS Atmega32

Setelah didapatkan fisik program dari ATS mikrokontroler AVR ATmega32, selanjutnya dilakukan perancangan skema komponen untuk merangkai semua komponen tersebut menjadi satu sistem menggunakan *software* Proteus yang terdapat pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.12. Perancangan ATS menggunakan *software* Proteus

Ketika layout komponen yang diperlukan dalam penelitian telah dirancang, langkah selanjutnya membuat *layout* PCB dengan tujuan membuat PCB *print layout* yang akan dicetak pada papan PCB.



Gambar 3.13 PCB *layout* ATS ATmega32

### 3.5.2 Perancangan *Hardware*

Perancangan *hardware* bertujuan untuk membuat rangkaian dan merakit semua peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian menjadi satu sistem. Dalam perancangan *hardware*, tingkat ketelitian harus diutamakan karena sangat berpengaruh pada hasil perancangan nantinya. Kesalahan kecil saja dalam perancangan dapat mempengaruhi kinerja sistem, akibatnya sistem dapat

mengalami kegagalan (*crash*) dan tidak berjalan sesuai tujuan penelitian. Adapun tahapan dalam perancangan *hardware* antara lain:

1. Rancangan rangkaian *input* dan *output*

Pada perancangan ini hal yang pertama kali dilakukan ialah merancang semua komponen yang diperlukan dalam penelitian ke dalam panel box sesuai skema. Rangkaian ini terdiri dari modul zelio logic, sistem minimum Atmega32, saklar tekan, *selector switch*, lampu indikator, relay DC 24 V, dan relay AC 220 V. Setelah smart relay zelio, Atmega32 dan semua komponen pendukung penelitian telah terpasang pada panel box, langkah berikutnya ialah melakukan proses pengkabelan (*wiring*).

2. Proses pengkabelan

Pengkabelan bertujuan untuk menghubungkan semua komponen yang berbeda tempat menjadi satu sistem yang padu. Melalui pengkabelan juga komponen dengan jenis dan fungsi yang berbeda disatukan menjadi satu sistem sehingga dapat berjalan sesuai dengan program yang diberikan nantinya. Proses pengkabelan mengikuti alur dari skema yang telah dibuat.

3. Perancangan *hardware* keseluruhan

Pada perancangan ini dilakukan *finishing* yaitu dengan cara menambah komponen yang kurang dan mengurangi komponen yang berlebihan.

### **3.6 Pengujian Alat**

Setelah tahap perancangan alat selesai, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian alat dimana bertujuan untuk mengetahui apakah ATS yang dirancang telah sesuai dengan deskripsi kerja dari tujuan penelitian, yaitu ATS dapat melakukan perpindahan switch beban saat suplai utama atau suplai cadangan

mengalami gangguan. Berikut ialah tahap-tahap yang dilkakukan dalam pengujian alat antara lain: pengujian tombol dan lampu indikator, pengujian *switch* antara suplai, pengujian short circuit, dan pengujian ketika berbeban.

### 3.6.1 Pengujian Tombol

Pengujian rangkaian tombol dilakukan dengan cara mengubah set point semua tombol yang terpasang. Untuk tombol *push button* yang terdiri dari RESET dan MODE, pengujian dilakukan dengan cara menekan dan melepas tombol. Untuk pengujian *rotary switch*, dilakukan dengan cara memutar posisi saklar dari kiri ke kanan dan sebaliknya. Sedangkan pengujian untuk tombol *emergency*, sama seperti *push button* yaitu dengan cara menekan dan melepaskan tombol. Langkah terakhir mengamati parameter *output* ATS dan mencatat hasil pengujian pada tabel berikut ini:

Tabel 3.2. Pengujian tombol dan lampu indikator

No	Sistem kontrol ATS	Tombol	Kondisi 1	Kondisi 2	Output	Status 1	Status 2
1.	Smart relay Zelio						
2.	Mikrokontroler ATmega32						

### 3.6.2 Pengujian *Switch* antara suplai

Pengujian ini dilakukan dengan cara memprioritaskan PLTS sebagai suplai utamanya, artinya tegangan suplai dari PLTS berperan sebagai parameter untuk membuat ATS melakukan *switch* suplai. Pengujian dimulai dengan mengaktifkan suplai dari PLTS lalu mengamati parameter pada ATS. Setelah hal tersebut dilakukan, langkah berikutnya mematikan suplai dari PLTS dan mengamati kondisi dari ATS. Lalu mencatat nilai masing-masing parameter pada Tabel berikut ini:

Tabel 3.3. Pengujian *switch* ATS saat PLTS aktif

No.	Sistem ATS					
	Zelio Logic			Atmega32		
	Jeda(s)	Vin(V)	Vout(V)	Jeda(s)	Vin(V)	Vout(V)
1						
2						
3						
4						
5						

Tabel 3.4. Pengujian *switch* ATS saat PLTS mati

No.	Sistem ATS					
	Zelio Logic			Atmega32		
	Jeda(s)	Vin(V)	Vout(V)	Jeda(s)	Vin(V)	Vout(V)
1						
2						
3						
4						
5						

Sedangkan untuk parameter pada lampu indikatornya dimana fungsinya adalah sebagai monitoring status keadaan ATS ditunjukkan pada Tabel seperti dibawah ini:

Tabel 3.5. Pengujian lampu indikator saat PLTS aktif

Pengujian ke-	Lampu indikator	Sistem ATS	
		Zelio Logic	Atmega32
1	PLN		
	Inverter		
2	PLN		
	Inverter		
3	PLN		
	Inverter		
4	PLN		
	Inverter		
5	PLN		
	Inverter		

Tabel 3.6. Pengujian lampu indikator saat PLTS mati

Pengujian ke-	Lampu indikator	Sistem ATS	
		Zelio Logic	Atmega32
1	PLN		
	Inverter		
2	PLN		
	Inverter		
3	PLN		
	Inverter		
4	PLN		
	Inverter		
5	PLN		
	Inverter		

### 3.6.3 Pengujian *Short Circuit*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui respon tiap ATS ketika terjadi gangguan pada sistem jaringan listrik salah satunya ialah ketika terjadi short circuit. Pengujian ini dilakukan dengan cara menghubungkan line phase dengan line netral menggunakan bahan konduktor seperti kabel. Ketika terjadi short circuit maka sistem akan segera memutus suplai, lalu setelah 4 detik sistem akan menghubungkan kembali suplai dengan beban. Namun, apabila short circuit

masih terjadi ketika sistem melakukan trip yang ketiga kalinya maka, sistem akan memutus jaringan hingga tombol reset ditekan. Bersamaan dengan hal tersebut, mengamati parameter yang terjadi pada ATS dan mencatat hasilnya pada tabel berikut ini:

Tabel 3.7 Pengujian *short circuit*

Pengujian ke-	Parameter	Jeda waktu ATS	
		Zelio Logic	Atmega32
1	PLN		
	Inverter		
2	PLN		
	Inverter		
3	PLN		
	Inverter		
4	PLN		
	Inverter		
5	PLN		
	Inverter		

#### 3.6.4 Pengujian Beban Penuh

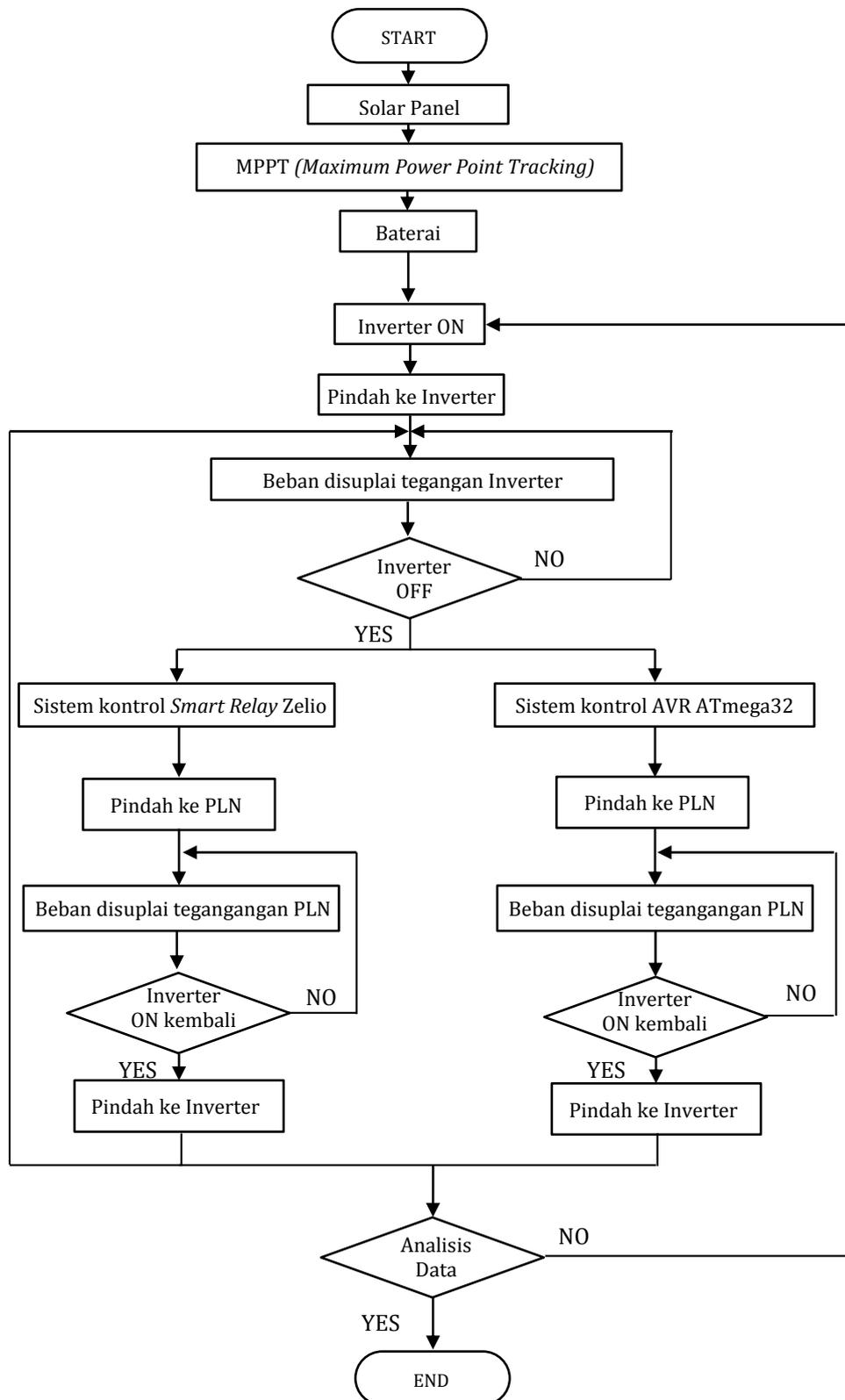
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui keandalan sistem ATS dalam meng-cover jalannya kelistrikan yang ada pada PLTS Wisata Sawah desa Pematang Johar. Beban yang digunakan sangat beragam diantaranya: lampu pijar, lampu led, motor pompa air, kipas angin, kulkas, blender, dan perangkat elektronik lainnya.

Semakin banyak dan bervariasinya beban yang digunakan, maka semakin besar pula arus yang mengalir dari suplai melalui contact relay terutama arus pada starting motor yang mana relatif besar bisa mencapai 2-7 kali arus nominalnya. Jika kita ambil rata-rata nya maka arus relatif yang terjadi pada saat starting motor adalah sebesar 3,5 kali arus nominalnya. Hal tersebut menjadi acuan untuk dapat menentukan nilai KHA (Kemampuan Hantar Arus) suatu kabel, diameter kabel, dan





### 3.7 Flowchart sistem ATS keseluruhan



Gambar 3.14 Flowchart sistem ATS keseluruhan

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian Automatic Transfer Switch secara keseluruhan dilakukan untuk melihat kinerja sistem dari perangkat keras dan perangkat lunak apakah bekerja sesuai sistem yang diinginkan.

Metode yang digunakan dalam pengujian alat ini adalah dengan melakukan pengamatan langsung pada kedua sistem yang telah di buat. Hasil keluaran dari hasil pengujian dan pengamatan dapat berupa tabel dan gambar grafik. Masing-masing ATS dilakukan pengujian sebanyak 5 kali, dengan konsep dan metode yang sama.

### 4.1. Hasil Pengujian Tombol

Hasil pengujian tombol dijaelaskan pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.1. Hasil pengujian rangkaian tombol

No.	Sistem kontrol ATS	Tombol	Kondisi 1	Kondisi 2	Output	Status 1	Status 2
1.	Smart relay Zelio	Emergency stop	Ditekan	Dilepas	Sistem	stop	run
					Lampu indikator	on	off
		Mode / hijau	Ditekan	Ditekan kembali	Relay 24 VDC	on	on
		Reset / merah	Ditekan	Dilepas	Lampu indikator	on	off
		Rotary Switch	Diputar ke kanan	Diputar ke kiri	Indikator manual	on	off
					Indikator otomatis	off	on
2.	Mikrokontroler ATmega32	Emergency stop	Ditekan	Dilepas	Sistem	stop	run
					Lampu indikator	on	off
		Mode / hijau	Ditekan	Ditekan kembali	Relay 24 VDC	Mati	Aktif
		Reset / merah	Ditekan	Dilepas	Lampu indikator	on	off
		Rotary Switch	Diputar ke kanan	Diputar ke kiri	Indikator manual	on	off

#### 4.2. Hasil Pengujian *Switch* Antar Suplai

Jaringan listrik PLTS dalam penelitian ini merupakan suplai utama dimana kondisi switch dari ATS ditentukan oleh variabel yang terjadi pada PLTS. Ketika PLTS mengalami pemadaman listrik maka ATS akan switch ke suplai dari PLN dan akan kembali switch ke PLTS ketika telah menyala kembali. Waktu jeda untuk kedua sistem kontrol dibuat sama yaitu 1 detik. Hasil pengujian ketika ATS melakukan switch dari suplai PLN ke suplai dari PLTS yang telah dilakukan ketika kondisi PLTS aktif mendapatkan hasil yang terdapat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.2. Hasil pengujian *switch* PLN ke PLTS ketika PLTS aktif

No.	Sistem ATS					
	Zelio Logic			Atmega32		
	Jeda(s)	Vin(V)	Vout(V)	Jeda(s)	Vin(V)	Vout(V)
1	1	221	221	1	220	220
2	1	221	221	1	221	221
3	1	220	220	1	221	221
4	1	221	221	1	221	221
5	1	221	221	1	221	221

Sedangkan untuk status lampu indikatornya sendiri didapatkan hasil pengujian yang dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.3. Status lampu indikator ketika PLTS aktif

Pengujian ke-	Lampu indikator	Sistem ATS	
		Zelio Logic	Atmega32
1	PLN	✘	✘
	Inverter	✓	✓

Pengujian ke-	Lampu indikator	Sistem ATS	
		Zelio Logic	Atmega32
2	PLN	✘	✘
	Inverter	✓	✓
3	PLN	✘	✘
	Inverter	✓	✓
4	PLN	✘	✘
	Inverter	✓	✓
5	PLN	✘	✘
	Inverter	✓	✓

Selanjutnya hasil pengujian ketika ATS melakukan switch suplai PLTS ke suplai PLN saat kondisi PLTS mati didapatkan nilai yang terdapat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.4. Hasil pengujian *switch* PLTS ke PLN ketika PLTS mati

No.	Sistem ATS					
	Zelio Logic			Atmega32		
	Jeda(s)	Vin(V)	Vout(V)	Jeda(s)	Vin(V)	Vout(V)
1	1	219	219	1	218	218
2	1	218	218	1	219	219
3	1	220	220	1	219	219
4	1	219	219	1	220	220
5	1	219	219	1	218	218

Dengan status kondisi lampu indikator sebagai berikut:

Tabel 4.5. Status lampu indiktaor ketika PLTS aktif

Pengujian ke-	Lampu indikator	Sistem ATS	
		Zelio Logic	Atmega32
1	PLN	✘	✘
	Inverter	✓	✓

Pengujian ke-	Lampu indikator	Sistem ATS	
		Zelio Logic	Atmega32
2	PLN	✘	✘
	Inverter	✓	✓
3	PLN	✘	✘
	Inverter	✓	✓
4	PLN	✘	✘
	Inverter	✓	✓
5	PLN	✘	✘
	Inverter	✓	✓

Berdasarkan Tabel 4.2 dan Tabel 4.4, dengan adanya kondisi switch yang terjadi maka kualitas jaringan listrik dapat terjaga untuk terus dapat mensuplai beban walaupun ketika terjadi gangguan. Tegangan input dan output tersebut merupakan indikasi bahwa jaringan tetap dapat berjalan walaupun suplai utama mengalami gangguan.

### 4.3. Hasil Pengujian *Short Circuit*

Hasil pengujian *short circuit* dijelaskan pada tabel berikut ini:

Tabel 4.6. Tabel hasil pengujian *short circuit*

Suplai	Zelio Logic		Atmega32	
	Vin(V)	Vout(V)	Vin(V)	Vout(V)
Inverter	219	0	218	0
	221	0	220	0
	220	0	219	0
	219	0	218	0
	221	0	218	0
PLN	219	0	221	0
	220	0	220	0
	221	0	221	0
	221	0	221	0

Suplai	Zelio Logic		Atmega32	
	Vin(V)	Vout(V)	Vin(V)	Vout(V)
	219	0	221	0

Saat terjadi *short circuit*, maka nilai  $R \leq 0$ , dimana berdasarkan hukum Ohm dapat diketahui:

$$I = V/R$$

$$I = 220/0$$

$$I = \infty$$

Dengan kata lain, arus pada *short circuit* adalah tak terhingga yang mana jika dibiarkan terjadi maka akan timbul panas pada kabel yang dapat menyebabkan percikan api.

#### 4.4. Hasil Pengujian Beban Penuh

Dalam melakukan pengujian beban penuh, ada beberapa variabel yang harus dihitung terlebih dahulu, diantaranya ialah nilai KHA, diameter kabel, dan arus maksimum relay yang harus digunakan. Berdasarkan rumus (1) maka didapatkan penyelesaian sebagai berikut:

Jika diketahui :

$$P = 2420 \text{ Watt}$$

$$V = 220 \text{ Volt}$$

$$\text{Cos} = 0,9$$

Maka, 
$$i = P/V \cdot \text{Cos}$$

$$i = 2210/220 \cdot \text{Cos } 0,9$$

$$i = 16,2 \text{ Ampere}$$

$$\text{KHA} = 125\% \times I \text{ nominal}$$

$$\text{KHA} = 125\% \times 16,2$$

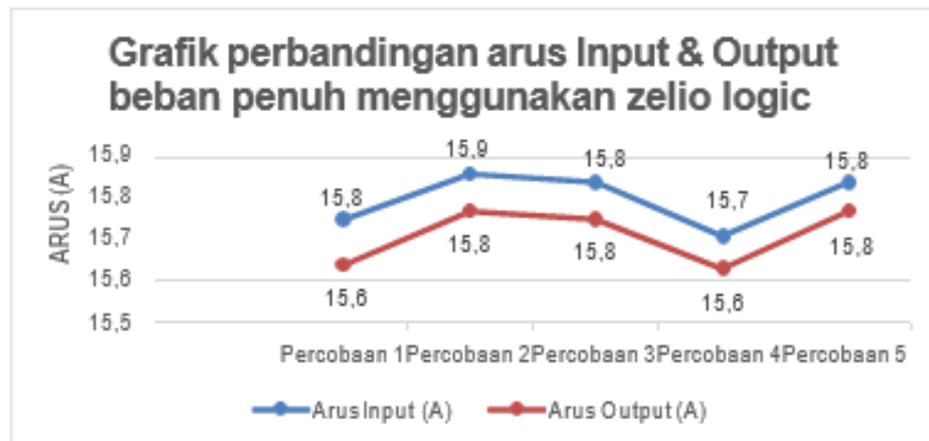
$$\text{KHA} = 20,13 \text{ Ampere}$$

Setelah didapat nilai KHA yaitu sebesar 20,13 A, maka didapatkan ukuran diameter kabel sebesar 4 mm (PUIL, 2011) dan juga kebutuhan kapasitas relay sebesar 20 A.

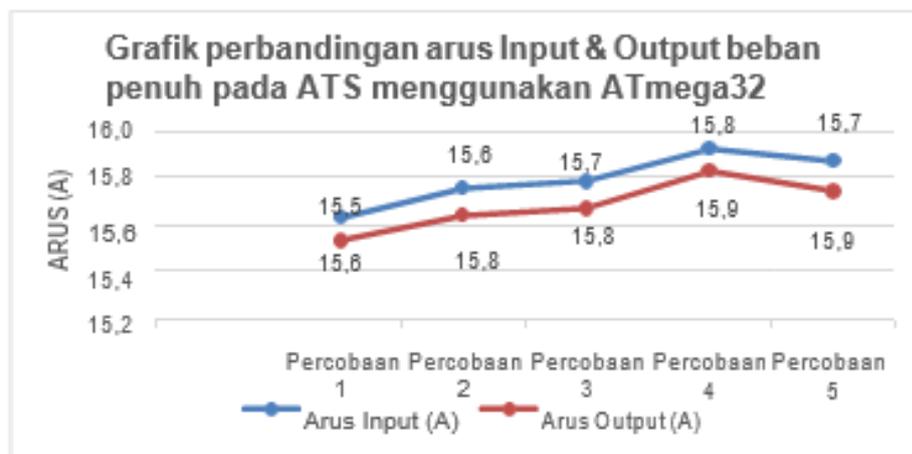
Adapun data pengujian terhadap beban penuh ditunjukkan pada tabel berikut ini:

No.	Sistem ATS							
	Zelio Logic				ATmega32			
	Vin(V)	Iin(A)	Vout(V)	Iout(A)	Vin(V)	Iin(A)	Vout(V)	Iout(A)
1	221	15,75	221	15,64	220	15,61	220	15,56
2	220	15,86	220	15,77	221	15,77	221	15,65
3	221	15,84	221	15,75	221	15,76	221	15,72
4	219	15,71	219	15,63	221	15,91	221	15,87
5	220	15,84	220	15,77	220	15,86	220	15,72

Maka, perbandingan arus yang timbul dapat dilihat pada gambar grafik berikut ini:



Gambar 4.1. Grafik perbandingan arus input & output pada ATS zelio logic



Gambar 4.2. Grafik perbandingan arus input & output pada ATS Atmega32

Berdasarkan tabel 4.7 diatas, terdapat perbedaan arus input dan output rata-rata sebesar 0,08 A dimana *lossis* tersebut timbul karena daya terpakai oleh rangkaian pada ATS. Rangkaian tersebut berupa modul PLC zelio logic, Sismin Atmega32, relay 220 V, pilot lamp, kipas fan 220V dan komponen pendukung ATS lainnya.

Dengan munculnya *lossis* yang terjadi pada ATS, maka harus dihitung pula besar effisiensinya untuk mengetahui persen keandalan yang dimiliki oleh alat penelitian yang dibuat. Besar effisiensi tersebut dapat dilihat pada penjumlahan

berikut ini:

Berdasarkan data Tabel 4.7 diketahui:

Pin rata-rata ATS zelio logic	= 2162,7 Watt Pout rata-rata
ATS zelio logic	= 2150,6 Watt Pin rata-rata
ATS Atmega32	= 2164,2 Watt Pout rata-rata
ATS Atmega32	= 2153,5 Watt

Maka, untuk menghitung efisiensi pada ATS menggunakan zelio logic adalah sebesar:

$$\mu = Pout / Pin \times 100 \%$$

$$\mu = 2150.6 / 2162.7 \times 100 \%$$

$$\mu = 99.4 \%$$

Sedangkan efisiensi pada ATS menggunakan Atmega32 adalah sebagai berikut:

$$\mu = Pout / Pin \times 100 \%$$

$$\mu = 2153,5 / 2164,2 \times 100 \%$$

$$\mu = 99.5\%$$

#### **4.5. Analisis Program**

Berdasarkan intruksi program yang telah dibuat, untuk dapat mengaktifkan relay R2 ketika PLTS atau inverter dalam keadaan aktif dapat diuraikan melalui tabel berikut ini:

Tabel 4.7 Intruksi program ketika PLTS aktif

No.	Input			Gerbang AND	
	Status PLTS	Tombol Reset	Selektor	Inverter	PLN
1.	1	1	1	1	0
2.	1	1	0	0	0
3.	1	0	0	0	0
4.	1	0	1	0	0

Ketika status PLTS, tombol reset, dan selektor bernilai 1, maka gerbang AND akan bernilai 1, dan apabila salah satu diantaranya bernilai 0 maka gerbang AND akan bernilai 0.

Lalu ketika kondisi PLTS dan inverter mati, maka intruksi program untuk dapat mengaktifkan relay R3 ialah sebagai berikut:

Tabel 4.8 Intruksi program ketika PLTS mati

No.	Input			Gerbang NOR	
	Status PLTS	Gerbang NOT		Inverter	PLN
		Tombol Reset	Selektor		
1.	0	0	0	0	1
2.	0	0	1	0	0
3.	0	1	1	0	0
4.	0	1	0	0	0

Untuk intruksi program yang dikelola *processor* ketika status PLTS dan inverter dalam kondisi nonaktif ialah menggunakan kombinasi gerbang NOT dan gerbang NOR. Pada gerbang NOT, status input yang diterima akan dirubah nilainya yakni 1 menjadi 0 dan sebaliknya.

Ketika sudah melewati gerbang NOT dan nilai yang dimiliki telah dikonversi, maka gerbang NOR akan memilah data yang diterimanya yaitu apabila:

1. Semua input bernilai 0, maka output bernilai 1.
2. Nilai input berbeda satu sama lain, maka output bernilai 0.
3. Nilai input bernilai 1, maka output bernilai 0.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 1) Kesimpulan

Dari hasil perancangan dan pengujian dapat di ambil beberapa kesimpulan, di antaranya:

1. Pada ATS dengan masing-masing sistem kontrol dapat menjalankan *manuever* mengikuti kondisi pada PLTS.
2. Keduanya memiliki kemampuan yang sama yaitu dapat secara konstan bertahan dijeda waktu 1 detik berturut- turut ketika *switching* suplai sesuai interuksi program yang diberikan. Hal ini terjadi karena program yang diberikan tidak memerlukan *clock speed* yang tinggi seperti logika Fuzzy, PID, dan sejenisnya. Sehingga, perbedaan *clock speed* yang dimiliki keduanya dapat diabaikan.
3. Dalam penelitian ini nilai KHA digunakan untuk mengetahui besar diameter kabel yang akan digunakan serta besar kapasitas relay yang harus dipasang.
4. Besar nilai KHA berdasarkan daya beban puncak Wisata Sawah desa Pematang Johar ialah sebesar 20,13 A.
5. Kapasitas minimal hantar arus pada relay tidak boleh lebih kecil dari 20A, karena dapat menyebabkan plat kuningan relay meleleh seperti pada pengujian yang dilakukan sebelumnya.
6. Besar efisiensi berdasarkan daya input dan output pada masing-masing ATS ialah sebesar 99,4% untuk sistem kontrol menggunakan PLC zelio logic dan 99,5% untuk sistem kontrol menggunakan Atmega32.

7. ATS dengan sistem kontrol Atmega32 unggul 0,1%. Hal ini disebabkan karena komponen pada Atmega32 lebih sedikit menyerap daya dibandingkan komponen pada PLC zelio logic.
8. Ketika terjadi masalah pada sistem kontrol ATS yang menyebabkan jaringan listrik mati, maka buzzer akan aktif mengindikasikan bahwa ada kerusakan pada sistem. Untuk itu digunakan tombol *emergency* yang saat ditekan maka akan mematikan sistem ATS dan menghubungkan suplai dari PLN ke beban melalui pin konektornya. Hal ini juga bertujuan untuk dapat menjaga kontinuitas jaringan listrik ketika proses *maaintenance* (perawatan) sistem.

## 2) **Saran**

Dari hasil perancangan dan pengujian dapat di ambil beberapa saran, di antaranya:

1. Sebaiknya digunakan alat ukur yang benar-benar dapat langsung menghitung pada saat proses terjadinya perpindahan suplai tegangan.
2. Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya digunakan kontaktor yang umumnya memiliki nilai hantar arus yang lebih tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alfith, A. (2017). *Optimalisasi ATS (Automatic Transfer Switch) pada Genset (Generator Set) 2800 Watt Berbasis TDR. October, 226–232.*  
<https://doi.org/10.21063/pimimd4.2017.226-232>
- C, E. J., V, E. C., & V, O. O. (2018). *Single Phase Microcontroller-Based Automatic.* 8(1), 7–16.
- Desnanjaya, I. G. M. N., & Iswara, I. B. A. I. (2018). *Trainer Atmega32 Sebagai Media Pelatihan Mikrokontroler Dan Arduino. Jurnal RESISTOR (Rekayasa Sistem Komputer), 1(1), 55–64.*  
<https://doi.org/10.31598/jurnalresistor.v1i1.266>
- Dzulfikar, D., & Broto, W. (2016). *Optimalisasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Surya Skala Rumah Tangga. V, SNF2016-ERE-73-SNF2016-ERE-76.* <https://doi.org/10.21009/0305020614>
- Elektro, J. T., & Medan, P. N. (2019). *Implementasi Automatic Transfer Switch Antara Sistem.* 3(3), 20–24.
- Ginting, P. H., Sukmadi, T., & Sinuraya, E. W. (2014). *Perancangan Automatic Transfer Switch ( ATS ) Mode Transisi Open-Transition Re-transfer Dengan Parameter Transisi Berupa Tegangan dan Frekuensi. Transient ISSN: 2302-9927, 3(1), 71.*
- Jurusan, D., Elektro, T., Negeri, P., & Pandang, U. (2017). *Optimalisasi hibrid plts pln pada waktu beban puncak 1,2). 2017, 55–60.*
- Kartika, Misriana, & Sandra. (2008). *Automatic Transfer Switch ( Ats ) Berbasis*

*Smart Relay Type Sr3 B261Bd.*

- Khakim, A. L. (2015). Timbangan Digital Berbasis AVR Tipe ATmega32. In *Skripsi*.
- Majid, A., Hardiansyah, R., Studi, P., & Elektro, T. (2018). *Alat Automatic Transfer Switch (Ats) Sebagai Sistem Kelistrikan Hybrid Sel Surya Pada Rumah Tangga*. 2(2), 172–178.
- Pakpahan, R., Ramadan, D. N., & Hadiyoso, S. (2017). Rancang Bangun Dan Implementasi Automatic Transfer Switch (Ats) Menggunakan Arduino Uno Dan Relai. *Jurnal Elektro Dan Telekomunikasi Terapan*, 3(2), 332–341.  
<https://doi.org/10.25124/jett.v3i2.302>
- Putra, B. P. J., Aisjah, A. S., & Arifin, S. (2013). Rancang Bangun Maximum Power Point Tracking pada Panel Photovoltaic Berbasis Logika Fuzzy di Buoy Weather Station. *Jurnal Teknik ITS*, 2(2), B299–B304.  
<https://doi.org/10.12962/J23373539.V2I2.3642>
- Rafiq, A. A. (2017). *Optimalisasi Smart Relay Zelio sebagai Kontroler Lampu dan Pendingin Ruangan*. 8(2), 95–100.
- Rasmini, N. W. (2017). Panel Automatic Transfer Switch (ATS)–Automatic Main Failure (AMF) DI Perumahan Direksi BTDC. *LOGIC Jurnal Rancang Bangun Dan Teknologi*, 13(1), 16.
- Rimbawati, Hutasuhut, A. A., & Chaniago, Y. (2018). Analysis of Hybrid Power Plant Technology Using Data Weather in North Sumatera. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4.7), 481–485.
- Rimbawati, Setiadi, H., Ananda, R., & Ardiansyah, M. (2019). Perancangan Alat

Pendeteksi Kebocoran Tabung Gas LPG Dengan Menggunakan Sensor MQ-6 Untuk Mengatasi Bahaya Kebakaran. *Journal of Electrical Technology*, 4(2), 53–57.

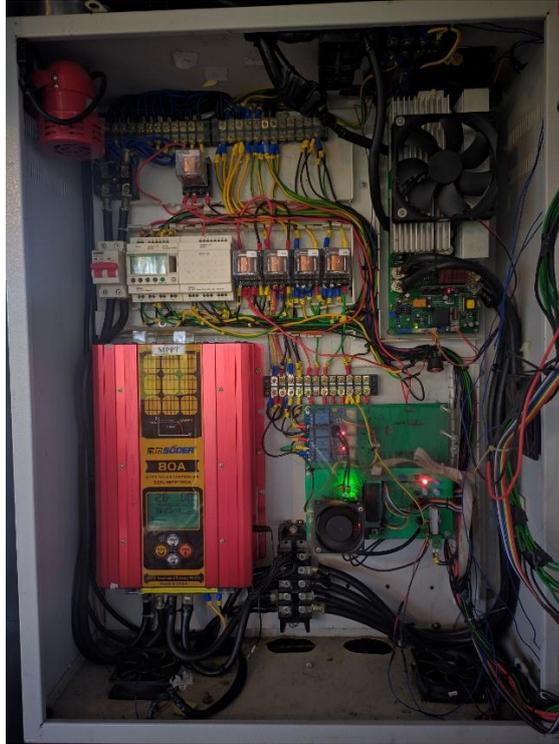
Rimbawati, Siregar, Z., Yusri, M., & Qamari, M. Al. (2021). *Penerapan Pembangkit Tenaga Surya Pada Objek. 4*, 145–151.

Sadi, S., & Mulyati, S. (2019). ATS (Automatic Transfer Switch) Berbasis Programmable Logic Controller CPM1A. *Jurnal Teknik; Universitas Muhammadiyah Tangerang*, 8(1), 84–89.

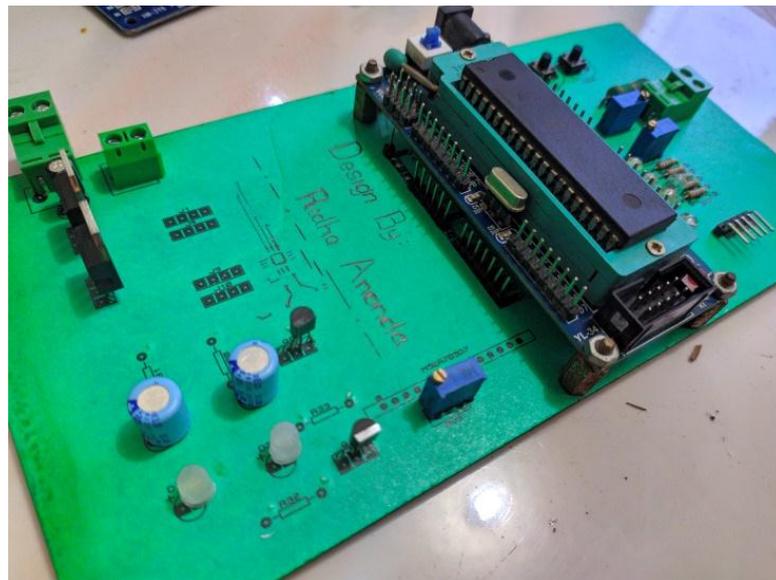
Tawurisi, F., Mangindaan, G. M. C., Silimang, S., Elektro, T., Sam, U., Manado, R., & Manado, J. K. B. (2019). *Rancang Bangun Sistem Kendali Automatic Transfer Switch Perusahaan Listrik Negara – Generator Set. 8(3)*, 143–152.

Wijaya, T. K., & Sitohang, S. (2019). Perancangan Panel Automatic Transfer Switch dan Automatic Main Failure dengan Kontroler Berbasis Arduino. *Sigma Teknika*, 2(2), 207–223.

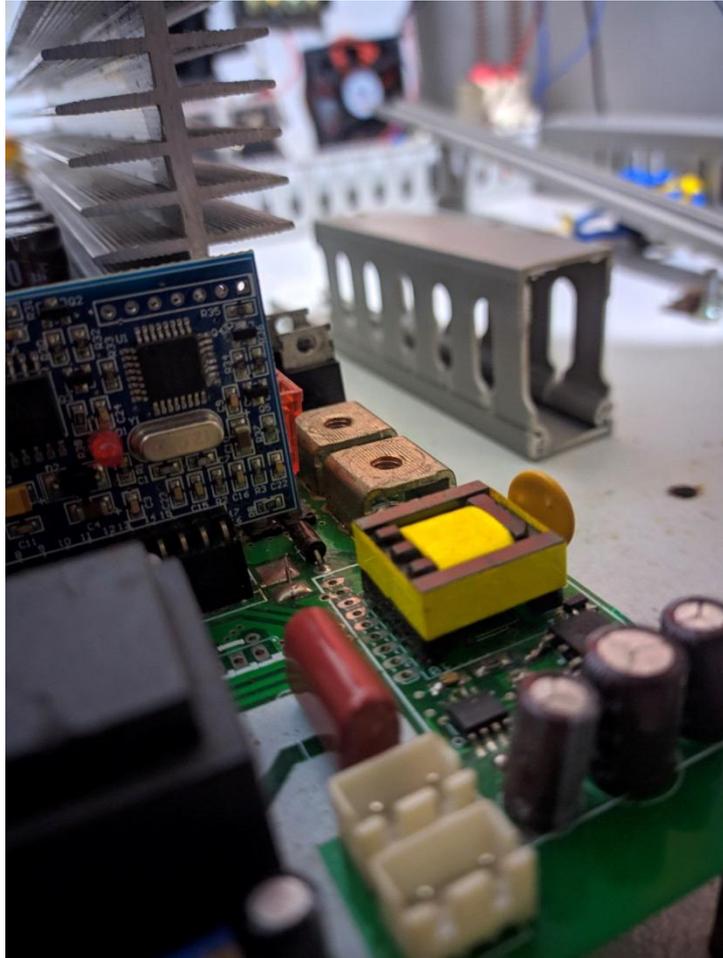
## LAMPIRAN



Lampiran 1. Sistem ATS keseluruhan



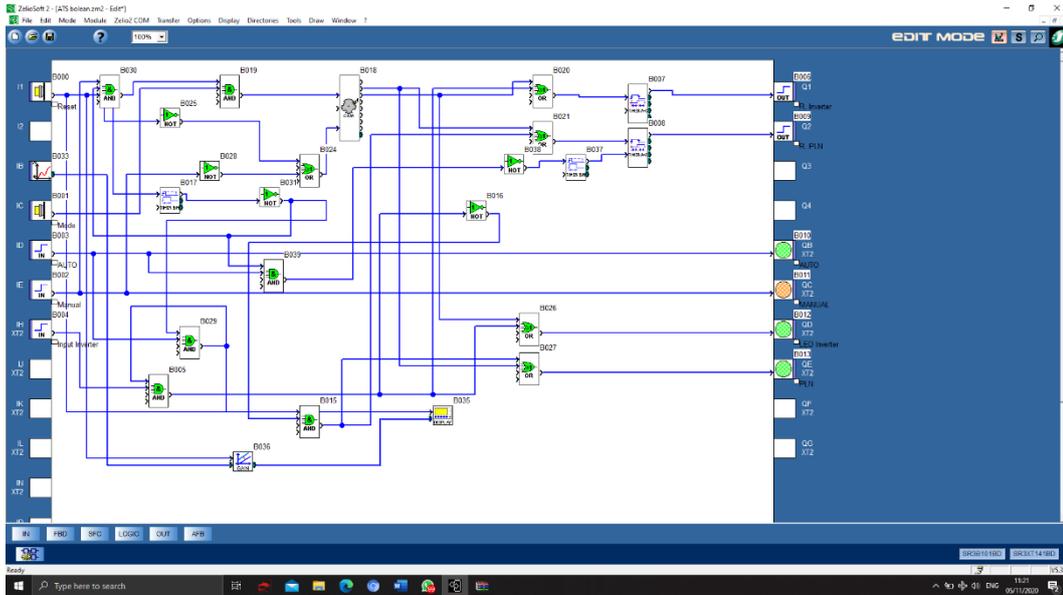
Lampiran 2. Sistem Minimum Atmega32



Lampiran 3. Mother Board inverter



Lampiran 4. Perakitan panel photovoltaic



Lampiran 5. Gambar keseluruhan program smart relay Zelio

## Lampiran 6. Program keseluruhan mikrokontroler ATmega32

```
#include <mega32a.h>
#include <alcd.h>
#include <delay.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>

// Voltage Reference: AVCC pin
#define ADC_VREF_TYPE ((0<<REFS1) | (1<<REFS0) | (0<<ADLAR))

// Read the AD conversion result
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)
{
    ADMUX=adc_input | ADC_VREF_TYPE;
    delay_us(50);

    // Start the AD conversion
    ADCSRA|=(1<<ADSC);
    while ((ADCSRA & (1<<ADIF))==0);
    ADCSRA|=(1<<ADIF);
    return ADCW;
}

// Declare your global variables here
int V_In, a, V0;
float VOLT, V_In_1, Vp_3, Vp_2, suhu, logR2, R2, T, Tc, Tf;
float R1 = 10000;
float c1 = 1.009249522e-03, c2 = 2.378405444e-04, c3 = 2.019202697e-07;
unsigned int kondisi;
```

```
// Input Pin
#define Baterai_In PINA.0
#define Mode PINA.1
#define Inverter_In PINA.2
#define NTC PINA.3
#define Rotary_Switch_1 PINA.5
#define Rotary_Switch_2 PINA.6

// Output Pin
#define Inverter PORTC.0
#define PLN PORTC.1
#define Genset PORTC.2
#define AUTO_LED PORTC.3
#define MANUAL_LED PORTC.4
#define STOP_LED PORTC.5
#define LED_Inverter PORTB.0
#define LED_PLN PORTB.1
#define LED_Genset PORTB.2

// I/O
#define AUTO_LED_ON AUTO_LED = 0
#define AUTO_LED_OFF AUTO_LED = 1
#define Genset_ON Genset = 0
#define Genset_OFF Genset = 1
#define Inverter_ON Inverter = 0
#define Inverter_OFF Inverter = 1
#define PLN_ON PLN = 0
#define PLN_OFF PLN = 1
#define STOP_LED_ON STOP_LED = 0
#define STOP_LED_OFF STOP_LED = 1
#define MANUAL_LED_ON MANUAL_LED = 0
#define MANUAL_LED_OFF MANUAL_LED = 1
```

```

#define LED_1_ON LED_Inverter = 0
#define LED_1_OFF LED_Inverter = 1
#define LED_2_ON LED_PLN = 0
#define LED_2_OFF LED_PLN = 1
#define LED_3_ON LED_Genset = 0
#define LED_3_OFF LED_Genset = 1

char temp[33];

void main(void)
{

// Port A initialization
// Function: Bit7=In Bit6=In Bit5=In Bit4=In Bit3=In Bit2=In Bit1=In Bit0=In
DDRA=(0<<DDA7) | (0<<DDA6) | (0<<DDA5) | (0<<DDA4) | (0<<DDA3) | (0<<DDA2) |
      (0<<DDA1) | (0<<DDA0);
// State: Bit7=T Bit6=T Bit5=T Bit4=T Bit3=T Bit2=P Bit1=P Bit0=p
PORTA=(1<<PORTA7) | (1<<PORTA6) | (1<<PORTA5) | (1<<PORTA4) | (1<<PORTA3)
      | (1<<PORTA2) | (1<<PORTA1) | (0<<PORTA0);

// Port B initialization
// Function: Bit7=Out Bit6=Out Bit5=Out Bit4=In Bit3=In Bit2=In Bit1=In Bit0=In
DDRB=(1<<DDB7) | (1<<DDB6) | (1<<DDB5) | (0<<DDB4) | (0<<DDB3) | (1<<DDB2) |
      (1<<DDB1) | (1<<DDB0);
// State: Bit7=0 Bit6=0 Bit5=0 Bit4=P Bit3=P Bit2=T Bit1=T Bit0=P
PORTB=(0<<PORTB7) | (0<<PORTB6) | (0<<PORTB5) | (0<<PORTB4) | (0<<PORTB3) |
      (1<<PORTB2) | (1<<PORTB1) | (1<<PORTB0);

// Port C initialization
// Function: Bit7=Out Bit6=Out Bit5=Out Bit4=Out Bit3=Out Bit2=Out Bit1=Out Bit0=Out
DDRC=(1<<DDC7) | (1<<DDC6) | (1<<DDC5) | (1<<DDC4) | (1<<DDC3) | (1<<DDC2) |
      (1<<DDC1) | (1<<DDC0);

```

```

// State: Bit7=0 Bit6=0 Bit5=0 Bit4=0 Bit3=0 Bit2=0 Bit1=0 Bit0=0
PORTC=(1<<PORTC7) | (1<<PORTC6) | (1<<PORTC5) | (1<<PORTC4) | (1<<PORTC3) |
      (1<<PORTC2) | (1<<PORTC1) | (1<<PORTC0);

// Port D initialization
// Function: Bit7=Out Bit6=Out Bit5=Out Bit4=Out Bit3=Out Bit2=Out Bit1=Out Bit0=Out
DDRD=(1<<DDD7) | (1<<DDD6) | (1<<DDD5) | (1<<DDD4) | (1<<DDD3) | (1<<DDD2) |
      (1<<DDD1) | (1<<DDD0);
// State: Bit7=0 Bit6=0 Bit5=0 Bit4=0 Bit3=0 Bit2=0 Bit1=0 Bit0=0
PORTD=(0<<PORTD7) | (0<<PORTD6) | (0<<PORTD5) | (0<<PORTD4) | (0<<PORTD3)
      | (0<<PORTD2) | (0<<PORTD1) | (0<<PORTD0);
// Timer/Counter 0 initialization
TCCR0=(0<<WGM00) | (0<<COM01) | (0<<COM00) | (0<<WGM01) | (0<<CS02) |
      (0<<CS01) | (0<<CS00);
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;
// Timer/Counter 1 initialization
TCCR1A=(0<<COM1A1) | (0<<COM1A0) | (0<<COM1B1) | (0<<COM1B0) |
      (0<<WGM11) | (0<<WGM10);
TCCR1B=(0<<ICNC1) | (0<<ICES1) | (0<<WGM13) | (0<<WGM12) | (0<<CS12) |
      (0<<CS11) | (0<<CS10);
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;
// Timer/Counter 2 initialization
ASSR=0<<AS2;

```

```

TCCR2=(0<<PWM2) | (0<<COM21) | (0<<COM20) | (0<<CTC2) | (0<<CS22) | (0<<CS21)
    | (0<<CS20);
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;
// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=(0<<OCIE2) | (0<<TOIE2) | (0<<TICIE1) | (0<<OCIE1A) | (0<<OCIE1B) |
    (0<<TOIE1) | (0<<OCIE0) | (0<<TOIE0);
// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: Off
MCUCR=(0<<ISC11) | (0<<ISC10) | (0<<ISC01) | (0<<ISC00);
MCUCSR=(0<<ISC2);
// USART initialization
// USART disabled
UCSRB=(0<<RXCIE) | (0<<TXCIE) | (0<<UDRIE) | (0<<RXEN) | (0<<TXEN) |
    (0<<UCSZ2) | (0<<RXB8) | (0<<TXB8);
// Analog Comparator initialization
ACSR=(1<<ACD) | (0<<ACBG) | (0<<ACO) | (0<<ACI) | (0<<ACIE) | (0<<ACIC) |
    (0<<ACIS1) | (0<<ACIS0);

// ADC initialization
ADMUX=ADC_VREF_TYPE;
ADCSRA=(1<<ADEN) | (0<<ADSC) | (0<<ADATE) | (0<<ADIF) | (0<<ADIE) |
    (1<<ADPS2) | (0<<ADPS1) | (0<<ADPS0);
SFIOR=(0<<ADTS2) | (0<<ADTS1) | (0<<ADTS0);

// SPI initialization
// SPI disabled
SPCR=(0<<SPIE) | (0<<SPE) | (0<<DORD) | (0<<MSTR) | (0<<CPOL) | (0<<CPHA) |
    (0<<SPR1) | (0<<SPR0);

```

```

// TWI initialization
// TWI disabled
TWCR=(0<<TWEA) | (0<<TWSTA) | (0<<TWSTO) | (0<<TWEN) | (0<<TWIE);

lcd_init(16); //Memakai lcd 16x2
lcd_clear();
delay_ms(100);
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf ("=Teknik Elektro=");
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_putsf("====2016====");
lcd_gotoxy(0,2);
lcd_putsf ("==1607220035==");
delay_ms(1000);
lcd_clear();
kondisi=1;
while (1)
{
VOLT = read_adc(0);
V_In = VOLT*100/1023;
V_In_1 = VOLT*30/1023;

if (Rotary_Switch_1 == 0) // PINA.6 = 0 (Mode Otomatis)
{
AUTO_LED_ON;
MANUAL_LED_OFF;
    if (Inverter_In == 0) // Saat Inverter ON
    {
LED_1_ON;
LED_2_OFF;
LED_3_OFF;
        delay_ms(2000);
    }
}
}

```

```

        for (a=0;a<= 200;a++)
        {
            if (Inverter_In != 0 | Rotary_Switch_1 != 0)
            {
                break;
            }

            PLN_OFF;                //OUTPUT KE RELAY PLN
            delay_ms(1000);
            Inverter_ON;            //OUTPUT KE RELAY INVERTER
            Genset_OFF;
            lcd_clear();
            lcd_gotoxy(0,0);
            lcd_puts(" [AUTO] MANUAL");
            lcd_gotoxy(0,1);
            lcd_puts("  INVERTER");
            delay_ms(100);

        }
    }

    else if (Inverter_In != 0) // Saat Inverter Off
    {
        LED_1_OFF;
        LED_2_ON;
        LED_3_OFF;

        delay_ms(2000);
        for (a=0;a<= 200;a++)
        {
            if (Inverter_In == 0 | Rotary_Switch_1 != 0)
            {
                break;
            }

            Inverter_OFF;            //OUTPUT KE RELAY INVERTER

```



```

LED_2_OFF;
LED_1_OFF;
delay_ms(1000);
Genset_ON;           // OUTPUT KE RELAY GENERATOR
}

else if (kondisi==2)      // // Push button Mode di tekan dua kali
{
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_puts(" AUTO [MANUAL]");
    lcd_gotoxy(0,1);
    lcd_puts("  PLN");
    delay_ms(100);
    Inverter_OFF;       //OUTPUT KE RELAY INVERTER
    Genset_OFF;         // OUTPUT KE RELAY GENERATOR
    LED_2_ON;
    LED_3_OFF;
    LED_1_OFF;
    delay_ms(1000);
    PLN_ON;             //OUTPUT KE RELAY PLN
}

else if (kondisi==3)      // Push button SET di tekan tiga kali
{
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_puts(" AUTO [MANUAL]");
    lcd_gotoxy(0,1);
    lcd_puts("  INVERTER");
    delay_ms(100);
    PLN_OFF;           //OUTPUT KE RELAY PLN
    Genset_OFF;       //  OUTPUT  KE  RELAY

```

GENERATOR

```

        LED_1_ON;
        LED_2_OFF;
        LED_3_OFF;
        delay_ms(1000);
        Inverter_ON;           //OUTPUT KE RELAY INVERTER
    }
    else if(kondisi==4)       // Push button SET di tekan empat kali kali akan
kembali ke KONDISI satu (1)
    {
        kondisi=1;
    }
}
else
{
    Inverter_OFF;           //OUTPUT KE RELAY INVERTER
    PLN_OFF;                //OUTPUT KE RELAY PLN
    Genset_OFF;            // OUTPUT KE RELAY GENERATOR
    AUTO_LED_OFF;         //Output ke AUTO LED
    MANUAL_LED_OFF;       //Output ke MANUAL LED
    LED_1_OFF;
    LED_2_OFF;
    LED_3_OFF;
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_puts("SYSTEM STOPING!");
    delay_ms(100);
    lcd_clear();
}
}
}

```



## Perbandingan Sistem Pengontrolan On Grid Berbasis Smart Relay Pada PLTS Berkapasitas 1500

**Ridho Ananda<sup>1</sup>, Rimbawati<sup>2</sup>,**

<sup>1,2</sup> Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
Jalan Kapten Mochtar Basri No 3 Medan, Sumatera Utara  
e-mail: riidhoananda@gmail.com

**Abstrak**— Energi alam terbarukan seperti energi cahaya matahari sangat berlimpah di Indonesia dengan iklim tropis. Photovoltaic merupakan perangkat yang dapat mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Karena energi listrik kini telah menjadi kebutuhan primer, maka diharuskan bisa melayani beban secara kontinyu. Automatic Transfer Switch merupakan perangkat yang umum digunakan pada sistem jaringan hybrid maupun on grid. Bukan tanpa maksud tujuan, penggunaan yang praktis, efisien, dan mudah sudah tentu menjadi nilai plus untuk dijadikan sistem pengaman jaringan listrik. Teknologi dengan perkembangannya membuat variasi jenis ATS semakin beragam, baik dalam bentuk konvensional bahkan yang automatic sekalipun. Penelitian dimulai dengan perancangan software untuk menentukan skema dan jenis program yang digunakan. Untuk zelio logic software yang digunakan berupa ZelioSoft 2 dan function block diagram sebagai algoritma pemrogramannya, sedangkan C-language serta software codevision AVR digunakan untuk meng-coding program Atmega32. Lalu perancangan hardware, bertujuan untuk merakit komponen menjadi satu sistem. Setiap ATS yang diteliti dirancang untuk melakukan switch dengan kondisi inverter pada PLTS sebagai variabel utamanya. Sehingga, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan ATS sangat berpengaruh bagi sistem jaringan listrik on grid untuk kontinuitas jaringan listrik baik itu menggunakan zelio logic ataupun atmega32.

**Kata kunci** : Photovoltaic, Automatic transfer switch, Zelio Logic, Atmega32, kontinyu.

*Abstract*—Renewable natural energy such as solar energy is very abundant in Indonesia with a tropical climate. Photovoltaic is a device that can convert sunlight into electrical energy. Because electrical energy has now become a primary need, it is required to be able to serve the load continuously. Automatic Transfer Switch is a device that is commonly used in hybrid and on grid network systems. Not without purpose, the use of which is practical, efficient, and easy is certainly a plus to be used as a security system for the electricity network. Technology with its development has made the variety of ATS types more diverse, both in conventional forms and even in automatic ones. Research begins with software design to determine the scheme and type of program used. For zelio logic software used in the form of ZelioSoft 2 and function block diagrams as programming algorithms, while C-language and codevision AVR software are used to code the Atmega32 program. Then hardware design, aims to assemble components into one system. Each ATS studied is designed to perform a switch with the inverter condition in PLTS as the main variable. Thus, the results of this study indicate that the use of ATS is very influential for the on-grid electricity network system for the continuity of the electricity network, whether using Zelio Logic or Atmega32.

**Keywords** : Photovoltaic, Automatic transfer switch, Zelio Logic, Atmega32, continuous.

### PENDAHULUAN

Perangkat yang dapat mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik disebut dengan Solar Cell. Namun, karena fungsinya yang membutuhkan cahaya matahari sebagai sumber energi utamanya, hal tersebut tidak mungkin terjadi pada saat cuaca hujan dan malam hari. Untuk itu diperlukan sebuah perangkat yang dapat menyimpan energi listrik berupa baterai

Energi listrik kini telah berubah menjadi kebutuhan primer untuk mengoperasikan perangkat-perangkat elektronika. Banyak perangkat di bidang telekomunikasi, industri, dan kesehatan memerlukan energi listrik secara kontinyu atau tidak boleh terhenti,

sehingga perlu adanya suplai cadangan sebagai backup yang dapat dipergunakan apabila sumber catudaya utama mengalami gangguan. Perpindahan energi listrik dari sumber utama ke cadangan tidak boleh menyebabkan perangkat elektronika mengalami kegagalan sistem karena adanya jeda waktu maneuver yang terlalu lama, sehingga perlu digunakan sistem pendukung berupa ATS (Automatic Transfer Switch) (Pakpahan et al., 2017).

ATS merupakan sebuah sistem yang terdiri dari beberapa perangkat listrik, diantaranya adalah relay, timer, dan magnetic contactor. ATS konvensional umumnya menggunakan dua relay sebagai input-nya dimana fungsinya adalah untuk memindahkan sumber

tegangan listrik utama ke catudaya cadangan lainnya secara otomatis, berdasarkan keadaan implementasi yang dikehendaki. Namun penggunaan relay sebagai input hanya mengacu pada kendali internal saja, sehingga diperlukan penelitian yang mampu membuat agar ATS yang dihasilkan dapat digunakan untuk aplikasi lebih luas (Pakpahan et al., 2017).

Smart Relay merupakan sistem kontroler khusus untuk industri, artinya baik perangkat lunak maupun perangkat kerasnya diadaptasi untuk keperluan aplikasi dalam dunia industri (Kartika et al., 2008). Smart Relay merupakan salah satu jenis Programmable Logic Controller (PLC) yang dapat diprogram dengan menggunakan software ZelioSoft. Hampir sama dengan jenis PLC lainnya, jenis ini juga memiliki pin relay internal, akan tetapi hanya mampu untuk jaringan dibawah 5A. Oleh karena itu, untuk sistem jaringan ATS diperlukan relay tambahan sebagai konektor pengganti relay internal smart relay tersebut.

Sedangkan untuk sistem kontroler pasaran, jenis mikrokontroler adalah yang paling populer setelah PLC. Banyak jenis mikrokontroler seperti arduino, AVR ATmega, dan PIC namun keluarga AVR merupakan salah satu yang populer. Mikrokontroler AVR memiliki kelebihan pada fitur, kemudahan, dan harga yang tergolong murah dibandingkan dengan mikrokontroler sejenis. Salah satu tipe dari mikrokontroler AVR adalah ATmega32, dimana memiliki spesifikasi kapasitas memori yang cukup besar dan mampu bekerja dengan daya rendah (low-power) serta memiliki fitur-fitur pendukung seperti ADC, memori penyimpanan, I/O dll (Khakim, 2015).

#### STUDI PUSTAKA

##### a. Photovoltaic

*Photovoltaic* merupakan sebuah lempengan logam yang menghasilkan sejumlah arus listrik jika dikenai cahaya (*foton*). Arus yang dihasilkan oleh photovoltaic tersebut dipengaruhi oleh beberapa besaran fisis yaitu intensitas cahaya (*iradiansi*) dan temperatur dari modul *photovoltaic* itu sendiri. Semakin besar intensitas cahaya yang mengenai photovoltaic tersebut, maka arus yang dihasilkan akan semakin besar. Namun, kekurangan yang dimiliki oleh PV dan di *buoy weather station* khususnya adalah masih belum dapat menghasilkan daya maksimal sebagaimana spesifikasi dari PV itu sendiri (Putra et al., 2013).

##### b. MPPT (Maximum Power Point Tracker)

MPPT adalah singkatan Maximum Power Point Tracking, terdiri dari perangkat elektronika yang berfungsi sebagai pengatur pengisian baterai, dimana sistem ini dapat mengoptimalkan kinerja antara PV dengan baterai.

MPPT bukanlah sebuah sistem tracking mekanik yang digunakan untuk mengubah posisi modul

terhadap posisi matahari untuk mendapatkan energi maksimum, melainkan sebuah rangkaian yang mengatur pengisian baterai itu sendiri.



Gambar 1. Maximum Power Point Tracker

##### c. Inverter

Inverter adalah suatu rangkaian atau perangkat elektronika yang dapat mengubah arus listrik searah (DC) ke arus listrik bolak-balik (AC) pada tegangan dan frekuensi yang dibutuhkan sesuai dengan perancangan rangkaiannya. Sumber-sumber arus listrik searah atau arus DC yang merupakan Input dari Power Inverter tersebut dapat berupa baterai maupun Sel Surya (Solar Cell). Inverter ini umumnya digunakan di daerah-daerah yang memiliki keterbatasan pasokan arus listrik PLN. Karena dengan adanya inverter, kita dapat menggunakan Aki ataupun Sel Surya untuk menggerakkan peralatan-peralatan rumah tangga seperti televisi, kipas angin, komputer atau bahkan kulkas dan mesin cuci yang pada umumnya memerlukan sumber listrik AC yang bertegangan 220V



Gambar 2. Inverter

##### d. ATS (Automatic Transfer Switch)

Automatic Transfer Switch (ATS) adalah peralatan sistem yang dapat mengatur pergantian suplai catu daya listrik dari sumber listrik utama dari PLN ke sumber listrik cadangan atau genset yang bekerja secara otomatis dengan mengendalikannya dengan pengatur waktu (Sadi & Mulyati, 2019).

Secara umum fungsi dari ATS adalah untuk menghubungkan beban dengan dua sumber tenaga

(sumber utama & sumber cadangan) atau lebih yang terpisah yang bertujuan untuk menjaga ketersediaan dan keandalan aliran daya menuju beban. Secara sederhana fungsi ATS adalah untuk melakukan maneuver daya secara otomatis ke beban, dari sebuah sumber utama (dalam penelitian ini adalah Inverter) ke sumber cadangan (PLN) ketika terjadi gangguan pada sumber utama (Majid et al., 2018).

*e. Pemrograman FBD (Function Block Diagram)*

Sesuai dengan standar IEC (International Electrotechnical Commission) nomor 1131-3, untuk jenis pemrograman PLC dan smart relay terdapat lima bahasa pemrograman yang biasa digunakan, yaitu: Ladder Diagram (LAD), Instruction List (IL), Sequential Function Charts (SFC), Structured Text (ST) dan Function Block Diagrams (FBD).

Bahasa pemrograman FBD adalah salah satu bahasa yang sering digunakan pada PLC dan smart relay selain bahasa pemrograman ladder. Bahasa pemrograman FBD (Function Block Diagram) merupakan bahasa pemrograman grafis yang menggunakan blok-blok gerbang digital, counter, timer, operasi aritmatika dan blok-blok lainnya, tergantung dari perangkat smart relay dan software yang digunakan untuk menyusun programnya. Pemrograman menggunakan bahasa FBD dinilai lebih memudahkan pengguna karena program FBD sendiri berbentuk grafis atau blok-blok logika, sehingga pengguna hanya perlu menyusun blok-blok tersebut menjadi sebuah instruksi. Pemrograman FBD terdiri dari 3 bagian, yaitu input, function, dan output.

*f. Smart Relay Zelio Logic*

Smart relay merupakan suatu bentuk khusus dari pengontrol berbasis mikroprosesor yang memanfaatkan memori yang dapat deprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi dengan aturan tertentu dan dapat mengimplementasikan fungsi-fungsi khusus seperti fungsi logika, sequencing, pewaktuan (timing), pencacahan (counting) dan aritmetika dengan tujuan mengontrol mesin-mesin dan proses-proses yang akan dilakukan secara otomatis dan berulang-ulang (Rafiq, 2017).

*g. Microcontroller*

Mikrokontroler adalah subsistem dari sistem komputer yang merupakan gabungan semikonduktor yang terkemas dalam satu IC atau sering di sebut sebagai chip, sehingga dikenal sebagai Single Chip Microcomputer (Desnanjaya & Iswara, 2018).

Mikrokontroler pada dasarnya adalah komputer dalam satu chip, yang di dalamnya terdapat mikroprosesor, memori, jalur Input/Output dan beberapa perangkat pelengkap lainnya. Kecepatan pengolahan data pada mikrokontroler lebih rendah jika dibandingkan dengan PC. Pada PC kecepatan

mikroprosesor yang digunakan saat ini telah mencapai orde GHz, sedangkan kecepatan operasi mikrokontroler pada umumnya berkisar antara 1 – 16 MHz. Begitu juga kapasitas RAM dan ROM pada PC yang bisa mencapai orde Gbyte, dibandingkan dengan mikrokontroler yang hanya berkisar pada orde byte/Kbyte.

*h. Sistem Minimum*

Sistem minimum merupakan sebuah sistem yang mengatur semua data baik itu data masukan maupun keluaran (Khakim, 2015).

Sistem minimum merupakan inti dari modul perangkat keras pelatihan mikrokontroler dan arduino. Tugas dari sistem minimum ialah sebagai inti dari proses sistem mikrokontroler yang memberi intruksi kepada input atau output ke modul yang ingin di kendalikan setelah sebelumnya telah di program atau di masukan intruksi untuk melakukan aksi tertentu.

Rancangan sebuah sistem minimum mempengaruhi fungsi dari mikrokontroler yang ditanamkan dalam sistem minimum tersebut, kecepatan prosesing processor pada mikrokontroler dipengaruhi oleh pembangkit clock osilator, pada rangkaian ini digunakan kristal sebesar 16 MHZ, sehingga memungkinkan processor dalam mikrokontroler melakukan sampai 16 juta instruksi per detik (16 MIPS), kecepatan osilator juga mempengaruhi konfigurasi timer, delay, dan PWM (Pulse Width Modulation). Sistem minimum ini juga di lengkapi dengan reset agar dapat mengulang kembali intruksi pada kondisi awal, (Desnanjaya & Iswara, 2018).

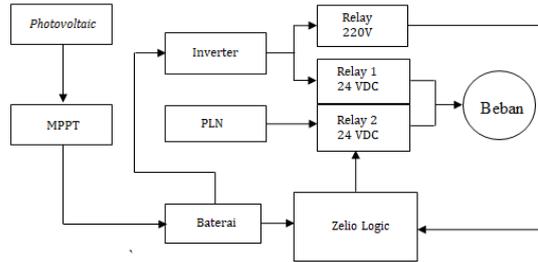
*i. Microcontroller AVR Atmega32*

Mikrokontroler AVR (Advanced versatile RISC) ATmega 32 merupakan low power CMOS Mikrokontroler 8-bit yang dikembangkan oleh Atmel dengan arsitektur RISC (Reduced Instruction Set Computer) sehingga dapat mencapai throughput eksekusi instruksi 1 MIPS (Million Instruction Per Second).

Berbeda dengan jenis mikrokontroler Arduino yang didefinisikan sebagai sebuah platform elektronik yang open source, berbasis pada software dan hardware yang fleksibel dan mudah digunakan, yang ditujukan untuk seniman, desainer, hobbies dan setiap orang yang tertarik dalam membuat objek atau lingkungan interaktif (Rimbawati et al., 2019). Arsitektur AVR dirancang memiliki berbagai kelebihan dan merupakan penyempurnaan dari arsitektur mikrokontroler-mikrokontroler yang sudah ada sebelumnya. Berbagai seri mikrokontroler AVR telah diproduksi Atmel dan digunakan di dunia sebagai mikrokontroler yang bersifat low cost dan high performance.

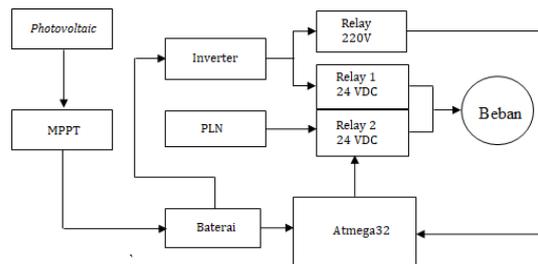
METODE

j. Inisialisasi Sistem dan Blok Diagram Sistem



Gambar 3. Diagram Blok ATS menggunakan Smart Relay

Berdasarkan blok diagram diatas, cara kerja sistem Panel ATS bertulang punggung zelio logic ialah Ketika inverter aktif, relay 220V yang terhubung saat itu juga aktif. Saat relay 220V aktif, Pin analog yang terhubung dengan contact relay 220V terhubung dengan tegangan akibat status relay menjadi NC mengindikasikan bahwa status inverter saat ini berada pada kondisi running. Saat zelio logic menerima kondisi bahwa inverter sedang beroperasi, relay2 24VDC dimatikan dan relay1 24VDC yang terhubung dengan sumber 220V interver akan diaktifkan sehingga beban disuplai tegangan inverter (PLTS).



Gambar 4. Diagram Blok ATS menggunakan Smart Relay

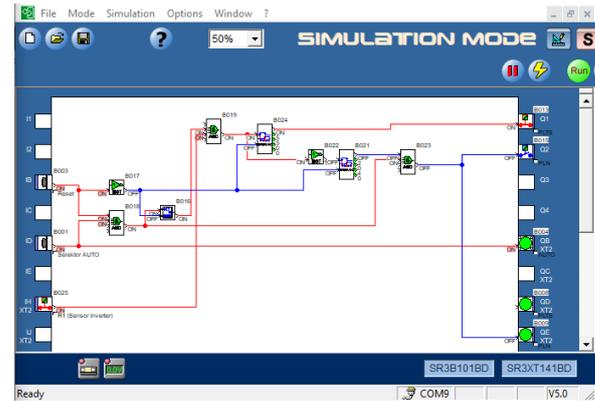
Berdasarkan blok diagram diatas, cara kerja sistem ATS mikrokontroler AVR ATmega32 hanya berbeda pada sistem processing-nya saja. Jika pada panel ATS mikrokontroler AVR ATmega32, sistem monitoring-nya membutuhkan modul tambahan berupa LCD. Pada bagian input dan output juga memiliki persamaan, dimana inputnya merupakan masukan dari relay 220V yang fungsinya adalah sebagai interfacer status PLTS.

k. Perancangan Program

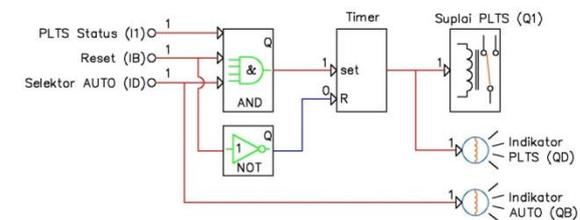
Sensor yang diterima ialah dimulai dari realy 220V dan diteruskan ke pin analog masing masing proccesor. Dimana ketika sistem diaktifkan, sistem akan mendeteksi sumber daya mana yang aktif dimana relay 220V sebagai sensornya. Saat PLTS aktif maka tegangan 220 volt akan masuk ke coil relay 220V yang

mengubah status NO menjadi NC menyebabkan tegangan 24 volt DC terhubung ke pin analog IH zelio logic.

Saat Zelio mendeteksi bahwa PLTS aktif, selanjutnya zelio akan mematikan relay R3 (PLN) dengan jeda waktu 4 detik lalu mengaktifkan relay R2 (PLTS) dengan jeda waktu 1 detik sehingga beban tersuplai oleh tegangan dari PLTS. Hal ini bertujuan agar inverter mencapai kondisi standby terlebih dahulu sebelum dapat melayani beban. Function Block Diagram yang digunakan untuk proses ini adalah fungsi AND, fungsi RS Switching, dan timer. Adapun bentuk program FBD untuk kondisi ini ialah sebagai berikut:



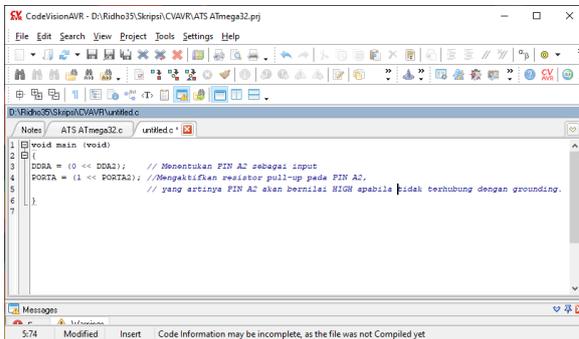
Pada saat PLTS, push button reset, dan selector AUTO aktif, instruksi ini akan membuat gerbang logika AND bernilai 1 dan gerbang logika NOT bernilai 0, memerintahkan timer menghitung selama 5 detik kemudian mengaktifkan relay R2 (Q1), lampu indikator PLTS (QD), dan sehingga beban disuplai tegangan dari inverter PLTS. Ketika push button reset ditekan akan membuat gerbang AND bernilai 0 dan gerbang NOT bernilai 1 menyebabkan sistem me-restart ulang



Selaliknya, ketika zelio mendeteksi bahwa PLTS dalam keadaan non-aktif, yaitu dimulai dengan berubahnya status NC menjadi NO pada relay R1 yang membuat zelio mematikan relay internal Q1 dan mengaktifkan relay internal Q2 yang terhubung dengan relay R2 dengan jeda waktu 1 detik, maka secara otomatis beban akan tersuplai tegangan dari PLN. Dan saat PLTS aktif kembali maka beban masih di suplai

tegangan PLN selama 4 detik sebelum akhirnya berpindah menjadi PLTS.

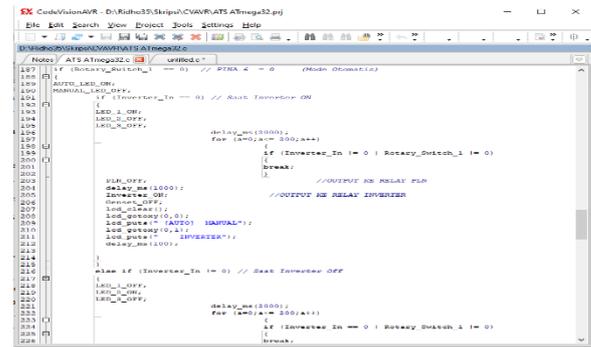
Di lain sisi, untuk sistem ATS menggunakan Atmega32 ketika tombol selektor berada pada posisi AUTO maka PIN A5 akan terhubung dengan grounding, hal ini disebabkan karena jenis mikrokontroler Atmega32 lebih stabil apabila menggunakan inputan tegangan negatif dibanding tegangan positif. Lalu selanjutnya, Atmega32 akan mendeteksi apakah kondisi PLTS aktif atau sebaliknya dengan cara memastikan inputan dari relay R1 yang terhubung dengan PIN A2 apakah bernilai positif atau negatif. Berbeda dengan mikrokontroler jenis Arduino yang memerlukan bantuan resistor untuk membangkitkan tegangan pull-up (status kondisi HIGH), kondisi HIGH pada Atmega32 berasal dari resistor pull-up internal yang dapat diaktifkan atau dimatikan melalui code program yang dibuat dengan software Code Vision AVR yaitu dengan cara menuliskan code seperti berikut:



```
1 void main (void)
2 {
3     DDRA = (0 << DDRA2); // Menentukan PIN A2 sebagai input
4     PORTA = (1 << PORTA2); // Mengaktifkan resistor pull-up pada PIN A2,
5     // yang artinya PIN A2 akan bernilai HIGH apabila tidak terhubung dengan grounding.
6 }
7
```

Apabila Atmega32 menerima status LOW dari relay R1, bersamaan dengan kondisi tersebut PIN C0 akan mengaktifkan relay R2 dengan jeda waktu sebesar 5 detik untuk kemudian beban tersuplai oleh tegangan dari PLTS. Sebaliknya, apabila Atmega32 menerima status high dari relay R1, bersamaan dengan kondisi

tersebut portC0 (relay R2) akan mati dan mengaktifkan portC1 (relay R3) dengan jeda waktu sebesar 2 detik kemudian PLN akan menjadi suplai beban



```
187 if (Rotary_Switch_1 == 0) // PIN A = 0 (Mode Otomatis)
188 {
189     MANUAL_LED_OFF;
190     MANUAL_LED_ON;
191     if (Inverter_In == 0) // Saat Inverter ON
192     {
193         LED_1_ON;
194         LED_2_OFF;
195         LED_3_OFF;
196         delay_ms(2000);
197         for (a=0;a=255;a++)
198         {
199             if (Inverter_In == 0) Rotary_Switch_1 = 0;
200             break;
201         }
202         LED_1_OFF;
203         delay_ms(1000);
204         LED_2_ON;
205         LED_3_OFF;
206         delay_ms(1000);
207         LED_2_OFF;
208         LED_3_ON;
209         LED_4_ON;
210         LED_5_ON;
211         LED_6_ON;
212         LED_7_ON;
213         LED_8_ON;
214     }
215     else if (Inverter_In == 0) // Saat Inverter OFF
216     {
217         LED_1_OFF;
218         LED_2_ON;
219         LED_3_ON;
220         delay_ms(2000);
221         for (a=0;a=255;a++)
222         {
223             if (Inverter_In == 0) Rotary_Switch_1 = 0;
224             break;
225         }
226     }
227 }
```

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian dibahas dan dibandingkan dengan hasil penelitian dari artikel yang diacu, jika mungkin.

### KESIMPULAN

Kesimpulan dituliskan dalam bentuk narasi, bukan dalam bentuk *itemize*. Jika ada gambaran untuk pengembangan penelitian pada masa yang akan datang, dapat dituliskan juga pada bagian ini.

### d. DAFTAR PUSTAKA

G. Eason, B. Noble, and I. N. Sneddon, "On certain integrals of Lipschitz-Hankel type involving products of Bessel functions," *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, vol. A247, pp. 529–551, April 1955.

J. Clerk Maxwell, *A Treatise on Electricity and Magnetism*, 3<sup>rd</sup> ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68–73.

I. S. Jacobs and C. P. Bean, "Fine particles, thin films and exchange anisotropy," in *Magnetism*, vol. III, G. T. Rado and H. Suhl, Eds. New York: Academic, 1963, pp. 271–350.