

# **SISTEM MONITORING DAN KONTROL DAYA PLTS MENGUNAKAN IOT BERBASIS FUZZY LOGIC**

Tesis S-2

Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat sarjana S-2

Program Magister Teknik Elektro



Disusun oleh :

M. FREZA PRATAMA

20601700007

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
SEMARANG  
2021**

**HALAMAN JUDUL**



# TESIS

## SISTEM MONITORING DAN KONTROL DAYA PLTS MENGUNAKAN IOT BERBASIS FUZZY LOGIC

Yang dipersiapkan dan disusun oleh

**M. FREZA PRATAMA**

**MTE 20601700007**

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji

Pada tanggal 28 Juni 2021

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing Utama

Anggota Tim Penguji

  
**Dr. Ir. H. Muhamad Haddin, M.T**  
NIDN. 0618066301

  
**Dr. Ir. Hj. Sri Arttini Dwi P, M.Si**  
NIDN. 0620026501

Pembimbing Pendamping

  
**Arief Marwanto, S.T., M.Eng. Ph.D**  
NIDN. 0626097501

  
**Ir. Suryani Alifah, MT, Ph.D**  
NIDN. 0625036901

  
**Imam M.I.S., ST, MSc.Ph.D**  
NIDN. 0613037301

Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh

Gelar Magister Teknik

Tanggal 28 Juni 2021

Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro



  
**Arief Marwanto, S.T., M.Eng. Ph.D**  
NIDN. 0626097501

## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : M. Freza Pratama  
NIM : 20601700007  
Program Studi : Magister Teknik Elektro  
Fakultas : Teknologi Industri

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tesis yang diajukan kepada Program Studi Magister Teknik Elektro dengan Judul:

### **SISTEM MONITORING DAN KONTROL DAYA PLTS MENGUNAKAN IOT BERBASIS FUZZY LOGIC**

Adalah hasil karya sendiri, judul tersebut belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) ataupun pada universitas lain serta belum pernah ditulis maupun diterbitkan oleh orang lain kecuali secara tertulis diacu, disitasi dan ditunjuk dalam daftar pustaka. Tesis ini adalah milik saya, segala bentuk kesalahan dan kekeliruan dalam Tesis ini adalah tanggung jawab saya..

Semarang, 7 Juli 2021

Penulis



M. Freza Pratama

20601700007

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT Yang telah melimpahkan rahmat, taufik, serta hidayah -Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis yang berbentuk tesis ini dengan baik. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW beserta seluruh keluarga dan sahabatnya dan kita selaku ummatnya yang senantiasa istiqomah menjalankan sunnahnya.

Penyusunan tesis ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar magister pada Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang Program Pasca Sarjana. Dalam penulisan tesis ini, tentunya banyak pihak yang telah memberikan bantuan baik moril maupun materil. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

Ibu. Dr. Novi Marlyana, S.T, M.T selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang atas bantuan yang diberikan selama penulis mengikuti studi.

Bapak Dr. Ir. H. Muhamad Haddin, MT selaku pembimbing I dan Bapak Arief Marwanto, S.T, M.Eng, Ph.D selaku pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan, nasehat dan arahan kepada penulis.

Secara khusus penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Ayah, Ibu dan teman-teman MTE angkatan 2017 yang telah memberikan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dengan baik.

Semoga Tesis ini dapat memberikan manfaat sebagaimana yang diharapkan, Aamiin, akhir kata penulis mengaharapkan kritik dan saran guna penyempurnaan bidang ilmu yang penulis dalam.

Semarang, 7 Juli 2021

Penulis

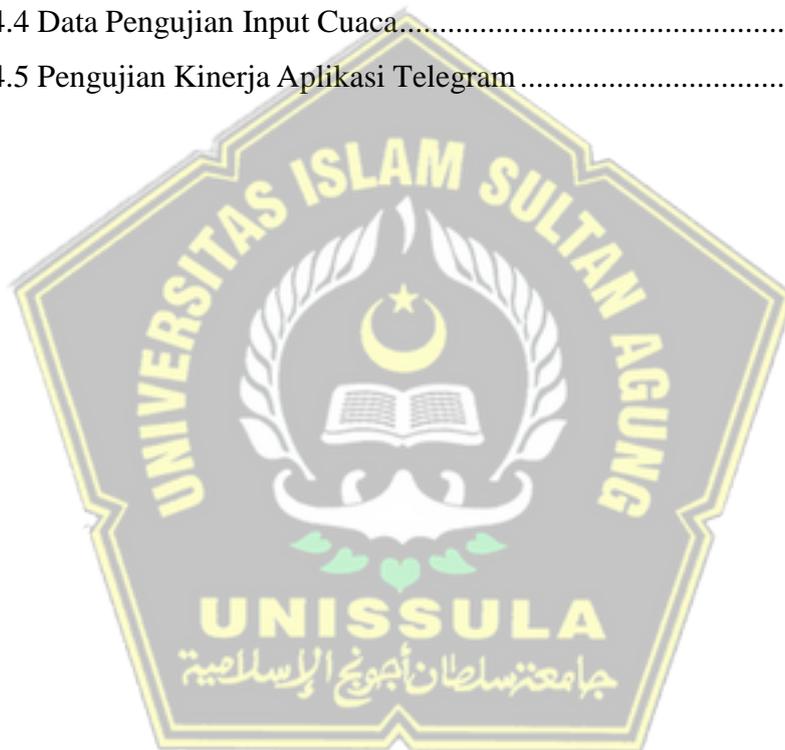
## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN .....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
ABSTRAK .....	x
ABSTRACT .....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
1.6. Keaslian Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	7
2.1. Tinjauan Pustaka.....	7
2.2. Panel Surya.....	10
2.3. Aki ( Baterai ).....	11
2.4. Baterai Regulator.....	13
2.5. Inverter.....	13
2.6. LCD (Liquid Cristal Display).....	15
2.7. Buck Converter.....	16
2.8. Papan Mikrokontroler Arduino Uno.....	17
2.9. Sensor DHT22.....	18
2.10. Modul RTC.....	19
2.11. Sensor Arus.....	20
2.12. Sensor Tegangan.....	21
2.13. Relay.....	22
2.14. Modul Wifi ESP8266.....	23

2.15.	Logika Fuzzy .....	24
<b>BAB II METODOLOGI.....</b>		<b>28</b>
3.1.	Desain Penelitian .....	28
3.2.	Alat dan Bahan .....	29
3.3.	Prosedur Penelitian .....	29
3.4.	Perancangan Rangkaian Hardware .....	30
3.4.1.	Diagram Pengkabelan Hardware .....	31
3.4.2.	Skenario Implementasi dan Pengujian.....	32
3.4.3.	Perancangan Software.....	35
3.5.	Sistem Kontrol Panel Daya berbasis Fuzzy Logic.....	38
<b>BAB IV PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>43</b>
4.1.	Pengujian Hardware.....	43
4.1.1.	Pengujian Arduino Uno .....	43
4.1.2.	Pengujian Sensor Tegangan.....	43
4.2.	Pengujian Software.....	48
4.2.1.	Pengujian Black-box.....	48
4.3.	Pengujian Fuzzy Sistem Kontrol Panel Daya .....	49
4.3.1.	Pengujian Nilai Variabel Data Tegangan Panel Surya.....	49
4.3.2.	Pengujian Nilai Variabel Input Cuaca .....	50
4.3.3.	Pengujian Nilai Output Sistem Fuzzy.....	50
4.4.	Pengujian Sistem Keseluruhan .....	53
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>59</b>
5.1.	Kesimpulan.....	59
5.2.	Saran.....	59
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>60</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>		<b>64</b>
1.	List Program Arduino Uno .....	64
2.	List Program Telegram.....	79

## DAFTAR TABEL

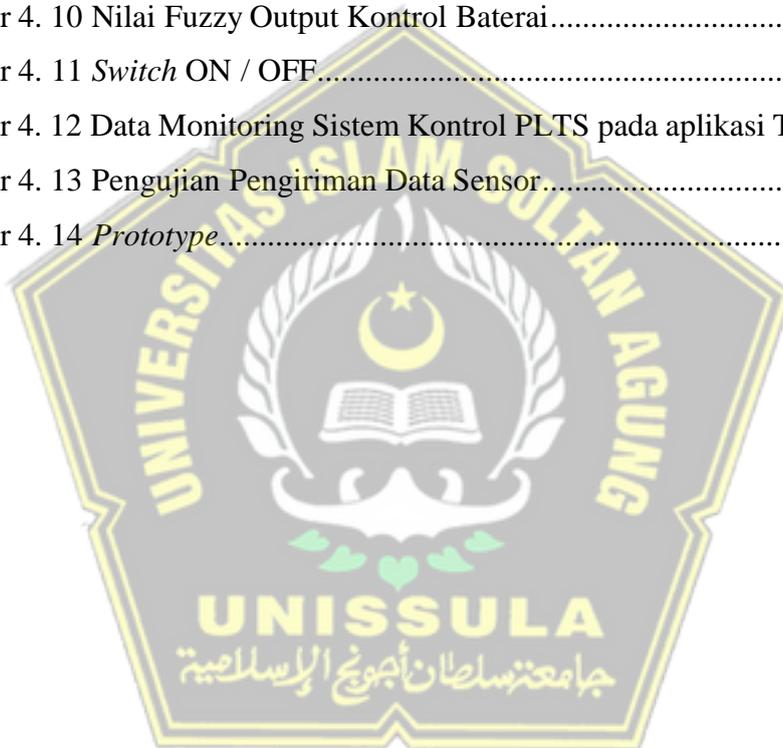
Tabel 3.1 Variabel Input Data Tegangan Panel Surya .....	38
Tabel 3.2 Variabel Input Cuaca (%).....	40
Tabel 3.3 Variabel Output Kontrol Baterai.....	40
Tabel 4.1 Perintah AT Command Pada Modul Wifi ESP8266.....	47
Tabel 4.2 Pengujian <i>BlackBox</i> .....	49
Tabel 4.3 Data Pengujian Tegangan Panel Surya .....	50
Tabel 4.4 Data Pengujian Input Cuaca.....	50
Tabel 4.5 Pengujian Kinerja Aplikasi Telegram.....	55



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Cara kerja sel surya dengan prinsip p-n junction .....	10
Gambar 2. 2 Bagian pada baterai lead acid .....	12
Gambar 2.3 Baterai Regulator .....	13
Gambar 2.4 Bentuk Daya Luaran Inverter.....	15
Gambar 2.5 LCD Karakter 16x2.....	16
Gambar 2.6 Rangkaian Buck Converter .....	16
Gambar 2.7 Papan Mikrokontroler Arduino Uno .....	18
Gambar 2.8 Sensor DHT22 .....	19
Gambar 2.9 Modul RTC.....	20
Gambar 2.10 Sensor Arus ACS712 .....	20
Gambar 2.11 Sensor Tegangan DC .....	21
Gambar 2.12 Sensor Tegangan ZMPT101B .....	22
Gambar 2.13 Modul Relay 4 Channel .....	23
Gambar 2.14 Modul ESP8266-01.....	23
Gambar 2.15 Fungsi Keanggotaan Linier Naik.....	26
Gambar 2.16 Representasi Linier Turun.....	26
Gambar 2.17 Fungsi Keanggotaan Segitiga .....	27
Gambar 3.1 Desain Penelitian .....	28
Gambar 3.2 Gambaran model.....	30
Gambar 3.3 Detail Rangkaian <i>Hardware</i> .....	31
Gambar 3.4 Diagram Pengkabelan sistem <i>hardware</i> .....	32
Gambar 3.5. Grafik Radiasi Harian Matahari [29] .....	33
Gambar 3.6 <i>Water Fall Diagram</i> .....	35
Gambar 3.7 <i>Flowchart</i> Program Keseluruhan.....	37
Gambar 3.8 Grafik Fungsi Keanggotaan Tegangan Panel Surya .....	38
Gambar 3.9 Grafik Fungsi Keanggotaan Data Kelembaban Cuaca .....	40
Gambar 3.10 Grafik Fungsi Keanggotaan Output Kontrol Baterai .....	41
Gambar 4. 1 Pengujian Board Arduino Uno .....	43

Gambar 4. 2 pengujian tegangan <i>inverter</i> .....	44
Gambar 4. 3 pengujian tegangan aki .....	44
Gambar 4. 4 pengujian arus beban lampu.....	45
Gambar 4. 5 pengujian arus beban mesin bor tangan .....	46
Gambar 4. 6 Hasil pengujian program RTC .....	47
Gambar 4. 7 Hasil Eksekusi Perintah AT <i>Command</i> pada Arduino IDE .....	48
Gambar 4. 8 Nilai Fuzzy Data Tegangan Panel Surya .....	51
Gambar 4. 9 Nilai Fuzzy Data Kelembaban Cuaca .....	51
Gambar 4. 10 Nilai Fuzzy Output Kontrol Baterai.....	53
Gambar 4. 11 <i>Switch</i> ON / OFF.....	54
Gambar 4. 12 Data Monitoring Sistem Kontrol PLTS pada aplikasi Telegram ...	55
Gambar 4. 13 Pengujian Pengiriman Data Sensor.....	57
Gambar 4. 14 <i>Prototype</i> .....	58



## ABSTRAK

Penyediaan tenaga listrik di Indonesia mencapai sekitar 120 GW pada tahun 2025. Untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik ini sesuai Kebijakan Energi Nasional harus dikembangkan berbagai energi alternatif termasuk energi terbarukan. Pemanfaatan energi terbarukan untuk mendapat pasokan listrik diantaranya dengan memanfaatkan tenaga radiasi energi matahari dengan menggunakan sel surya sebagai pengubah energi matahari menjadi energi listrik, atau dengan kata lain Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Permasalahan yang terjadi yaitu energi listrik yang dihasilkan oleh modul surya tidak dapat dimonitor secara realtime melalui internet tetapi hanya melalui sistem yang terpasang di lingkungan PLTS tersebut. Akibat dari permasalahan tersebut PLTS memang sudah terdapat sistem monitoring tetapi masih memiliki kekurangan, yaitu tidak terdapatnya sistem notifikasi dan monitoring kinerja panel surya tidak dapat dilakukan secara jarak jauh atau tidak dapat menggunakan internet sebagai media pengirim data secara realtime. Solusi dari permasalahan tersebut perlu dikembangkan teknologi komunikasi nirkabel, sistem tertanam, serta jaringan komputer dan internet, perancangan sistem *monitoring* dan kontrol berbasis *Internet of Things* (IoT).

Penelitian ini mendesain sebuah Rancang bangun sistem monitoring daya AC PLN- PLTS dengan menggunakan IoT. Hasil pemantauan energi listrik tersebut dikirimkan secara nirkabel ke jaringan internet melalui sebuah perangkat *wireless router* sehingga data tersebut dapat diakses dengan mudah oleh pemilik rumah atau pihak yang berkepentingan secara *realtime* dan penggunaan Telegram sebagai aplikasi sistem pemantauan secara realtime dan algoritma fuzzy logic sebagai validasi sistem kontrol daya.

Hasil menunjukkan bahwa prototype monitoring Daya PLN – PLTS telah berhasil dirancang. Hasil pengujian menunjukkan prototype dapat bekerja sebagai sistem kontrol daya dan monitoring PV panel berbasis IoT. Sistem ini dapat di monitoring dan dikendalikan melalui smartphone Android menggunakan aplikasi Telegram. Hasil pengujian menunjukkan aplikasi Telegram dapat menampilkan dan mengontrol daya AC PLN – PLTS secara realtime.

**Kata kunci** : Sistem Monitoring PLTS, IoT, Telegram, *Fuzzy Logic*

## ABSTRACT

Penyediaan tenaga listrik di Indonesia mencapai sekitar 120 GW pada tahun 2025. Untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik ini sesuai Kebijakan Energi Nasional harus dikembangkan berbagai energi alternatif termasuk energi terbarukan. Pemanfaatan energi terbarukan untuk mendapat pasokan listrik diantaranya dengan memanfaatkan tenaga radiasi energi matahari dengan menggunakan sel surya sebagai pengubah energi matahari menjadi energi listrik, atau dengan kata lain Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Permasalahan yang terjadi yaitu energi listrik yang dihasilkan oleh modul surya tidak dapat dimonitor secara realtime melalui internet tetapi hanya melalui sistem yang terpasang di lingkungan PLTS tersebut. Akibat dari permasalahan tersebut PLTS memang sudah terdapat sistem monitoring tetapi masih memiliki kekurangan, yaitu tidak terdapatnya sistem notifikasi dan monitoring kinerja panel surya tidak dapat dilakukan secara jarak jauh atau tidak dapat menggunakan internet sebagai media pengirim data secara realtime. Solusi dari permasalahan tersebut perlu dikembangkan teknologi komunikasi nirkabel, sistem tertanam, serta jaringan komputer dan internet, perancangan sistem *monitoring* dan kontrol berbasis *Internet of Things* (IoT).

Penelitian ini mendesain sebuah Rancang bangun sistem monitoring daya AC PLN- PLTS dengan menggunakan IoT. Hasil pemantauan energi listrik tersebut dikirimkan secara nirkabel ke jaringan internet melalui sebuah perangkat *wireless router* sehingga data tersebut dapat diakses dengan mudah oleh pemilik rumah atau pihak yang berkepentingan secara *realtime* dan penggunaan Telegram sebagai aplikasi sistem pemantauan secara realtime dan algoritma fuzzy logic sebagai validasi sistem kontrol daya.

Hasil menunjukkan bahwa prototype monitoring Daya PLN – PLTS telah berhasil dirancang. Hasil pengujian menunjukkan prototype dapat bekerja sebagai sistem kontrol daya dan monitoring PV panel berbasis IoT. Sistem ini dapat di monitoring dan dikendalikan melalui smartphone Android menggunakan aplikasi Telegram. Hasil pengujian menunjukkan aplikasi Telegram dapat menampilkan dan mengontrol daya AC PLN – PLTS secara realtime.

**Kata kunci** : Sistem Monitoring PLTS, IoT, Telegram, *Fuzzy Logic*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Indonesia ternyata masih bergantung sepenuhnya pada energi yang tidak dapat diperbaharui seperti minyak bumi, batubara dan gas alam sebagai sumber kebutuhan energi. Pada tahun 2015, energi fosil menyumbang 93,7 % dari total kebutuhan energi (1.357 juta barel setara minyak). Sisanya, 6,2 % dipenuhi dari EBT. Dari jumlah persentase energi fosil tersebut, minyak menyumbang 43 %, gas alam 22 %, dan batubara 28,7 %. Hampir separuh dari minyak untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri harus diimpor, baik dalam bentuk minyak mentah (crude oil) maupun produk minyak. Dengan kondisi tersebut, ketahanan energi Indonesia tentu menjadi sangat rentan terhadap gejolak yang terjadi di pasar global [1].

Penyediaan tenaga listrik di Indonesia mencapai sekitar 120 GW pada tahun 2025. Untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik ini sesuai Kebijakan Energi Nasional (Kepres No. 5 Tahun 2006) harus dikembangkan berbagai energi alternatif termasuk energi terbarukan, antara lain panas bumi, mikrohidro, surya, angin, samudera, biomasa dan nuklir, yang ditargetkan mencapai lebih dari 17% dari pangsa energi primer nasional. Panas bumi, hidro dan mikrohidro mempunyai potensi yang cukup besar untuk dikembangkan yaitu potensi panas bumi maksimum 28,18 Gwe, hidro sebesar 75 GWe dan mikrohidro 450 MWe. Untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik pada tahun 2025, maka sumberdaya energi terbarukan yang dapat memberi dukungan secara signifikan adalah panas bumi, biomasa (melalui sampah, limbah, gasifikasi dan BBN) serta surya melalui PLTS [2].

Wilayah Indonesia terletak di daerah ekuator yaitu wilayah tengah yang membagi bola bumi menjadi bagian utara dan selatan. Posisi ini menyebabkan ketersediaan sinar matahari hampir sepanjang tahun di seluruh wilayah Indonesia kecuali pada musim hujan dan saat awan tebal menghalangi sinar matahari. Berdasarkan peta insolasi matahari, wilayah Indonesia memiliki potensi energi

listrik surya sebesar 4.5 kW/m<sup>2</sup> /hari. Hal ini tentu sangat potensial untuk dimanfaatkan dalam memenuhi kebutuhan energi listrik mengingat beratnya permasalahan yang terkait dengan pembangkitan listrik berbahan bakar fosil [3].

*Hybrid System* merupakan salah satu sistem alternatif yang dapat diaplikasikan pada perumahan dengan beban tinggi. *Hybrid System* memanfaatkan *renewable energy* sebagai sumber utama (primer) yang dikombinasikan dengan Listrik PLN sebagai sumber energi cadangan (sekunder). Pada *Hybrid System*, *renewable energy* yang digunakan dapat berasal dari energi matahari, angin, dan lain-lain yang dikombinasikan dengan Listrik PLN sehingga menjadi suatu sumber tegangan yang lebih efisien, efektif dan handal untuk dapat mensuplai kebutuhan energi listrik pada perumahan [4].

Pemanfaatan energi terbarukan untuk mendapat pasokan listrik diantaranya dengan memanfaatkan tenaga radiasi energi matahari dengan menggunakan sel surya sebagai pengubah energi matahari menjadi energi listrik, atau dengan kata lain Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Permasalahan yang terjadi yaitu energi listrik yang dihasilkan oleh modul surya tidak dapat dimonitor secara realtime melalui internet tetapi hanya melalui sistem yang terpasang di lingkungan PLTS tersebut[5].

Akibat dari permasalahan tersebut maka diperlukan sebuah alat yang berfungsi untuk memonitor kinerja dan memberikan notifikasi ketika kinerja panel surya secara *realtime*. Pada PLTS sudah terdapat sistem monitoring yang dapat menampilkan jumlah tegangan dan arus yang dihasilkan, tetapi masih memiliki kekurangan, yaitu tidak terdapatnya sistem notifikasi dan monitoring kinerja panel surya tidak dapat dilakukan secara jarak jauh atau tidak dapat menggunakan internet sebagai media pengirim data [6].

Solusi dari permasalahan tersebut perlu dikembangkan teknologi komunikasi nirkabel, sistem tertanam, serta jaringan komputer dan internet, perancangan sistem *monitoring* dan kontrol berbasis *Internet of Things* (IoT) akhir-akhir ini banyak dikembangkan. IoT didefinisikan sebagai jaringan dari objek yang tertanam bersama sensor -sensor dan terkoneksi dengan internet. IoT adalah jaringan dari objek fisik atau "*things*" tertanam dengan perangkat

elektronik, perangkat lunak, sensor, dan konektivitas jaringan, yang memungkinkan objek tersebut mengumpulkan dan melakukan pertukaran data. IoT memungkinkan objek untuk dirasakan dan dikendalikan dari jarak jauh di seluruh infrastruktur jaringan yang ada, menciptakan peluang untuk integrasi yang lebih langsung antara dunia fisik dan sistem berbasis komputer, dan mengakibatkan peningkatan efisiensi, akurasi, dan manfaat ekonomi. Setiap objek secara unik diidentifikasi melalui sistem komputasi tertanam tetapi mampu beroperasi dalam infrastruktur internet yang ada [7].

Berdasarkan permasalahan di atas, penelitian ini adalah mendesain sebuah Rancang bangun sistem monitoring daya AC PLN- PLTS dengan menggunakan IoT berbasis telegram. Hasil pemantauan energi listrik tersebut dikirimkan secara nirkabel ke jaringan internet melalui sebuah perangkat *wireless router* sehingga data tersebut dapat diakses dengan mudah oleh pemilik rumah atau pihak yang berkepentingan secara *realtime* berbasis telegram.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah yang didapat dari latar belakang adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana membuat rancang bangun sistem monitoring dan kontrol daya AC PLN- PLTS dengan menggunakan IoT?
2. Bagaimana membuat prototype sistem monitoring dan kontrol daya AC PLN- PLTS dengan menggunakan Fuzzy logic dan IoT dapat memonitoring dan kontrol daya yang dihasilkan oleh PV panel ?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan yang ingin dicapai adalah :

1. Untuk Merancang dan membuat sistem monitoring dan kontrol daya AC PLN- PLTS dengan menggunakan IoT.
2. Untuk membuat prototype monitoring daya dan kontrol AC PLN- PLTS berbasis Fuzzy menggunakan IoT dari media Telegram sebagai sistem reporting.

## **1.4. Batasan Penelitian**

Berikut batasan-batasan yang dilakukan terhadap penelitian ini :

1. Pembuatan *prototype* sistem kontrol daya pada PV berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan fitur pengiriman data yang dilakukan oleh sensor.
2. Sistem pengiriman *data* menggunakan protokol IoT yang tersedia yaitu Berbasis Telegram.
3. Sistem di aplikasikan untuk listrik rumah tangga daya 900VA/220V.

### 1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini yaitu :

1. Memberikan kontribusi keilmuan dalam penerapan konverter daya otomatis di jaringan DC-AC-DC.
2. Memudahkan kontrol / monitoring daya bagi masyarakat yang menggunakan jaringan DC-AC-DC di rumah.
3. Mempercepat proses pemantauan data parameter listrik pada PV panel secara realtime.

### 1.6. Keaslian Penelitian

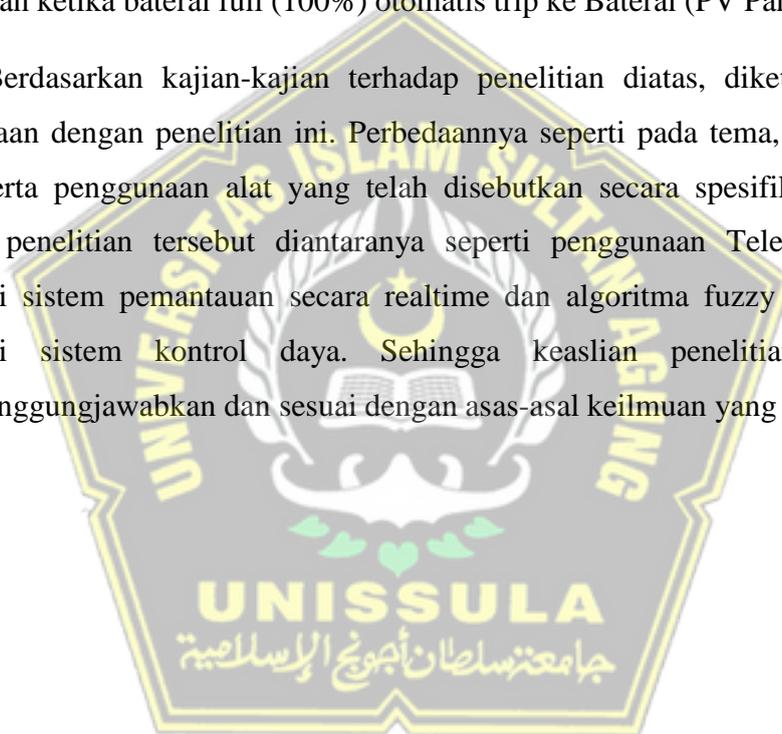
Berdasarkan penelusuran serta tinjauan pustaka yang telah dilakukan terkait dengan penelitian sistem monitoring smart home terintegrasi PV dan teknologi *Internet of Things* (IoT), maka didapatkan beberapa penelitian yang berkaitan, yaitu :

- a. Rancang bangun alat pemantau arus dan tegangan di sistem panel surya berbasis Arduino Uno [8]. Penelitian ini membuat alat pemantau arus dan tegangan untuk pengukuran sistem panel surya. Penelitian ini sudah menerapkan penggunaan teknologi *Internet Of Things* (IoT). Hasil pengambilan data dalam seminggu memberikan hasil rata-rata tegangan aki 10,98002 Volt, rata-rata arus aki 0,369192 A, rata-rata arus panel 0,184485 A. Aplikasi BLYNK digunakan sebagai antarmuka grafis tampilan data dan juga sekaligus sebagai server IoT. Alat yang dirancang pada penelitian ini hanya membaca arus dan tegangan DC yaitu data parameter listrik hasil output dari Aki dan Panel Surya. Sedangkan pada penelitian kami dilakukan penambahan sistem pemantauan data parameter energi listrik AC (*Alternating Current*). Selain itu juga dilakukan sistem pemantauan parameter lingkungan berupa suhu dan kelembaban pada PV Panel.

- b. Penelitian monitoring performansi photovoltaik modul menggunakan Raspberry Pi berbasis web [9] . Perancangan sistem ini menggunakan modul komunikasi Xbee sebagai penerima data sensor dan Raspberry Pi yang berfungsi sebagai server untuk mengolah dan menyimpan data dalam bentuk database sehingga data tersebut dapat diakses melalui website. Berdasarkan hasil pengujian, sistem ini dapat menampilkan informasi arus, tegangan dan daya yang dihasilkan panel surya dan memberikan notifikasi melalui e-mail kepada petugas dari kondisi hasil yang didapatkan panel surya baik, sedang dan buruk sesuai dengan kondisi sebenarnya. Sedangkan pada penelitian kami dilakukan penambahan sistem monitoring berbasis *Internet Of Things* (IoT) sehingga data dapat diakses secara *realtime*.
- c. Sistem monitoring kinerja panel listrik tenaga surya menggunakan Arduino Uno [5]. Perancangan sistem berbasis mikrokontroler Arduino Uno ini dihubungkan ke computer melalui modul Wi-Fi ESP8266 dengan komunikasi UART dan metode pengiriman UDP. Hasil dari sistem monitoring ini adalah pengukuran dari setiap sensor dapat diproses secara langsung dan ditampilkan dalam bentuk grafik pada kondisi real time serta dapat memonitor performa tersebut secara jarak jauh atau melalui internet. Informasi mengenai tegangan dan arus dari panel surya yang dikumpulkan pada kondisi real time dapat diperoleh langsung melalui dokumen Excel yang datanya didapatkan dari database. Pengembangan pada penelitian kami yaitu penggunaan telegram untuk implementasi *Internet Of Things* (IoT). Selain itu, monitoring parameter listrik pada penelitian kami dikembangkan dengan penambahan data monitoring parameter energi listrik hasil output dari inverter dan data parameter lingkungan.
- d. Implementasi IOT dalam rancang bangun sistem monitoring panel surya berbasis Arduino [10] . Penelitian ini sistem monitoring tegangan keluaran dari baterai dan panel surya. Teknologi yang digunakan adalah *web service* menggunakan *rest web server* dan pada perangkat kerasnya menggunakan arduino dan modul wifi ESP8266. *Web service* dikembangkan menggunakan codeigniter, sebuah php framework dan *rest web service*

*library* untuk codeigniter. Perangkat kerasnya menggunakan arduino untuk menerima hasil pembacaan sensor dan ESP8266 untuk menghubungkan arduino dengan internet melalui koneksi *wifi*. Data hasil pembacaan sensor yang diterima oleh arduino dikirim ke server setiap 5 detik. Sisi kebaruan dalam penelitian kami yaitu penambahan sistem pemantauan indikator parameter energi listrik hasil output dari inverter dan penggunaan telegram untuk implementasi *Internet Of Things* (IoT) dan dilengkapi dengan trip otomatis DC-AC, AC-DC ketika baterai low (20%) otomatis trip ke PLN dan ketika baterai full (100%) otomatis trip ke Baterai (PV Panel).

Berdasarkan kajian-kajian terhadap penelitian diatas, diketahui terdapat perbedaan dengan penelitian ini. Perbedaannya seperti pada tema, implementasi alat, serta penggunaan alat yang telah disebutkan secara spesifik pada kajian kajian penelitian tersebut diantaranya seperti penggunaan Telegram sebagai aplikasi sistem pemantauan secara realtime dan algoritma fuzzy logic sebagai validasi sistem kontrol daya. Sehingga keaslian penelitian ini dapat dipertanggungjawabkan dan sesuai dengan asas-asal keilmuan yang berlaku.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Kajian-kajian penelitian yang telah dilakukan terkait penelitian ini di antaranya sebagai berikut :

- a. Penelitian pemantauan parameter panel surya berbasis Arduino secara realtime [11]. Sistem pemantauan kinerja panel surya yang dirancang dilengkapi dengan sensor pengukur arus dan tegangan yang telah dikalibrasi, sistem akuisisi data yang diintegrasikan ke spreadsheet Excel menggunakan program aplikasi PLX-DAQ dan kartu memori sebagai penyimpan data cadangan. Kelebihan dari sistem pemantauan ini adalah hasil pengukuran dari setiap sensor dapat diproses secara langsung dan ditampilkan dalam bentuk grafik pada kondisi real time. Pada penelitian kami, terdapat sisi kebaruan yaitu pengembangan sistem monitoring berbasis *Internet Of Things* (IoT).
- b. Desain sistem monitoring sistem photovoltaic (PV) berbasis *Internet Of Things* (IoT) [12] merancang *node* nirkabel berbasis IoT untuk pemantauan daya listrik dan parameter lingkungan pada sistem PV. Rancangan meliputi perangkat keras *node* nirkabel dan perangkat lunak untuk mengolah data pemantauan serta mengirimkannya ke server pemantauan secara nirkabel melalui sebuah *router* dan modem GSM. Sisi kebaruan pada penelitian kami adalah adanya tambahan sistem pemantauan indikator parameter energi listrik hasil output dari inverter menggunakan kontroler Arduino Uno dan diaplikasikan pada *smart home*.
- c. Penelitian monitoring penggunaan daya listrik sebagai implementasi *Internet Of Things* (IoT) berbasis *Wireless Sensor Network* [13]. Metode penelitian ini adalah rancang bangun *wireless node sensor* yang bisa mengukur parameter listrik arus bolak-balik (AC) seperti tegangan efektif, arus efektif, daya aktif, daya semu, faktor daya dan jumlah pemakaian

energi listrik dengan menggunakan modul ESP8266 sebagai penghubung dengan jaringan Wi-Fi. Penelitian kami dikembangkan untuk pemantauan daya listrik dan parameter lingkungan pada sistem PV berbasis *Internet Of Things* (IoT) secara realtime .

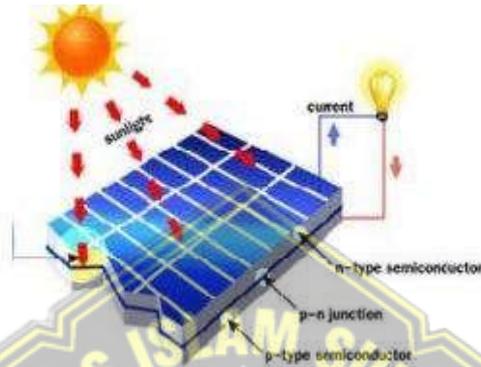
- d. Sistem pemantauan panel surya menggunakan smartphone berbasis mikrokontroler [14]. Penelitian ini mengusulkan sistem pemantauan untuk panel surya menggunakan mikrokontroler ATmega2560 yang terhubung dengan sensor tegangan, sensor arus dan sensor suhu. ESP8266 digunakan sebagai komunikasi data dengan smartphone untuk menampilkan hasil pengukuran suhu sekitar, arus keluaran dan tegangan output panel surya melalui aplikasi BLYNK. Modul yang dibuat berhasil menampilkan nilai pengukuran suhu, nilai arus, tegangan dan daya yang dihasilkan oleh panel surya melalui aplikasi BLYNK yang diakses menggunakan smartphone. Hasil penelitian menunjukkan tingkat kesalahan rata-rata hasil pemantauan nilai output panel surya di bawah 10%.
- e. Rancang bangun purwarupa alat monitoring dan kontrol beban satu fasa Berbasis *Internet Of Things* (IoT) [15]. Penelitian mengusulkan sistem monitoring daya dan kontrol beban 1 fase berbasis Internet of Things (IoT), dimana data hasil perekaman akan dikirim ke basis data yang telah disediakan platform yang bersifat *open source* melalui jaringan internet. Hasil yang dicapai berupa purwarupa alat yang mampu membaca nilai tegangan, arus, daya dan factor daya menggunakan mikrokontroler Arduino Nano dengan sensor arus ZMCT103C dan Trafo 220 V – 9 V yang digunakan sebagai sensor tegangan dengan nilai kesalahan pembacaan tegangan, arus, daya dan faktor daya beban satu fase dengan beban yang bervariasi rata-rata tidak lebih dari 5% Purwarupa alat mampu terhubung platform *open source* (Cayenne menggunakan NodeMCU sebagai pengolah koneksi melalui jaringan internet yang diprogram melalui Arduino IDE. Nilai pembacaan tegangan, arus, daya dan faktor daya serta kontrol beban mampu ditampilkan dan dikontrol melalui web

platform *open source* (*Cayenne Online Dashboard* dan *Cayenne Android App*).

- f. Sistem monitoring pada panel surya menggunakan *Data Logger* berbasis ATmega328 dan *Real Time Clock* DS1307 [16]. Tujuan penelitian ini adalah membuat sistem monitoring pada panel surya menggunakan data logger berbasis ATmega 328 dan real time clock DS1307. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian dan pengembangan (Research and Development atau R&D). Dengan adanya monitoring arus dan tegangan, dapat dilakukan pemantauan arus dan tegangan secara otomatis dengan menggunakan sms gateway. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa sistem monitoring panel surya ini dapat mencatat arus, tegangan, suhu serta kelembaban secara real time yang dihasilkan dari hasil kinerja panel surya dan kemudian merekamnya dalam bentuk TXT file setiap 15 menit sekali ke dalam Micro SD.
- g. Sistem monitoring energi listrik sel surya secara realtime dengan sistem SCADA [17]. Penelitian ini bertujuan membuat sistem yang mendukung seperti pemantauan, pengontrolan perangkat dan pengolahan data secara realtime dan diakses melalui web. Perancangan sistem SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) berbasis realtime web monitoring sistem dan sistem kontrol untuk mengintegrasikan sistem sel surya, unit baterai, jaringan beban yang menggunakan mikrokontroler arduino. Sistem SCADA terhubung ke jaringan internet sehingga memantau dan mengontrol sistem sel surya, baterai dan jaringan beban secara realtime dalam berbagai kondisi operasi. Aplikasi server dibuat dengan programming Visual Basic yang digunakan untuk pemantauan data secara real-time, melakukan pengontrolan perangkat keras dan data sensor disimpan kedalam database SQL Server agar dapat menampilkan history data maupun untuk pengolahan data lain.

## 2.2. Panel Surya

Panel Surya adalah alat konversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Untuk memanfaatkan potensi energi surya ada dua macam teknologi yang sudah diterapkan, yaitu energi surya fotovoltaik dan energi surya termal [2], seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Cara kerja sel surya dengan prinsip p-n junction [2].

Dari ilustrasi Gambar 2.1 Menunjukkan cara kerja panel surya dengan prinsip p-n junction. Prinsip p-n junction merupakan sistem kerja sel surya secara konvensional. Penyusun dasar semikonduktor terdiri dari ikatan-ikatan atom yang terdapat electron. Semikonduktor tipe-p mempunyai kelebihan hole (muatan positif) dalam struktur atomnya dan Semikonduktor tipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif). Kondisi ini terjadi karena adanya proses mendoping material dengan atom dopant. Sebagai contoh, dalam mendapatkan material silikon tipe-n, silikon didoping oleh atom fosfor dan silikon tipe-p, silikon didoping oleh atom boron. Gambar 2.1 merupakan gambaran junction semikonduktor tipe-p dan tipe-n. P-n junction berperan dalam pembentukan medan listrik sehingga elektron (dan hole) bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Pada momen semikonduktor tipe-n dan tipe-p terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan kutub negative pada semikonduktor tipe-p. aliran elektron dan hole ini mengakibatkan

terbentuknya medan listrik yang mana saat cahaya matahari mengenai susunan p-n junction ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, selanjutnya hal ini dimanfaatkan sebagai listrik. Sebaliknya hole bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang, seperti pada Gambar 2.1.

Berikut ini adalah persamaan yang digunakan pada panel surya :

Daya Input : Perhitungan daya input dapat menggunakan persamaan (2.1) [5] :

$$P_{in} = G \cdot A \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan :

$P_{in}$  = Daya input akibat Radiasi matahari (Watt)

$G$  = Intensitas radiasi matahari (Watt/m<sup>2</sup>)

$A$  = Luas area permukaan photovoltaic module (m<sup>2</sup>)

Daya Output : Perhitungan daya output dapat dilihat pada persamaan (2.2) [5] :

$$P_{out} = V_{max} \cdot I_{max} \dots\dots\dots (2.2)$$

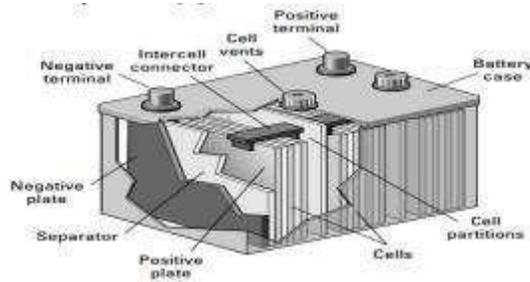
dengan :

$V_{max}$  = Tegangan pada daya maksimum (Volt)

$I_{max}$  = Arus pada daya maksimum (Ampere)

### 2.3. Aki ( Baterai )

Baterai merupakan alat menyimpan energi listrik melalui proses elektrokimia. Proses elektrokimia adalah di dalam baterai terjadi perubahan kimia menjadi listrik (proses pengosongan) dan listrik menjadi kimia dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda pada baterai yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan pada sel [6], seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Bagian pada baterai lead acid [6]

Ada beberapa hal yang perlu di perhatikan sebelum merancang solar panel, yaitu nilai total beban listrik harian, ukuran kapasitas panel surya, kapasitas baterai aki, lama pengisian baterai aki dan lama penggunaan energi. Mencari total beban listrik harian dapat dilihat pada persamaan (2.3), Menentukan ukuran kapasitas panel surya dapat dilihat pada persamaan (2.4), Menentukan kapasitas baterai/aki dapat dilihat pada persamaan (2.5), Waktu pengisian baterai/aki dapat dilihat pada persamaan (2.6), Waktu penggunaan energy dapat dilihat pada persamaan (2.7).

$$\text{Beban Pemakaian} = \text{Daya} \cdot \text{Lama Pemakaian} \dots\dots\dots (2.3)$$

Menentukan ukuran kapasitas panel surya :

$$\text{Kapasitas Panel Surya} = \frac{\text{Total Beban Pemakaian Harian}}{n \cdot \text{Insolasi Panel Surya}} \dots\dots\dots (2.4)$$

Menentukan kapasitas baterai/aki :

$$\text{Kapasitas Baterai} = \frac{n \cdot \text{Total Beban Pemakaian Harian}}{V_{dc}} \cdot \text{DOD} \dots\dots\dots (2.5)$$

dengan :

$n$  = Efisiensi harian

$V_{dc}$  = Tegangan Sistem

DOD = Depth of discharge

Waktu pengisian baterai/aki :

$$T_1 = C / I (1 + 20\%) \dots\dots\dots (2.6)$$

dengan :

I = Arus Pengisian (Ampere)

C = Kapasitas (Ampere hours)

T 1 = Waktu yang kita inginkan (Hours)

20% = (% De-efisiensi)

Waktu penggunaan energi :

$$\text{Waktu pembebanan} = \frac{\text{Total Pemakaian Beban Harian}}{\text{Kapasitas Baterai}} - 3 \text{ jam} \dots \dots \dots (2.7)$$

#### 2.4. Baterai Regulator

*Solar Charge Controller* adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. *Solar charge controller* mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian - karena baterai sudah penuh) dan kelebihan voltase dari panel surya / solar cell. *Solar charge controller* menerapkan teknologi *Pulse width modulation* (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban. Panel surya / solar cell 12 Volt umumnya memiliki tegangan output 16 – 21 Volt [18], seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.3**.



**Gambar 2.3** Baterai Regulator [17]

#### 2.5. Inverter

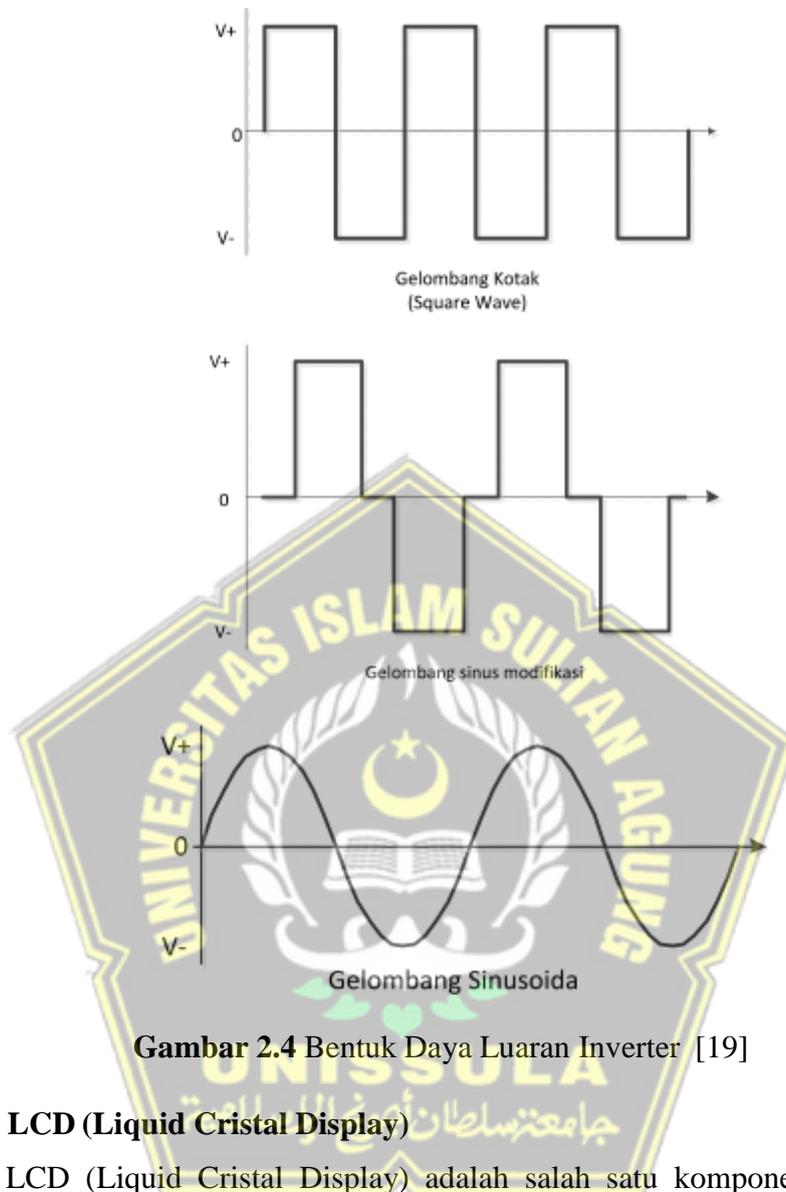
Inverter adalah perangkat elektronika yang berfungsi mengubah tegangan dan arus searah (DC = Direct Current) menjadi tegangan dan arus bolak-balik (AC = Alternating Current). Sumber arus DC bisa berasal dari sistem panel surya

ataupun dari baterai/ accumulaor. Secara umum yang disebut arus bolak-balik adalah tegangan jala-jala, yang di indonesia adalah listrik yang berasal dari jaringan PLN. Bentuk dari tegangan ac ini adalah sinusoida murni dengan frekuensi 50 Hz pada tegangan 220 V. Bentuk tegangan AC yang dihasilkan oleh inverter secara umum ada dua jenis, yaitu sinusoida dan tegangan kotak [19].

Ditinjau dari bentuk daya luarannya, maka inverter di bagi menjadi 3 jenis, yaitu [19] :

1. **Square Sine Wave Inverter** : pada jenis ini tegangan luarannya berbentuk kotak yang simetri terhadap tanah (ground). Bentuk ini sangat tidak cocok untuk beban-beban yang bersifat induktif semisal mesin-mesin listrik.
2. **Modified Sine Wave Inverter** : pada jenis ini tegangan luarannya berbentuk kotak yang telah dimodifikasi, dimana antara bagian tegangan kotak positif dan kotak negatif diberi jeda waktu tertentu. Bentuk luaran ini sudah bisa digunakan pada beban induktif/ kumparan tetapi dengan kerugian daya yang besar.
3. **Pure Sine Wave Inverter**: pada jenis ini tegangan luarannya berbentuk Sinusoida murni seperti yang dihasilkan oleh tegangan jala-jala PLN.

Inverter bekerja dengan cara memotong-motong tegangan DC dengan sebuah saklar, kemudian tegangan tersebut di umpankan ke transformator dengan CT (Cernter Tap) secara bergantian. Maka pada output akan dihasilkan tegangan ac seperti terlihat pada **Gambar 2.4**.



**Gambar 2.4** Bentuk Daya Luaran Inverter [19]

## 2.6. LCD (Liquid Cristal Display)

LCD (Liquid Cristal Display) adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. Dipasaran tampilan LCD sudah tersedia dalam bentuk modul yaitu tampilan LCD beserta rangkaian pendukungnya termasuk ROM dan sebagainya. LCD mempunyai pin data, kontrol catu daya, dan pengatur kontras tampilan. Gambar 2.5 merupakan bentuk fisik LCD karakter tipe 16x2 [20], seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.5**.



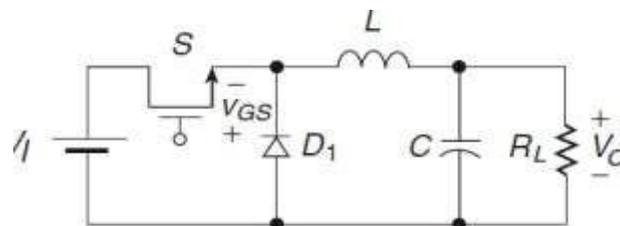
**Gambar 2.5** LCD Karakter 16x2 [20]

## 2.7. Buck Converter

Buck converter adalah dc-dc converter jenis penurun tegangan atau step down. Buck converter mampu menghasilkan nilai tegangan output sama atau lebih rendah dari tegangan input-nya. Buck converter ini tersusun dari mosfet (saklar aktif) dan dioda (saklar pasif). Saklar pasif dapat diganti dengan aktif pada saat tegangan kerja yang rendah, sehingga dapat mengurangi susut daya yang terjadi [21].

Pada dasarnya prinsip kerja buck converter menggunakan switch yang bekerja dengan dua mode yaitu switch ON dan switch OFF. Adapun dikenal dengan istilah Pulse Width Modulation atau disingkat PWM. Pada PWM terdapat duty cycle yang bekerja mengendalikan kecepatan (frekuensi) kerja switch. PWM merupakan suatu proses membangkitkan sinyal keluaran pada periode berulang antara high dan low, dimana pengaturan durasi dapat diatur sesuai yang dibutuhkan. Sedangkan duty cycle adalah representasi ketika kondisi high dalam periode sinyal yang dinyatakan dalam persen (%) dengan range 0-100% [20].

**Gambar 2.6** merupakan rangkaian buck converter.



**Gambar 2.6** Rangkaian Buck Converter [21]

## 2.8. Papan Mikrokontroler Arduino Uno

Arduino adalah sebuah *platform* elektronik yang bersifat *open source* serta mudah digunakan. *Arduino board* diterbitkan di bawah lisensi *creative commons*, sehingga perancang sirkuit yang berpengalaman dapat membuat modul versi mereka sendiri, memperluasnya dan meningkatkannya. Bahkan, pengguna yang relatif tidak berpengalaman dapat membangun *board* versi mereka sendiri menggunakan *breadboard* untuk memahami cara kerjanya dan di sisi lain dapat menghemat biaya [22].

Sebenarnya nama Arduino tidak hanya menyatakan perangkat keras, melainkan juga perangkat lunak. Secara lebih spesifik, perangkat lunak yang digunakan untuk membuat sketsa (nama khusus untuk program yang digunakan untuk mengendalikan perangkat keras) diberi nama Arduino IDE. Adapun Bahasa yang digunakan untuk menyusun sketsa sangat menyerupai C atau C++.

Komponen utama di dalam papan Arduino adalah sebuah mikrokontroler 8 bit dengan merk ATmega yang dibuat oleh perusahaan *Atmel Corporation*. Berbagai jenis papan Arduino menggunakan tipe ATmega yang berbeda-beda tergantung dari spesifikasinya, sebagai contoh Arduino Uno menggunakan ATmega328 sedangkan Arduino Mega 2560 yang lebih canggih menggunakan ATmega2560. Penelitian ini menggunakan Arduino Uno sebagai papan mikrokontroler seperti pada **Gambar 2.7**. Berikut adalah spesifikasi dari papan mikrokontroler Arduino Uno :

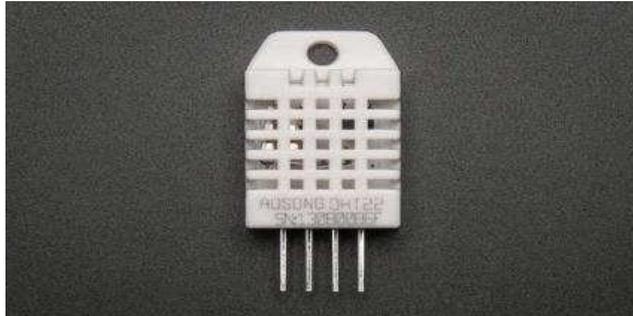
- a) Mikrokontroler : ATmega328P
- b) Tegangan Operasi : 5 V
- c) Tegangan masukan : 6-20 V
- d) Pin Digital I/O : 14 (6 PWM output)
- e) Pin Analog Input : 6
- f) *Flash Memory* : 32 KB
- g) *Clock Speed* : 16 MHz



**Gambar 2.7** Papan Mikrokontroler Arduino Uno [17].

## 2.9. Sensor DHT22

DHT22 adalah kelembaban dan suhu relatif sensor digital - output. Menggunakan sensor kelembaban kapasitif dan thermistor untuk mengukur udara di sekitarnya dan keluar sinyal digital pada pin data. Dalam proyek ini menggunakan sensor ini dengan Arduino uno. Suhu kamar & kelembaban akan dicetak ke monitor serial. DHT22 adalah sensor digital yang dapat mengukur suhu dan kelembaban udara di sekitarnya. Sensor ini sangat mudah digunakan bersama dengan Arduino. Memiliki tingkat stabilitas yang sangat baik serta fitur kalibrasi yang sangat akurat. Koefisien kalibrasi disimpan dalam OTP program memory, sehingga ketika internal sensor mendeteksi sesuatu, maka module ini menyertakan koefisien tersebut dalam kalkulasinya. DHT22 termasuk sensor yang memiliki kualitas terbaik, dinilai dari respon, pembacaan data yang cepat, dan kemampuan anti-interference. Ukurannya yang kecil, dan dengan transmisi sinyal hingga 20 meter, membuat produk ini cocok digunakan untuk banyak aplikasi-aplikasi pengukuran suhu dan kelembaban [4]. Seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.8**.



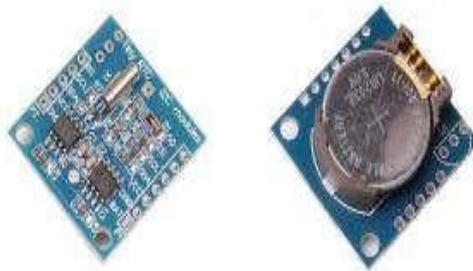
**Gambar 2.8** Sensor DHT22 [4]

Karakteristik sensor DHT22 yaitu :

- Biaya rendah
- Untuk daya 5V dan I / O
- 2.5mA penggunaan saat max selama konversi (sementara meminta data)
- Baik untuk 0-100 % kelembaban pembacaan dengan akurasi 2-5 %
- Baik untuk -40 sampai 80 ° C pembacaan suhu  $\pm 0,5$  ° C akurasi
- Tidak lebih dari 0,5 Hz sampling rate (sekali setiap 2 detik )
- Tubuh ukuran 27mm x 59mm x 13.5mm ( 1,05 " x 2.32 " x 0.53" )
- 4 pin , 0,1 " jarak
- Berat ( hanya DHT22 ) : 2.4g.

#### **2.10. Modul RTC**

*Real time clock* (RTC) yaitu sebuah modul yang berfungsi sebagai penghitung waktu yang dirancang menggunakan komponen elektronik berupa chip yang mampu melakukan proses kerja seperti jam pada umumnya, seperti melakukan perhitungan detik, menit, dan jam. Perhitungan tersebut dihitung secara akurat dan tersimpan secara *real time* [23]. Chip RTC ini nantinya akan dintegrasikan dengan sebuah kontroler dengan melakukan fungsi kerja tertentu. Chip RTC yang digunakan dalam penelitian ini yaitu DS1307. Modul DS1307 yang digunakan dapat diperlihatkan pada **Gambar 2.9**.

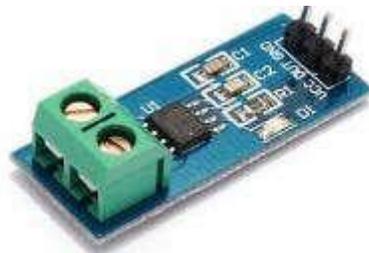


**Gambar 2.9** Modul RTC [23]

### 2.11. Sensor Arus

ACS712 merupakan IC yang berfungsi sebagai sensor arus dan menggantikan trafo arus yang relatif besar dalam bentuk fisiknya. Pada prinsipnya sensor arus ACS712 adalah sama dengan sensor efek hall lainnya yaitu memanfaatkan medan magnetik yang ada di sekitar arus yang akan diubah menjadi tegangan yang linier dengan perubahan arus. Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat di dalamnya yang menghasilkan medan magnet yang ditangkap oleh integrated Hall IC dan diubah menjadi tegangan proporsional [24].

ACS712 adalah Hall Effect current sensor. Hall effect allegro ACS712 merupakan sensor yang presisi sebagai sensor arus AC atau DC dalam pembacaan arus didalam dunia industri, otomotif, komersil dan sistem-sistem komunikasi. Pada umumnya aplikasi sensor ini biasanya digunakan untuk mengontrol motor, deteksi beban listrik, switched-mode power supplies dan proteksi beban berlebih [25], seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.10**.



**Gambar 2.10** Sensor Arus ACS712 [25]

## 2.12. Sensor Tegangan

Sensor tegangan digunakan untuk mendapatkan nilai tegangan antar fasa sehingga dapat mengetahui besar tegangan fasa-fasa. Pada pembuatan sensor tegangan ini menggunakan transformator step down ,rangkaiian penyearah, dan rangkaian pembagi tegangan. Rangkaian sensor tegangan pada prinsipnya yaitu melakukan pencuplikan tegangan yang mengalir masuk ke sistem pengukuran, cara kerja sensor tegangan ini yaitu sensor tegangan diletakan paralel terhadap jaringan sumber. Rangkaian ini pada initinya terdiri dari transformator step down berfungsi menurunkan tegangan, rangkaian penyearah,filter kapasitor, rangkaian pembagi tegangan [26].

Sensor tegangan DC merupakan rangkaian pembagi tegangan yang dibuat menjadi sebuah modul. Modul sensor tegangan DC ini mampu untuk mengukur tegangan hingga 25 V. Pada modul sensor tegangan DC yang ditunjukkan terdapat tiga pin. Pin S merupakan pin output sensor yang akan dihubungkan ke ADC arduino, pin + disambungkan ke 5 V arduino dan pin – dihubungkan ke ground arduino [27], seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.11**.



**Gambar 2.11** Sensor Tegangan DC [27]

Sensor ZMPT101B digunakan sebagai sensor tegangan AC yang dilengkapi dengan transformator yang dapat mengukur tegangan AC hingga 250 Volt. Sensor ini juga dilengkapi dengan multi turn potensiometer untuk menyesuaikan output ADC. Untuk mendapatkan hasil yang presisi digunakan metode regresi polynomial dengan parameter output ADC dengan input tegangan analog puncak [27], seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.12**.



**Gambar 2.12** Sensor Tegangan ZMPT101B [27]

### 2.13. Relay

Relay adalah sebuah saklar yang dikendalikan oleh arus. Relay memiliki sebuah kumparan tegangan rendah yang dililitkan pada sebuah inti. Terdapat sebuah armatur besi yang akan tertarik menuju inti apabila arus mengalir melewati kumparan. Armatur ini terpasang pada sebuah tuas berpegas. Ketika armatur tertarik menuju ini, kontak jalur bersama akan berubah posisinya dari kontak normal-tertutup ke kontak normal-terbuka. Relay dibutuhkan dalam rangkaian elektronika sebagai eksekutor sekaligus interface antara beban dan sistem kendali elektronik yang berbeda sistem power supplynya. Secara fisik antara saklar atau kontaktor dengan elektromagnet relay terpisah sehingga antara beban dan sistem kontrol terpisah [28].

Relay dapat digunakan untuk mengontrol motor AC dengan rangkaian kontrol DC atau beban lain dengan sumber tegangan yang berbeda antara tegangan rangkaian kontrol dan tegangan beban. Diantara aplikasi relay yang dapat ditemui diantaranya adalah : Relay sebagai kontrol ON/OFF beban dengan sumber tegang berbeda. Relay sebagai selektor atau pemilih hubungan. Relay sebagai eksekutor rangkaian delay (tunda) Relay sebagai protektor atau pemutus arus pada kondisi tertentu [28], seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.13**.



**Gambar 2.13** Modul Relay 4 Channel [28]

#### 2.14. Modul Wifi ESP8266

Modul *wireless* ESP8266 merupakan modul *low-cost* Wi-Fi dengan dukungan penuh untuk penggunaan TCP/IP. Modul ini di produksi oleh Espressif Chinese manufacturer. Pada tahun 2014, AI-Thinker manufaktur pihak ketiga dari modul ini mengeluarkan modul ESP-01, modul ini menggunakan AT-Command untuk konfigurasinya. Harga yang murah, penggunaan daya yang rendah dan dimensi modul yang kecil menarik banyak developer untuk ikut mengembangkan modul ini lebih jauh. Pada Oktober 2014, Espressif mengeluarkan software development kit (SDK) yang memungkinkan lebih banyak developer untuk mengembangkan modul ini. Modul ESP-01 memiliki form factor 2x4 DIL dengan dimensi 14,3 x 24,8 mm. Catu daya yang dibutuhkan adalah 3,3 volt [29]. Seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.14**.



**Gambar 2.14** Modul ESP8266-01 [29]

### 2.15. Logika Fuzzy

Logika fuzzy adalah metodologi sistem kontrol pemecahan masalah, yang cocok untuk diimplementasikan pada sistem, mulai sistem yang sederhana, sistem kecil, *embedded system*, jaringan PC, *multi-channel* atau *workstation* berbasis akuisisi data, dan sistem kontrol. Metodologi ini dapat diterapkan pada perangkat keras, perangkat lunak atau kombinasi keduanya. Dalam logika klasik dinyatakan bahwa segala sesuatu bersifat biner, yang artinya adalah hanya mempunyai dua kemungkinan, “Ya atau Tidak”, “Benar atau Salah”, “Baik atau Buruk”, dan lain-lain. Oleh karena itu, semua ini dapat mempunyai nilai keanggotaan 0 atau 1. Akan tetapi dalam logika fuzzy memungkinkan nilai keanggotaan diantara 0 dan 1. Logika fuzzy dapat digunakan dalam berbagai bidang, seperti sistem diagnosis penyakit dalam bidang kedokteran, pemodelan sistem pemasaran, riset operasi dalam bidang ekonomi, kendali kuantitas air, prediksi adanya gempa bumi dan klasifikasi serta pencocokan pola dalam bidang teknik [30].

Sistem fuzzy merupakan sebuah sistem yang didasarkan atas pengetahuan (*knowledge-based*) atau sistem yang didasarkan atas kaidah-kaidah aturan (*rule-based*). Sistem fuzzy sering digunakan sebagai kontroler yang sering disebut sebagai kontroler fuzzy. Terdapat tiga jenis sistem fuzzy [31], yaitu :

1. Sistem fuzzy murni yang masukannya dan keluarannya merupakan himpunan fuzzy, sehingga tidak dapat diterapkan pada sistem rekayasa masukan dan keluaran yang bernilai riil (*crisp*).
2. Sistem fuzzy Takagi-Sugeno-Kang (TSK) yang menggunakan nilai pada bagian konsewennya menggunakan pernyataan matematis sehingga bagian konsewennya itu tidak dapat memformulasikan pengetahuan manusia.
3. Sistem fuzzy dengan fuzzifier dan defuzzifier yang mengatasi segala kekurangan dua sistem yang lain yaitu dengan menambahkan bagian fuzzifikasi dan defuzzifikasi yang berturut-turut bertindak sebagai antarmuka dari nilai riil ke nilai fuzzy dan dari nilai fuzzy ke nilai riil (*crisp*).

Dari tiga jenis sistem fuzzy diatas, maka sistem fuzzy yang paling banyak digunakan dalam sistem rekayasa adalah sistem fuzzy dengan fuzzifier dan defuzzifier.

### **Fungsi keanggotaan**

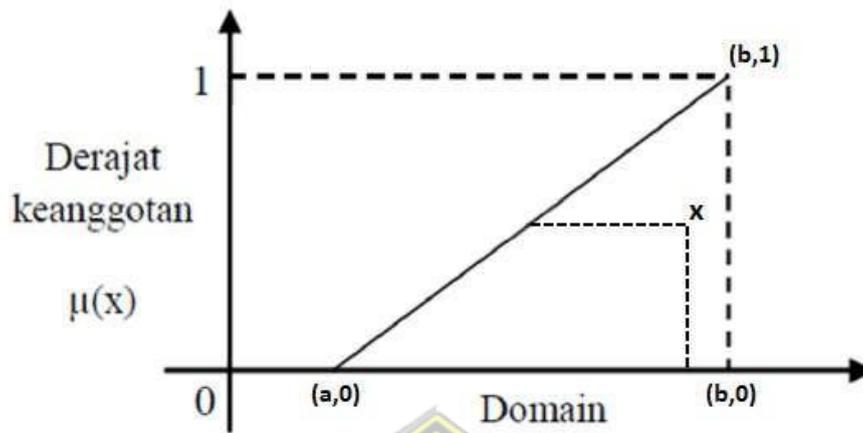
Fungsi keanggotaan (*membership function*) merupakan suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah menggunakan pendekatan fungsi.

Macam-macam fungsi keanggotaan.

- a. Fungsi keanggotaan Linear, mempunyai parameter a dan b dalam derajat keanggotaan pada representasi linear dapat digambarkan seperti suatu garis lurus. Dalam himpunan fuzzy linear terdapat dua keadaan yaitu linear turun dan linear naik. ada dua keadaan himpunan fuzzy linear [32]

- 1) Representasi Linier

Pada representasi linier, pemetaan input ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Ada dua keadaan himpunan fuzzy linier. Pertama yaitu representasi linier naik dimana kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol (0) bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi. Representasi linier naik ditunjukkan pada Gambar 2.15.

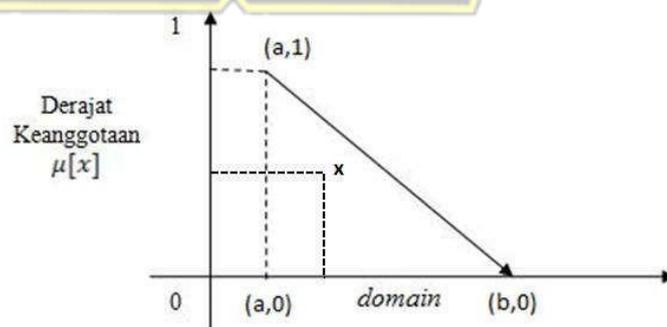


**Gambar 2.15** Fungsi Keanggotaan Linier Naik[32]

Fungsi Keanggotaan Kurva Linier Naik

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \dots\dots\dots(2.8)$$

Selanjutnya fungsi keanggotaan linier turun dimana garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah. Representasi linier turun ditunjukkan pada Gambar 2.16.



**Gambar 2.16** Representasi Linier Turun[32]

Fungsi keanggotaan representasi linier turun dapat dilihat pada Persamaan 2.2 [32] berikut :

$$\mu[x] = \begin{cases} 1; & \\ \frac{b-x}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \dots\dots\dots(2.9)$$

Fungsi keanggotaan segitiga, mempunyai parameter a, b, dan c dengan formulasi segitiga (x: a, b, c) yang pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (*linier*). Gambar 2.12 Menunjukkan fungsi keanggotaan segitiga.



Gambar 2.17 Fungsi Keanggotaan Segitiga [32]

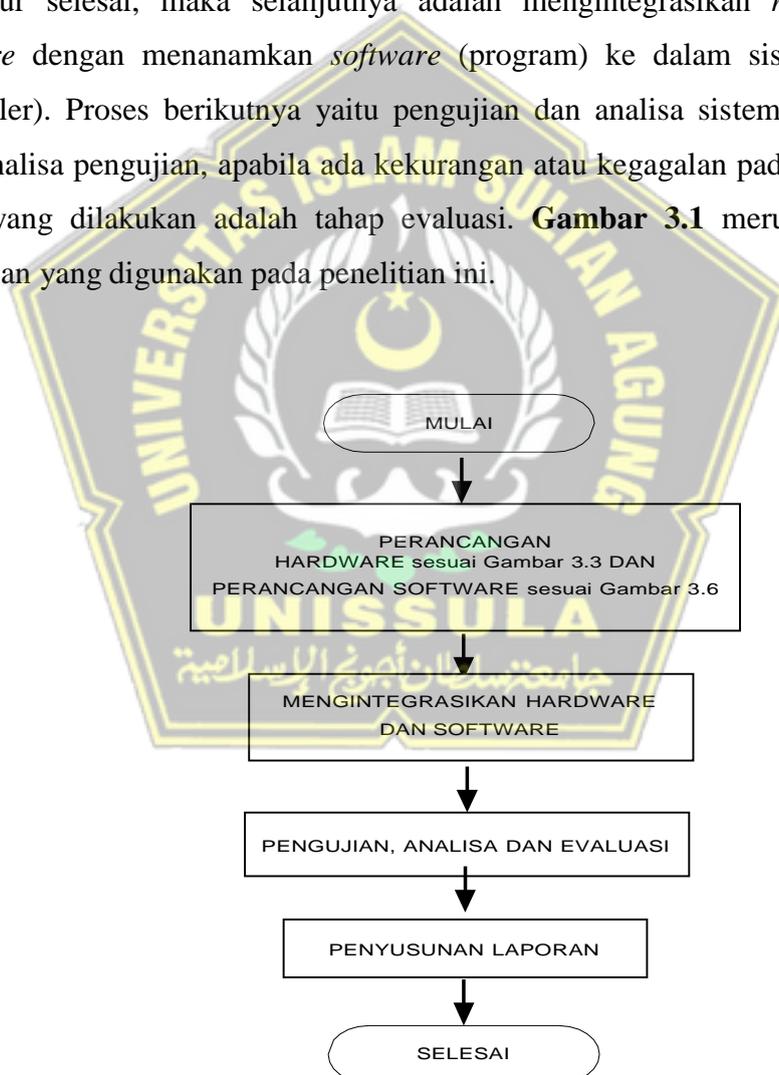
Fungsi Keanggotaan Kurva Segitiga:

$$\mu(x; a, b, c) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ \frac{(c-x)}{(c-b)}; & b \leq x \leq c \end{cases} \dots\dots\dots(2.10)$$

## BAB III METODOLOGI

### 3.1. Desain Penelitian

Tahapan proses dalam pengerjaan sistem yang akan dibuat yaitu melakukan studi pustaka terlebih dahulu. Tahap berikutnya adalah membuat konsep dari sistem keseluruhan. Tahapan ini meliputi perancangan arsitektur sistem *hardware* dan *software* yang dibutuhkan secara spesifik. Setelah tahapan perancangan arsitektur selesai, maka selanjutnya adalah mengintegrasikan *hardware* dan *software* dengan menanamkan *software* (program) ke dalam sisten *hardware* (kontroler). Proses berikutnya yaitu pengujian dan analisa sistem. Berdasarkan hasil analisa pengujian, apabila ada kekurangan atau kegagalan pada kerja sistem maka yang dilakukan adalah tahap evaluasi. **Gambar 3.1** merupakan desain penelitian yang digunakan pada penelitian ini.



**Gambar 3.1** Desain Penelitian

### 3.2. Alat dan Bahan

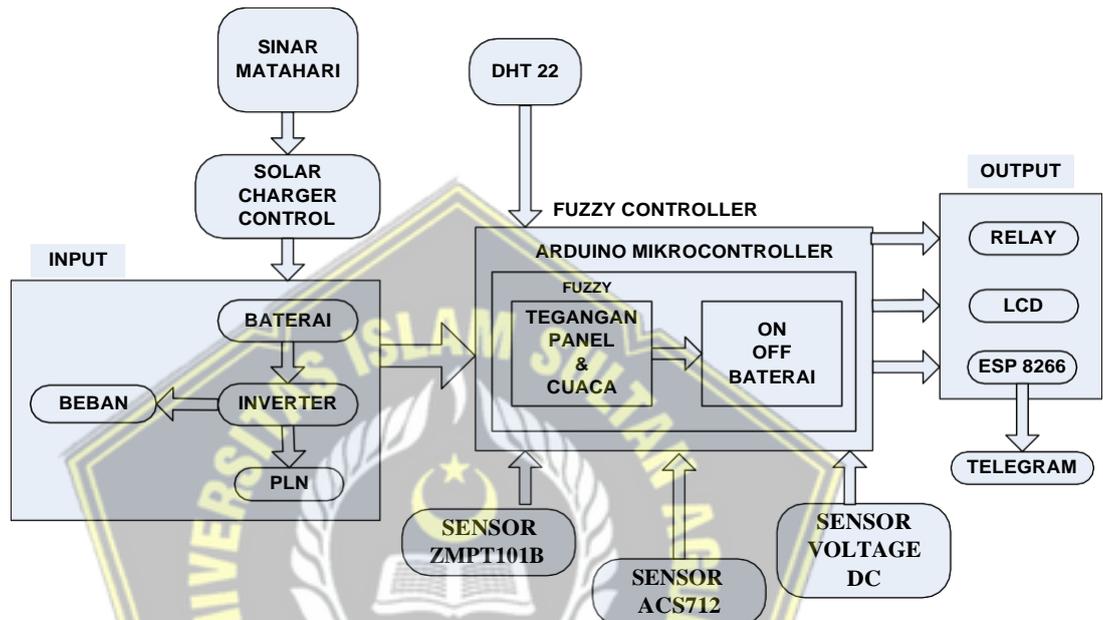
Dalam penelitian ini dibutuhkan beberapa bahan dan peralatan berupa *hardware* dan *software*. Berikut ini dijelaskan peralatan *hardware* dan *software* yang digunakan selama penelitian dilakukan, yaitu :

1. Laptop
2. *Software* IDE Arduino
3. Modul Arduino Uno
4. *Photovoltaic* (PV)
5. ESP8266
6. *Battery* 12 – 24 V
7. *Inverter* DC-AC
8. Modul Relay 5 Volt DC
9. *Solar Charger Controller*
10. LCD Karakter 16 X 2
11. *Buck Converter*
12. RTC (*Real Time Clock*)
13. Modul Sensor Tegangan AC 220V ZMPT101B
14. Modul Sensor Arus ACS712
15. Modul Sensor Tegangan DC
16. Modul Sensor DHT22
17. Kabel Jumper
18. Kabel Data USB
19. Toolset

### 3.3. Prosedur Penelitian

Sistem kontrol daya otomatis pada jaringan DC-AC-DC berbasis Mikrokontroler. Sistem yang dirancang menggunakan kombinasi dari beberapa perangkat keras terdiri dari mikrokontroler Arduino Uno yang berfungsi sebagai pusat kendali sistem monitoring, modul sensor tegangan AC 220V ZMPT101B, modul sensor tegangan DC, modul sensor arus ACS712, relay AC, inverter, modul sensor DHT22, photovoltaic (PV), baterai dan ESP8266. **Gambar 3.2** merupakan gambaran model dari Sistem kontrol daya otomatis pada jaringan DC-

AC-DC berbasis Mikrokontroler. Sementara itu sistem komunikasi antara kontroler dengan webserver (internet) pada sistem kontrol daya otomatis pada jaringan DC-AC-DC pada penelitian ini menggunakan komunikasi berbasis telegram.

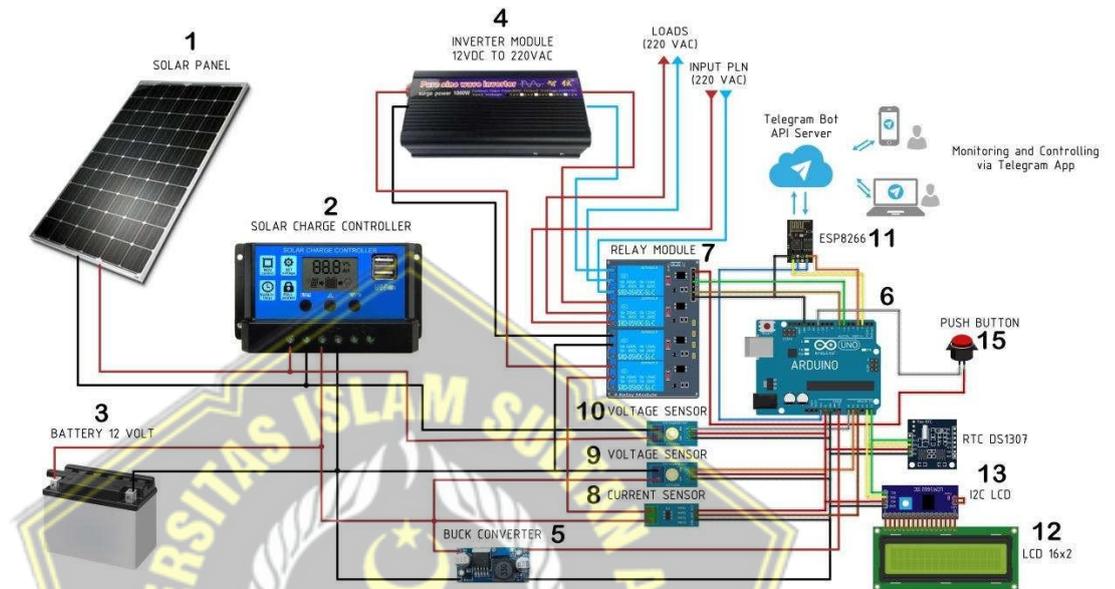


**Gambar 3.2** Gambaran model

Berdasarkan gambaran model pada **Gambar 3.2**, kondisi tegangan yang tidak stabil dari PLTS ke baterai sehingga diperlukan kontroler yang cerdas sesuai kondisi lingkungan berupa parameter cuaca yang dimaksud yaitu nilai suhu dan kelembaban udara disekitar panel surya. Sensor tegangan dan arus akan membaca data tegangan dan arus DC hasil output dari Photovoltaic (PV). Sistem ini memonitoring data tegangan dan arus AC hasil output dari inverter. Pengiriman data dari sensor dilakukan melalui koneksi internet menggunakan modul ESP8266. Data sensor bisa diakses melalui aplikasi telegram menggunakan PC maupun smartphone.

### 3.4. Perancangan Rangkaian Hardware

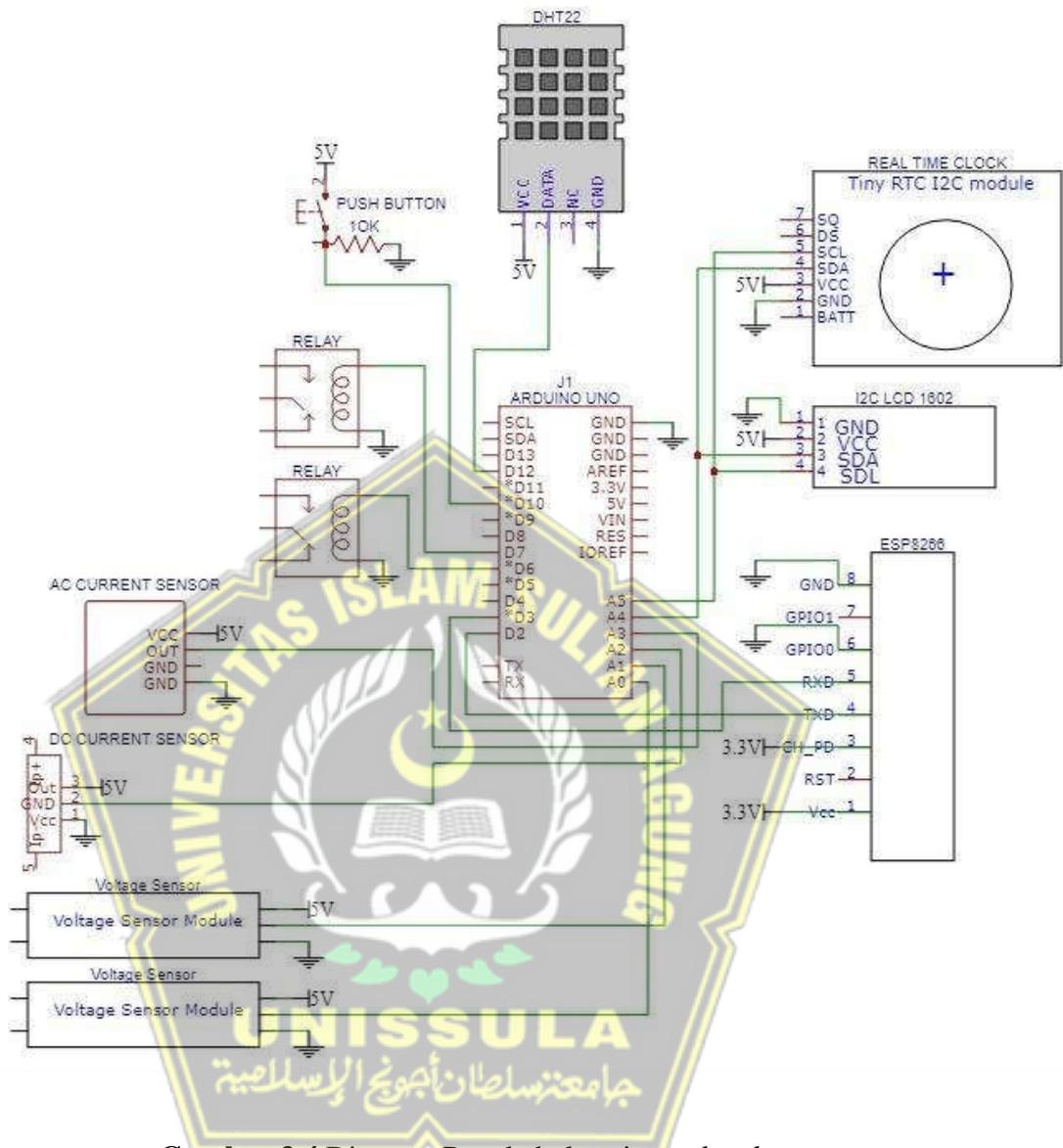
Pembuatan detail rangkaian *hardware* merupakan salah satu proses dalam tahap desain *hardware*. Detail rangkaian *hardware* seperti ditunjukkan pada **Gambar 3.3**.



**Gambar 3.3** Detail Rangkaian *Hardware*

### 3.4.1. Diagram Pengkabelan *Hardware*

Pembuatan diagram pengkabelan (*wiring diagram*) merupakan salah satu proses dalam tahap desain *hardware*. Dalam hal ini untuk mempermudah dalam mengintegrasikan beberapa bagian *hardware* serta antarmuka input-output (IO) pada modul kontroler (Arduino Uno). Disajikan pada **Gambar 3.4**.



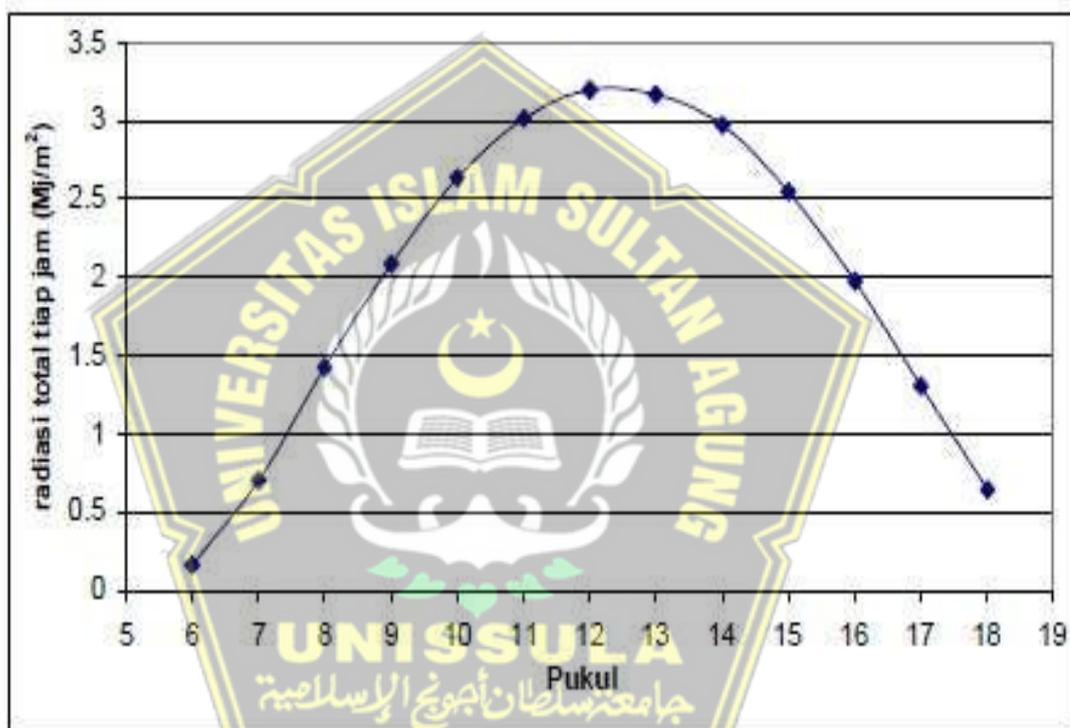
**Gambar 3.4** Diagram Pengkabelan sistem *hardware*

### 3.4.2. Skenario Implementasi dan Pengujian

- a. PV Panel menerima foton sinar matahari.

Konstanta radiasi matahari sebesar 1353 W/m dikurangi intensitasnya oleh penyerapan dan pemantulan oleh atmosfer sebelum mencapai permukaan bumi. Ozon di atmosfer menyerap radiasi dengan panjang-gelombang pendek (ultraviolet) sedangkan karbon dioksida dan uap air menyerap sebagian radiasi

dengan panjang gelombang yang lebih panjang (inframerah). Selain pengurangan radiasi bumi yang langsung atau sorotan oleh penyerapan tersebut, masih ada radiasi yang dipencarkan oleh molekul-molekul gas, debu, dan uap air dalam atmosfer sebelum mencapai bumi yang disebut sebagai radiasi sebaran. Besarnya radiasi harian yang diterima permukaan bumi ditunjukkan pada grafik **Gambar 3.5**. Pada waktu pagi dan sore radiasi yang sampai permukaan bumi intensitasnya kecil [33].



**Gambar 3.5.** Grafik Radiasi Harian Matahari [29]

Hasil pengujian panel solar 50 Wp dan inverter dan pengisi bataerai Battery Charge) [33] didapat beberapa simpulan bahwa intensitas matahari terendah yang terjadi pada pukul 18.00 sebesar 20100 lumen masih menghasilkan daya sebesar 6,8 Watt. intensitas tertinggi selama pengujian selama 6 hari yaitu 115.200 lumen terjadi pada saat hari kelima antara jam 13.00 – 14.00. Pada saat itu sel surya mampu menghasilkan tengangan 19,6 Volt dan Arus 0,36 Ampere. Maka alat yang dirancang akan dilakukan pengujian selama 6 hari dengan waktu pengujian dari jam

06.00 pagi sampai jam 18.00 sore, yang mana hasil pengujian ini untuk mendapatkan waktu penggunaan pengoprasian sistem PV panel yang optimal.

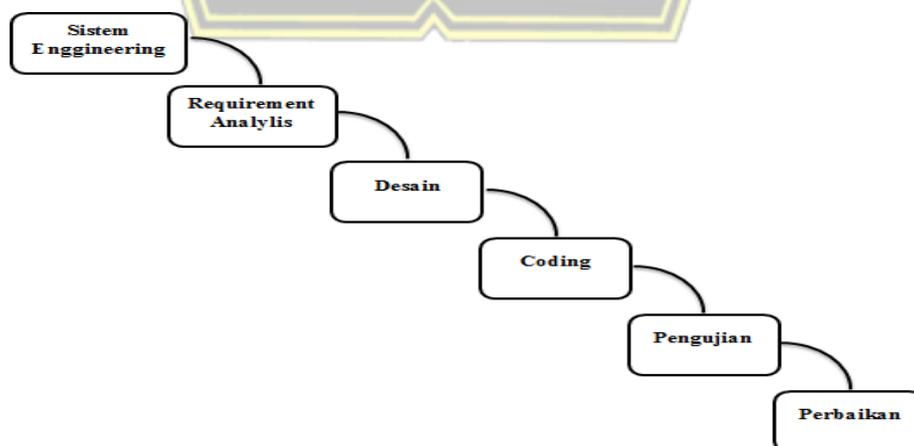
- b. Sel surya adalah suatu alat semikonduktor yang mengkonversi cahaya ke dalam listrik. Konversi ini disebut efek photovoltaic, dengan kata lain efek photovoltaic adalah fenomena dimana suatu sel photovoltaic dapat menyerap energi cahaya dan mengubahnya menjadi energi listrik. Efek photovoltaic adalah suatu fenomena munculnya voltase listrik akibat kontak dua elektroda yang menghubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat diexpose di bawah energi cahaya. Daya listrik yang dihasilkan oleh sel surya merupakan hasil perkalian dari tegangan keluaran dengan banyaknya electron yang mengalir atau besarnya arus alat yang dirancang akan menampilkan data berupa besar daya yang terpakai beban.
- c. Daya listrik yang dihasilkan oleh sel surya kemudian disimpan ke baterai. Energi yang disimpan pada baterai berfungsi sebagai cadangan (back up), yang biasanya dipergunakan pada saat panel surya tidak menghasilkan energi listrik, contohnya pada saat malam hari atau pada saat cuaca mendung, selain itu tegangan keluaran ke sistem cenderung lebih stabil. Satuan kapasitas energi yang disimpan pada baterai adalah ampere hour (Ah), yang diartikan arus maksimum yang dapat dikeluarkan oleh baterai selama satu jam. Namun dalam proses pengosongan (discharger), baterai tidak boleh dikosongkan hingga titik maksimumnya, hal ini dikarenakan agar baterai dapat bertahan lebih lama usia pakainya (life time), atau minimal tidak mengurangi usia pakai yang ditentukan dan pabrikan. Batas pengosongan dan baterai sering disebut dengan istilah depth of discharge (DOD), yang dinyatakan dalam satuan persen, biasanya ditentukan sebesar 80%. Pada perancangan alat ini menggunakan baterai dengan ukuran kapasitas 9 Ah dengan tegangan 12 Volt.
- d. Inverter akan bekerja dengan mikrokontroler untuk perubahan tegangan DC (*direct current*) ke tegangan AC (*alternating current*) & tegangan DC (*direct current*). Inverter merupakan perangkat elektrik yang

mengkonversikan tegangan searah (*direct current*) menjadi tegangan bolak-balik (*alternating current*). Inverter yang digunakan dalam perancangan alat ini adalah Inverter Pure Sine Wave Gelombang Sinus Murni DC 12V to AC 220V 1000W.

- e. Relay akan mengaktifkan sensor arus dan tegangan untuk melakukan pengukuran parameter daya listrik yaitu parameter arus dan parameter tegangan. Selain itu relay juga berfungsi sebagai saklar pemicu untuk mode sistem kontrol yang dirancang yaitu mode manual, mode auto, mode baterai on serta mode baterai off.
- f. Display yang digunakan adalah LCD karakter tipe 16 x 2 dan via media sosial yaitu Telegram. Data parameter daya listrik dikirim ke telegram dengan sistem Internet of Things (*IoT*) menggunakan ESP8266.
- g. Kontrol kinerja:
  - 1. Kontrol kinerja PV dipantau dari data hasil pengisian baterai dengan berdasarkan waktu penggunaan.
  - 2. Pengukuran arus dan tegangan daya keluaran panel tanpa menggunakan beban dan pengukuran arus dan tegangan daya keluaran panel dengan beban, yaitu Lampu LED 5 watt dan Mesin Gerinda Tangan.

### 3.4.3. Perancangan Software

Perancangan software terdiri dari water fall diagram dan perancangan program keseluruhan yang di tunjukkan pada **Gambar 3.6.** dan **Gambar 3.7.**

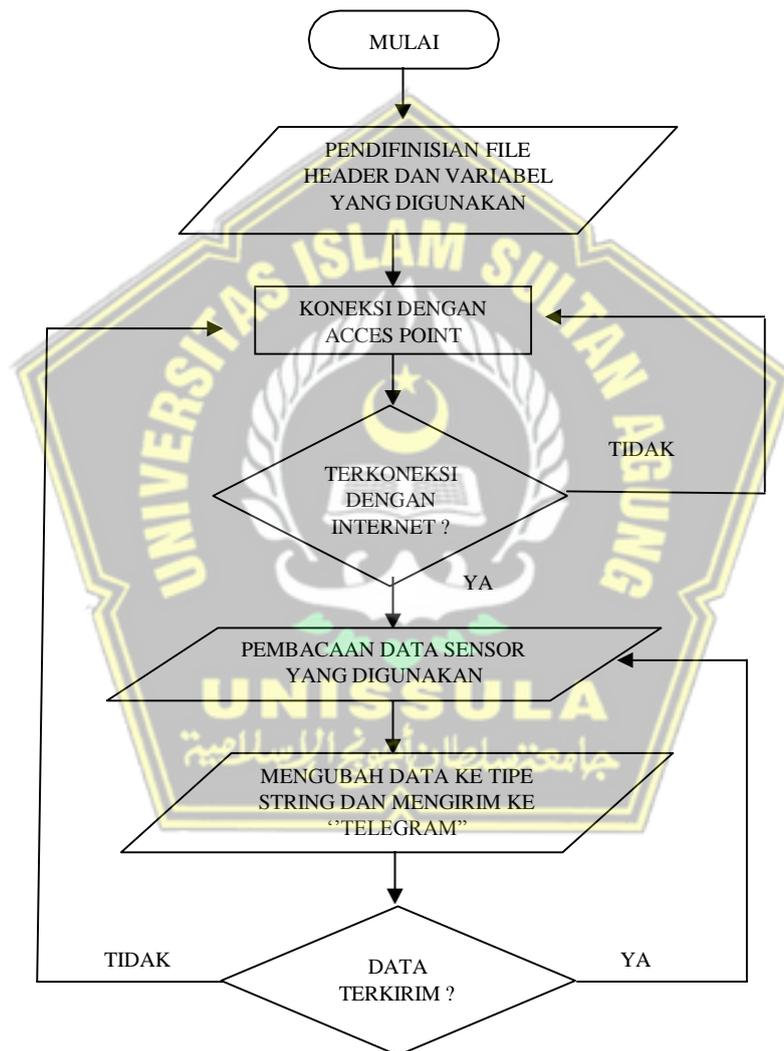


**Gambar 3.6** Water Fall Diagram

1. Sistem Engineering yang dirancang terdiri dari sistem monitoring dan sistem kontrolling. Sistem monitoring yang didesain menggunakan media sosial (Telegram) untuk pemantauan data parameter listrik PV panel secara realtime. Sistem kontrol dirancang untuk mengontrol PV panel dalam bentuk mode manual dan otomatis serta sistem kontrol on/off baterai.
2. Requirement Analysis terdiri dari 3 sistem yaitu interfase, IoT dan telegram. Untuk sistem interfase monitoring menggunakan telegram dan LCD 16x2. Modul ESP 8266 berfungsi sebagai modul wifi sehingga data sensor bisa dikirimkan melalui jaringan internet ke sistem interfase yang dirancang. Monitoring IoT yang digunakan yaitu telegram.
3. Desain sistem monitoring terdiri dari Arduino Uno sebagai kontroler, modul wifi ESP8266 untuk pengiriman data parameter listrik menggunakan jaringan internet berbasis telegram dan modul sensor tegangan DC, modul sensor ZMPT101B dan modul sensor Arus ACS712 sebagai sensor untuk mendeteksi parameter daya listrik dari PV panel.
4. Coding yang dirancang menggunakan pemrograman bahasa “C” Arduino dengan Software IDE Arduino.
5. Pengujian Black-Box merupakan Teknik pengujian perangkat lunak yang berfokus pada spesifikasi fungsional dari perangkat. Pengujian Black-Box bekerja dengan mengabaikan struktur kontrol sehingga perhatiannya difokuskan pada informasi domain. Pengujian Black-Box memungkinkan pengembangan software untuk membuat himpunan kondisi input yang akan melatih seluruh syarat-syarat fungsional suatu program
6. Perbaikan Evaluasi / Validasi data berdasarkan dari pengujian hardware yang dirancang serta dari hasil pengujian software dengan metode Black-box.

Pada program keseluruhan yang ditunjukkan pada **Gambar 3.7**. Proses definisi file header dan variabel yang digunakan merupakan alur tahapan proses program yang pertama kali dijalankan. Proses selanjutnya yaitu Proses koneksi Internet menggunakan Acces Point. Jika proses koneksi Internet sudah berhasil maka akan dilakukan tahapan pembacaan data-data dan sensor

yang digunakan seperti Sensor Arus dan Sensor Tegangan. Data-data yang dihasilkan dari sensor kemudian digabungkan dan diubah menjadi tipe data “String” perubahan tipe data ini bertujuan untuk mempermudah proses pengiriman data ke Aplikasi Sosial media yaitu Telegram. Fungsi Telegram sendiri adalah sebagai media penampilan data-data yang dikirimkan dari sensor-sensor.



**Gambar 3.7** Flowchart Program Keseluruhan

### 3.5. Sistem Kontrol Panel Daya berbasis Fuzzy Logic

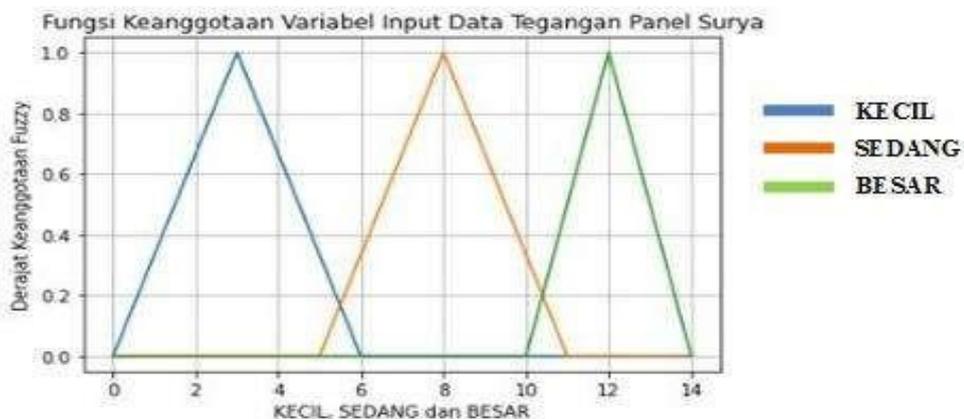
Untuk dapat mengontrol tegangan baterai switch ke PLN maka digunakan 2 variabel input, input tegangan panel dan input kondisi cuaca dan didapatkan Output berupa tegangan baterai yang mana nanti nya switch ke PLN. Masukan data berupa tegangan panel dan kondisi cuaca dipakai sebagai variabel masukan logika fuzzy sugeno orde nol.

#### Tahap Ke 1 : Fuzzifikasi

Variabel masukan dari fuzzy logic kontrol daya memiliki 2 variabel input terdiri dari variabel tegangan panel dan variabel kondisi cuaca. Variabel tegangan panel beranggotakan besar kecil nya tegangan sedangkan variabel kondisi cuaca beranggotakan cerah dan lembab nya cuaca. Berdasarkan **Tabel 3.1** terdapat Dua fungsi keanggotaan variabel input tegangan panel surya yaitu kecil dan besar. **Gambar 3.8** menunjukkan fungsi keagotaan variabel masukan (input) dari jarak yang direpresentasikan dengan kurva segitiga.

**Tabel 3.1** Variabel Input Data Tegangan Panel Surya

Variabel Input Tegangan Panel (V)	Keanggotaan Tegangan Panel (Volt)
Kecil	0 – 6 Volt
Sedang	5 – 11 Volt
Besar	10 – 13 Volt



**Gambar 3.8** Grafik Fungsi Keanggotan Tegangan Panel Surya

Dimana nilai fungsi keanggotaan kurva segitiga dapat dicari dengan persamaan (3.4) berikut :

$$\mu_{Tk}(x; 0,3,6) = \begin{cases} 0; & x \leq 0 \text{ atau } x \geq 6 \\ \frac{(s-0)}{(3-0)}; & 0 \leq x \leq 3 \\ \frac{(6-s)}{(6-3)}; & 3 \leq x \leq 6 \end{cases} \dots\dots\dots(3.4)$$

$$\mu_{Ts}(x; 5,8,11) = \begin{cases} 0; & x \leq 5 \text{ atau } x \geq 11 \\ \frac{(s-5)}{(8-5)}; & 5 \leq x \leq 8 \\ \frac{(11-s)}{(11-8)}; & 8 \leq x \leq 11 \end{cases} \dots\dots\dots(3.4)$$

$$\mu_{Tb}(x; 10,12,14) = \begin{cases} 0; & x \leq 10 \text{ atau } x \geq 14 \\ \frac{(s-10)}{(12-10)}; & 10 \leq x \leq 12 \\ \frac{(14-s)}{(14-12)}; & 12 \leq x \leq 14 \end{cases} \dots\dots\dots(3.4)$$

Dimana nilai fungsi keanggotaan kurva segitiga untuk cuaca dapat dicari dengan persamaan (3.4) berikut :

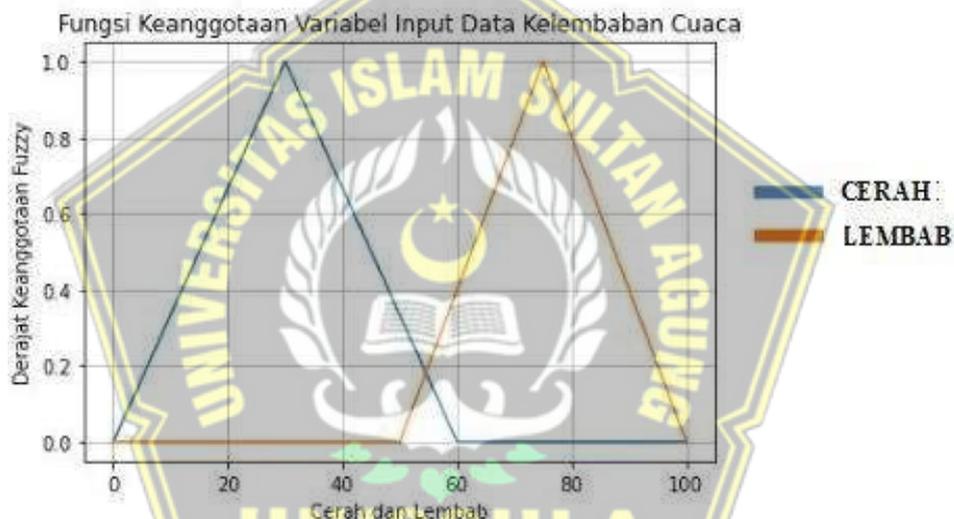
$$\mu_{Cc}(x; 0,30,60) = \begin{cases} 0; & x \leq 0 \text{ atau } x \geq 60 \\ \frac{(x-0)}{(30-0)}; & 0 \leq x \leq 30 \\ \frac{(60-x)}{(60-30)}; & 30 \leq x \leq 60 \end{cases}$$

$$\mu_{Cl}(x; 50,75,100) = \begin{cases} 0; & x \leq 50 \text{ atau } x \geq 100 \\ \frac{(x-50)}{(75-50)}; & 50 \leq x \leq 75 \\ \frac{(75-x)}{(100-75)}; & 75 \leq x \leq 100 \end{cases}$$

Variabel input tegangan merupakan nilai tegangan dari *panel surya*. **Tabel 3.2 dan Gambar 3.9** menunjukkan fungsi keanggotaan variabel input cuaca yang direpresentasikan dengan kurva segitiga.

**Tabel 3.2** Variabel Input Cuaca (%)

Variabel Input Cuaca	Keanggotaan
Cerah	0 – 60%
Lembab	50% - 100%

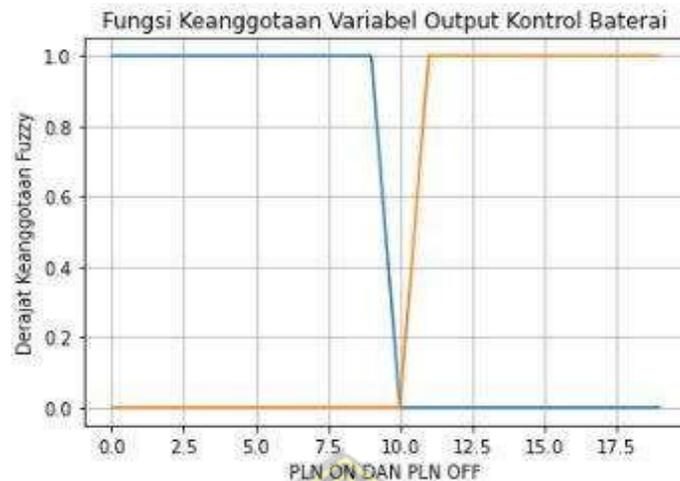


**Gambar 3.9** Grafik Fungsi Keanggotaan Data Kelembaban Cuaca

Variabel keluaran (output) mempunyai dua keanggotaan yaitu “PLN ON” dan “PLN OFF” yang di deskripsikan pada **Tabel 3.3. Gambar 3.10** menunjukkan fungsi keagotaan variabel keluaran kontrol baterai yang direpresentasikan menggunakan kurva bahu.

**Tabel 3.3** Variabel Output Kontrol Baterai

Variabel Output Kontrol Baterai	Keanggotaan
PLN (ON)	0 – 10Volt
PLN (OFF)	10 – 13 Volt



**Gambar 3.10** Grafik Fungsi Keanggotaan Output Kontrol Baterai

$$\mu_{\text{Pon}}(z; 0,10) = \begin{cases} 1; & 0 \leq z \leq 10 \\ 0; & z \geq 11 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Poff}}(z; 11,13) = \begin{cases} 0; & z \leq 11 \\ 1; & 11 < z \leq 13 \end{cases}$$

### Tahap Ke 2 : Rule

Pembentukan basis pengetahuan fuzzy direperenstasikan dengan kumpulan rule-rule dalam bentuk pernyataan IF – THEN. Rule dari sistem fuzzy Kontrol Panel Daya yaitu sebagai berikut :

- [A1] IF Tegangan Panel Kecil And Cuaca Lembab Then PLN ON
- [A2] IF Tegangan Panel Kecil And Cuaca Cerah Then PLN ON
- [A3] IF Tegangan Panel Sedang And Cuaca Lembab Then PLN ON
- [A4] IF Tegangan Panel Sedang And Cuaca Cerah Then PLN OFF
- [A5] IF Tegangan Panel Besar And Cuaca Lembab Then PLN OFF
- [A6] IF Tegangan Panel Besar And Cuaca Cerah Then PLN OFF

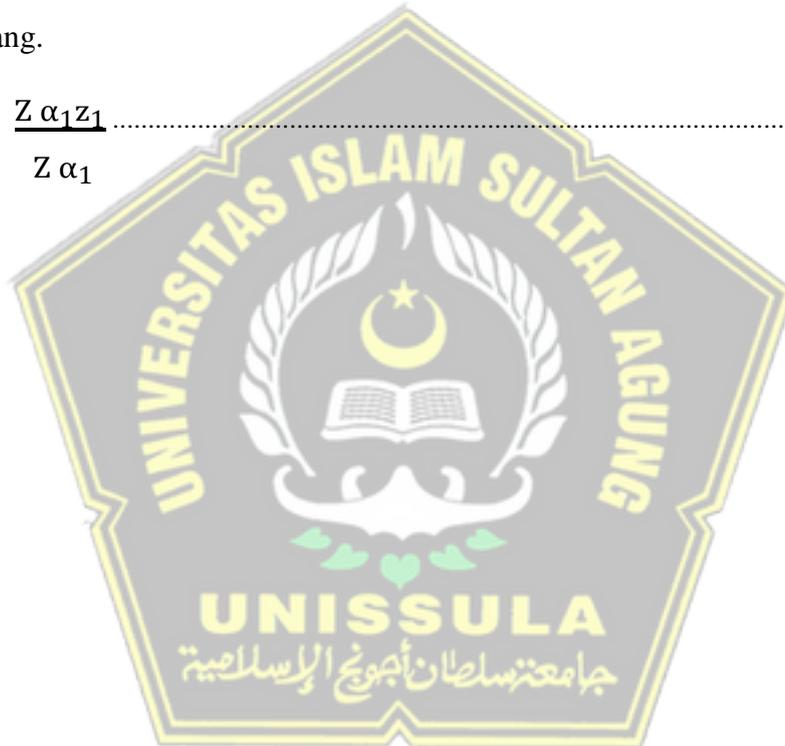
### Tahap Ke 3 : Mesin Inferensi

Fungsi implikasi dari komposisi antar rule menggunakan fungsi MIN yang digunakan untuk mendapatkan nilai  $\alpha$  – predikat tiap tiap rule ( $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_k$ ). Kemudian masing-masing nilai  $\alpha$  – predikat digunakan untuk menghitung keluaran hasil inferensi secara tegas (*crisp*) masing masing rule ( $z_1, z_2, z_3, z_k$ ).

#### Tahap Ke 4 : Defuzzikasi

Penegasan (defuzzifikasi) menggunakan metode rata-rata (*average*) yang bisa dihitung seperti pada persamaan (3.5) [34]. Dari hasil defuzzifikasi diharapkan dapat mengetahui valid atau tidak nya sistem *kontrol baterai* yang dirancang.

$$z^* = \frac{\sum \alpha_i z_i}{\sum \alpha_i} \dots\dots\dots (3.5)$$



## BAB IV

### PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Pengujian Hardware

##### 4.1.1. Pengujian Arduino Uno

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah board Arduino Uno dapat mengeluarkan sinyal keluaran pada pin yang digunakan sebagai sampel pengujian. Pengujian ini dilakukan dengan cara memprogram Arduino Uno dengan perintah memberikan sinyal keluaran berupa digital flip-flop melalui pin D4 dan D5 dengan interval waktu 500ms, kemudian mengukur output tegangan pada pin D4 dan D5 menggunakan Osiloscope. Hasil pengujian board arduino mega akan ditampilkan pada **Gambar 4.1**.



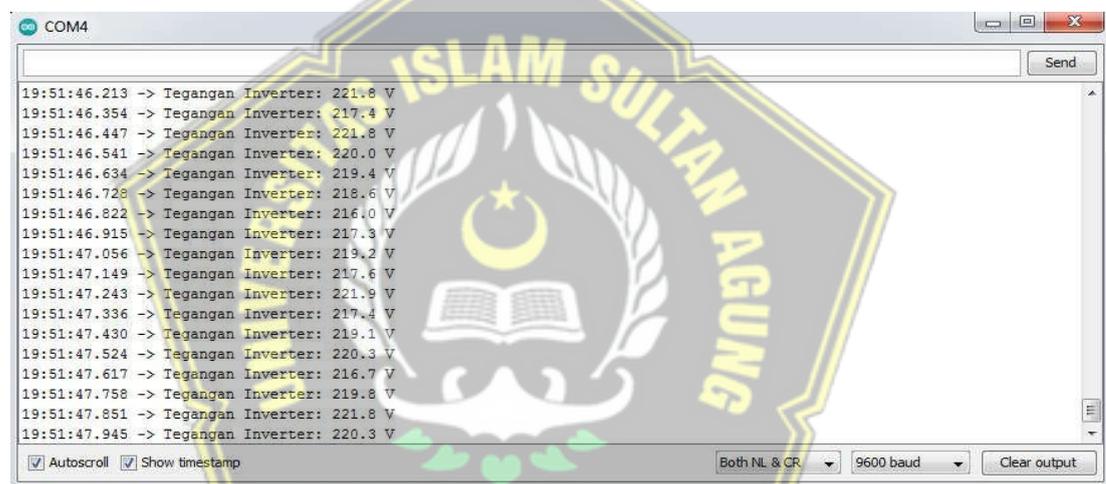
**Gambar 4.1** Pengujian Board Arduino Uno

##### 4.1.2. Pengujian Sensor Tegangan

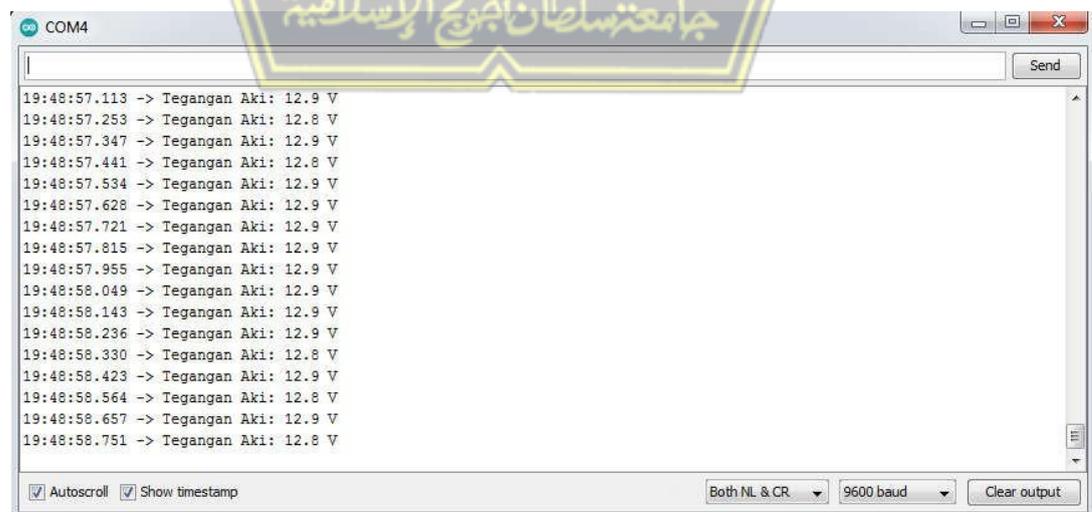
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah program Sensor Tegangan yang ditanamkan pada Arduino Uno dapat berfungsi membaca data pada modul Sensor Tegangan atau tidak. Pengujian program Sensor Tegangan dilakukan dengan beberapa langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menyiapkan modul Sensor Tegangan, Board Arduino Uno, PC, Software IDE Arduino serta kabel jumper.
2. Menghubungkan modul Sensor Tegangan ke Board Arduino Uno menggunakan kabel jumper. Pin Data pada Sensor Tegangan ke pin A0 pada Board Arduino Uno.
3. Menghubungkan Arduino Uno ke PC, kemudian mengupload program example Sensor Tegangan ke Board arduino Uno menggunakan software IDE Arduino.
4. Membuka Serial monitor pada IDE Arduino untuk melihat data berupa Angka.
5. Mengamati data Angka yang ditampilkan di halaman serial monitor.

Hasil pengujian program Sensor Tegangan ditunjukkan pada **Gambar 4.2**.



**Gambar 4.2** pengujian tegangan inverter



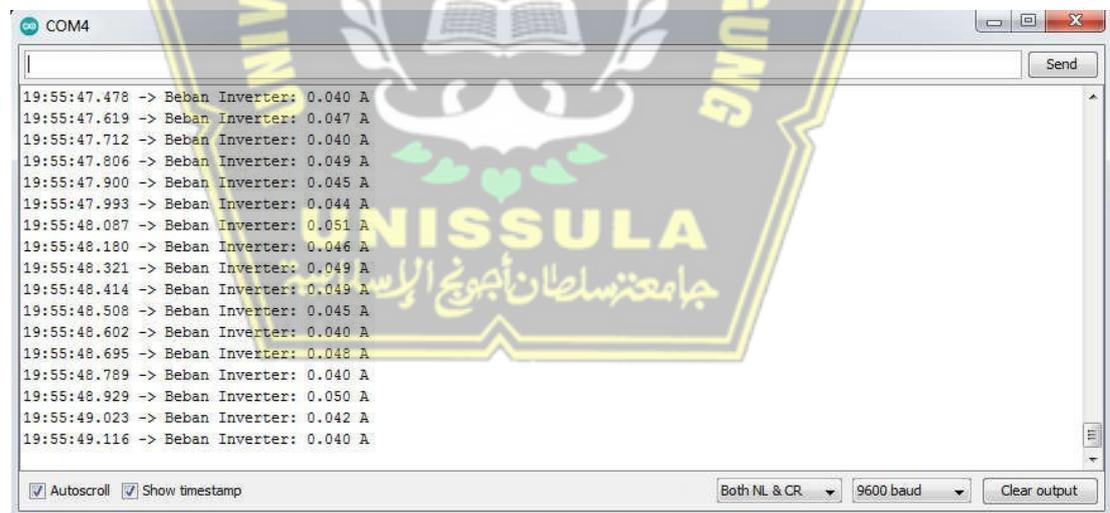
**Gambar 4.3** pengujian tegangan aki

### 4.1.3. Pengujian Sensor Arus

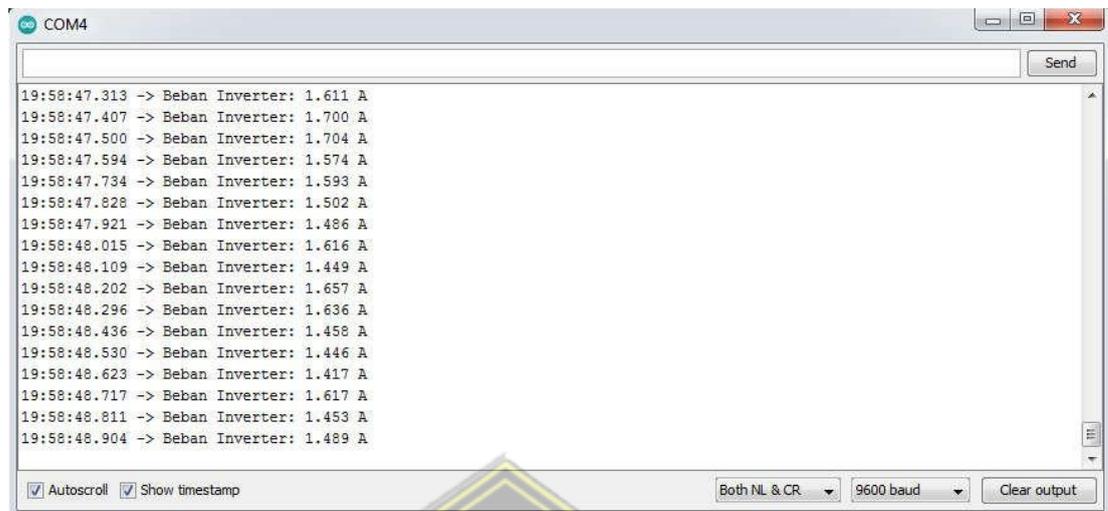
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah program Sensor Arus yang ditanamkan pada Arduino Uno dapat berfungsi membaca data pada modul Sensor Arus atau tidak. Pengujian program Sensor Arus dilakukan dengan beberapa langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menyiapkan modul Sensor Arus, Board Arduino Uno, PC, Software IDE Arduino serta kabel jumper.
2. Menghubungkan modul Sensor Arus ke Board Arduino Uno menggunakan kabel jumper. Pin Out pada Sensor Arus ke pin A3 pada Board Arduino Uno.
3. Menghubungkan Arduino Uno ke PC, kemudian mengupload program example Sensor Arus ke Board arduino Uno menggunakan software IDE Arduino.
4. Membuka Serial monitor pada IDE Arduino untuk melihat data berupa Angka.
5. Mengamati data Angka yang ditampilkan di halaman serial monitor.

Hasil pengujian program Sensor Arus ditunjukkan pada **Gambar 4.4**.



**Gambar 4.4** pengujian arus beban lampu



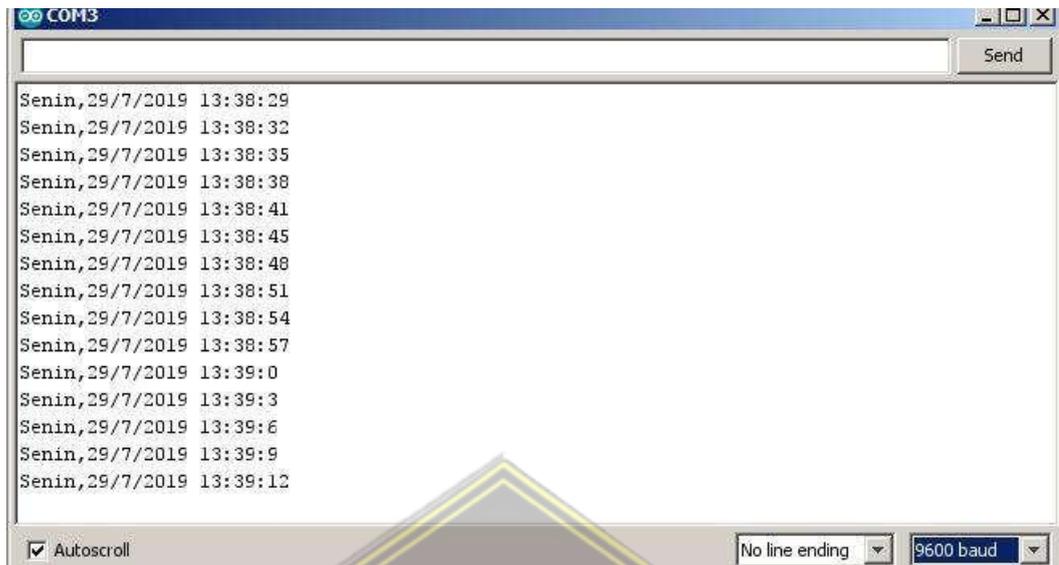
**Gambar 4.5** pengujian arus beban mesin bor tangan

#### 4.1.4. Pengujian Program RTC

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah program RTC yang ditanamkan pada Arduino Uno dapat berfungsi membaca data tanggal dan jam pada modul RTC atau tidak. Pengujian program RTC dilakukan dengan beberapa langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menyiapkan modul RTC, Board Arduino Uno, PC, Software IDE Arduino serta kabel jumper.
2. Menghubungkan modul RTC ke Board Arduino Uno menggunakan kabel jumper. Pin SDA dan SCL pada RTC ke pin SDA dan SCL pada Board Arduino Uno.
3. Menghubungkan Arduino Uno ke PC, kemudian mengupload program example RTC ke Board arduino Uno menggunakan software IDE Arduino.
4. Membuka Serial monitor pada IDE Arduino untuk melihat data waktu dan tahun.
5. Mengamati data waktu dan tahun yang ditampilkan di halaman serial monitor.

Hasil pengujian program RTC ditunjukkan pada **Gambar 4.6**.



**Gambar 4.6** Hasil pengujian program RTC

#### 4.1.5. Pengujian Modul ESP 8266

Pengujian modul wifi dilakukan dengan cara melakukan uji kinerja dan melakukan tes terhadap aplikasi pada perangkat tersebut. Pengujian terhadap aplikasi android smartphone menggunakan perangkat android dengan sistem operasi 6.0 Marshmallow. Komunikasi antara perangkat dan sistem adalah secara wireless dengan menggunakan wifi pada jaringan lokal dengan memanfaatkan modul wifi ESP8266 sebagai akses point dan Arduino Uno sebagai kontroler.

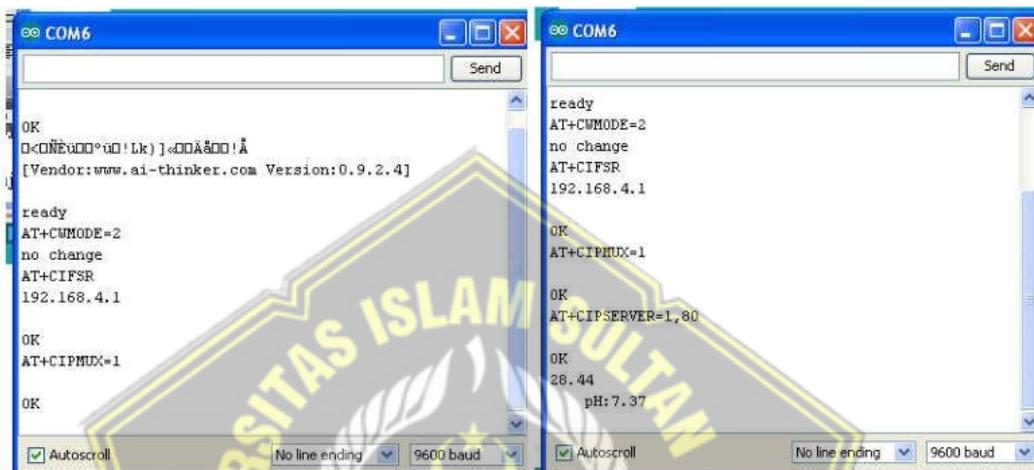
Pengujian dilakukan dengan memasukan beberapa perintah kedalam modul wifi ESP 8266 melalui komunikasi serial menggunakan perintah AT Command. Perintah AT command dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

**Tabel 4.1** Perintah AT Command Pada Modul Wifi ESP8266

Perintah AT Command	Keterangan
AT+RST	reset module
AT+CWMODE	configure as access point
AT+CIPSERVER	turn on server on port 80
AT+CIPMUX=1	configure for multiple connections

AT+CIFSR	get ip address
----------	----------------

**Gambar 4.7** menunjukkan hasil eksekusi perintah AT command pada ESP 8266 menggunakan serial monitor pada arduino IDE.



**Gambar 4.7** Hasil Eksekusi Perintah AT Command pada Arduino IDE

## 4.2. Pengujian Software

### 4.2.1. Pengujian Black-box

Pengujian Black-Box merupakan Teknik pengujian perangkat lunak yang berfokus pada spesifikasi fungsional dari perangkat. Pengujian Black-box bekerja dengan mengabaikan struktur kontrol sehingga perhatiannya difokuskan pada informasi domain . Pengujian Black-box memungkinkan pengembang software untuk membuat himpunan kondisi input yang akan melatih seluruh syarat-syarat fungsional suatu program [35]. Dapat dilihat pada **Tabel 4.2**.

**Tabel 4.2** Pengujian BlackBox

No	Skenario Pengujian	Hasil yang diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1	Waktu pengisian baterai	Lama pengisian baterai untuk mencapai kapasitas 100%	Sesuai	150 menit / 2 jam 30 menit
2	Daya tahan baterai	Waktu maksimal penggunaan baterai	Sesuai	Dengan diberi beban 100 watt kuat hingga 2 jam
3	Waktu efektif penyerapan energi foton	Dari 06.00 – 18.00 Waktu penyerapan minimal dan maksimal energi foton oleh PV panel	Sesuai	Minimal jam 08.00 dan 17.00 Maximal jam 11.00- 14.00

#### **4.3. Pengujian Fuzzy Sistem Kontrol Panel Daya**

Pengujian sistem fuzzy dilakukan dengan melakukan pengujian nilai variabel data tegangan panel surya dan nilai variabel input cuaca berupa data kelembaban dari modul sensor DHT22. Fuzzifikasi digunakan sebagai pembanding keluaran nilai Output kontrol baterai yang dihasilkan oleh sistem kontrol berbasis media sosial telegram.

##### **4.3.1. Pengujian Nilai Variabel Data Tegangan Panel Surya**

Tahap pertama yaitu melakukan pengujian nilai tegangan yang terukur pada panel surya. Data pembacaan tegangan panel surya merupakan nilai output dari sensor tegangan. Adapun data hasil pengujian pembacaan tegangan panel surya ditunjukkan pada **Tabel 4.3**.

**Tabel 4.3** Data Pengujian Tegangan Panel Surya

No.	Pengujian	Nilai Output Tegangan
1.	Pertama	12,40 Volt
2.	Kedua	12,10 Volt
3.	Ketiga	11,60 Volt

Berdasarkan data hasil pengujian, nilai yang digunakan sebagai nilai variabel input tegangan panel surya untuk sistem Fuzzy adalah 12,40 Volt.

#### 4.3.2. Pengujian Nilai Variabel Input Cuaca

Pengujian nilai variabel input cuaca merupakan nilai kelembaban udara yang dihasilkan dari sensor DHT22. Adapun data hasil pengujian pembacaan variabel input cuaca ditunjukkan pada **Tabel 4.4**.

**Tabel 4.4.** Data Pengujian Input Cuaca

No.	Pengujian	Nilai Kelembaban
1.	Pertama	68 %
2.	Kedua	64 %
3.	Ketiga	69 %

Berdasarkan data hasil pengujian, nilai kelembaban yang digunakan sebagai nilai variabel input cuaca untuk divalidasi menggunakan sistem Fuzzy adalah 68 %.

#### 4.3.3. Pengujian Nilai Output Sistem Fuzzy

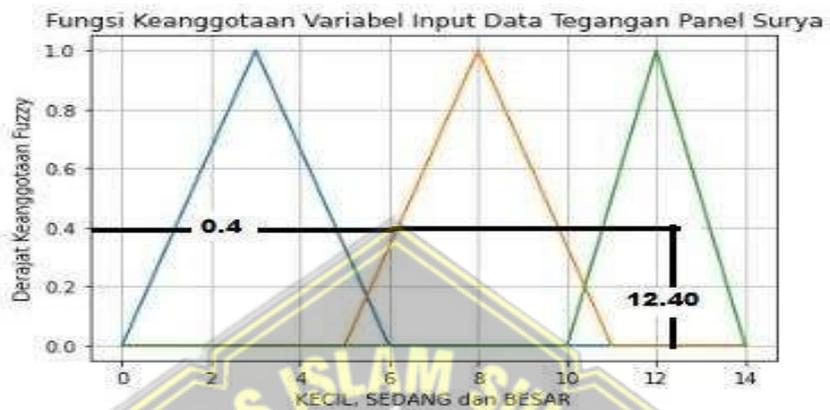
Pengujian logika fuzzy dilakukan untuk memahami proses sistem fuzzy sebagai kontrol panel surya berdasarkan nilai variabel tegangan dan nilai input cuaca. Tahap pertama Fuzzifikasi yaitu variabel tegangan yang terdiri dari 3 himpunan fuzzy yaitu KECIL, SEDANG dan BESAR. Derajat keanggotaan untuk tegangan 12,40 Volt adalah :

$$\mu_{KECIL}(12,40) = 0$$

$$\mu_{\text{SEDANG}}(12,40) = 0$$

$$\mu_{\text{BESAR}}(12,40) = (13 - 12,40) / (13 - 11,5) = 0.4$$

Berdasarkan perhitungan diperoleh nilai fungsi keanggotaan untuk tegangan 12,40 adalah 0,4 yang di tunjukkan pada **Gambar 4.8**.



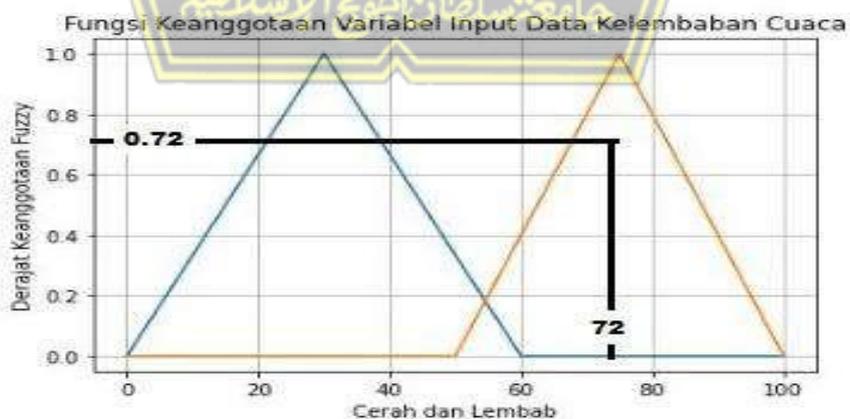
**Gambar 4.8** Nilai Fuzzy Data Tegangan Panel Surya

Selanjutnya dilakukan Fuzzifikasi variabel cuaca yang terdiri dari 2 himpunan Fuzzy yaitu CERAH dan LEMBAB. Derajat Keanggotaan untuk variabel cuaca kelembaban 68 % adalah :

$$\mu_{\text{CERAH}}(68) = 0$$

$$\mu_{\text{LEMBAB}}(68) = (68 - 50) / (75 - 50) = 0.72$$

Berdasarkan perhitungan diperoleh nilai fungsi keanggotaan untuk variabel cuaca kelembaban 68 % adalah 0,72 yang di tunjukkan pada **Gambar 4.9**.



**Gambar 4.9.** Nilai Fuzzy Data Kelembaban Cuaca

Tahap kedua adalah mesin inferensi, dimana diterapkan fungsi MIN untuk setiap aturan pada aplikasi fungsi implikasinya.

[R1] IF Tegangan Panel Kecil And Cuaca Lembab Then PLN ON

$$\begin{aligned}\alpha_{\text{predikat 1}} &= \mu \text{ KECIL} \cap \text{LEMBAB} \\ &= \text{MIN} (\mu \text{ KECIL} [12,40], \mu \text{ LEMBAB} [68]) \\ &= \text{MIN} (0, 0.72) = 0\end{aligned}$$

$$\text{Nilai } Z_1 = (10 - Z) / 3 = 0$$

$$\text{Nilai } Z_1 = 10$$

[R2] IF Tegangan Panel Kecil And Cuaca Cerah Then PLN ON

$$\begin{aligned}\alpha_{\text{predikat 2}} &= \mu \text{ KECIL} \cap \text{CERAH} \\ &= \text{MIN} (\mu \text{ KECIL} [12,40], \mu \text{ CERAH} [68]) \\ &= \text{MIN} (0, 0) = 0\end{aligned}$$

$$\text{Nilai } Z_2 = (10 - Z) / 3 = 0$$

$$\text{Nilai } Z_2 = 10$$

[R3] IF Tegangan Panel Sedang And Cuaca Lembab Then PLN ON

$$\begin{aligned}\alpha_{\text{predikat 3}} &= \mu \text{ SEDANG} \cap \text{LEMBAB} \\ &= \text{MIN} (\mu \text{ SEDANG} [12,40], \mu \text{ LEMBAB} [68]) \\ &= \text{MIN} (0, 0.72) = 0\end{aligned}$$

$$\text{Nilai } Z_3 = (10 - Z) / 3 = 0$$

$$\text{Nilai } Z_3 = 10$$

[R4] IF Tegangan Panel Sedang And Cuaca Cerah Then PLN OFF

$$\begin{aligned}\alpha_{\text{predikat 4}} &= \mu \text{ SEDANG} \cap \text{CERAH} \\ &= \text{MIN} (\mu \text{ SEDANG} [12,40], \mu \text{ CERAH} [68]) \\ &= \text{MIN} (0, 0) = 0\end{aligned}$$

$$\text{Nilai } Z_4 = (Z - 10) / 3 = 0$$

$$\text{Nilai } Z_4 = 11,2$$

[R5] IF Tegangan Panel Besar And Cuaca Cerah Then PLN OFF

$$\begin{aligned}\alpha_{\text{predikat 5}} &= \mu \text{ BESAR} \cap \text{CERAH} \\ &= \text{MIN} (\mu \text{ BESAR} [12,40], \mu \text{ CERAH} [68]) \\ &= \text{MIN} (0.4, 0.72) = 0,4\end{aligned}$$

$$\text{Nilai } Z_5 = (Z - 10) / 3 = 0$$

$$\text{Nilai } Z_5 = 11,2$$

[R6] IF Tegangan Panel Besar And Cuaca Lembab Then PLN ON

$$\begin{aligned} \alpha_{\text{predikat 6}} &= \mu \text{ BESAR} \cap \text{LEMBAB} \\ &= \text{MIN} (\mu \text{ BESAR [12,40]}, \mu \text{ LEMBAB [68]}) \\ &= \text{MIN} (0.4, 0) = 0 \end{aligned}$$

$$\text{Nilai } Z_6 = (Z - 10) / 3 = 0$$

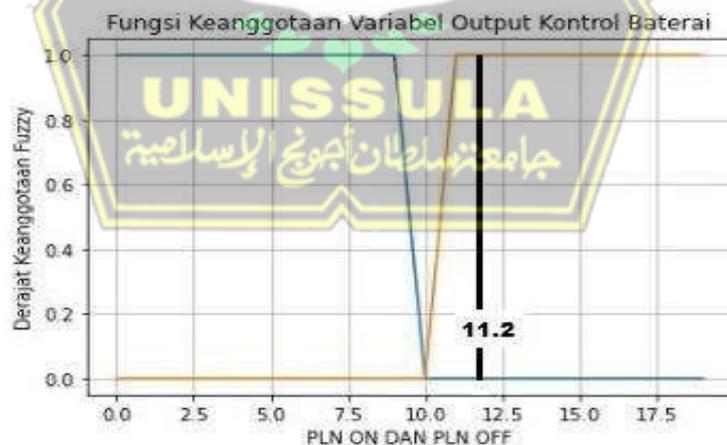
$$\text{Nilai } Z_6 = 11,2$$

Tahap ketiga adalah defuzzifikasi, yaitu :

$$Z = \frac{0*10+0*10+0*10+0*11.2+0.4*11.2+0*11.2}{0+0+0+0+0.4+0}$$

$$z = \frac{4.48}{0.4} = 11.2$$

Hasil pengujian fuzzy sistem kontrol panel daya adalah sebesar 11.2 Volt yang mana dapat disimpulkan berada dalam range nilai variabel output kontrol baterai “PLN OFF” **Gambar 4.10** menunjukkan fungsi keanggotaan variabel output kontrol baterai.



**Gambar 4.10.** Nilai Fuzzy Output Kontrol Baterai

#### 4.4. Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian yang telah dilakukan diantaranya adalah pengujian hardware dan software, maka tahapan berikutnya yaitu pengujian keseluruhan sistem monitoring

daya PLTS yang telah dibuat dari mulai awal proses sampai proses selesai.

Pertama sistem dinyalakan modul akan, maka bagian *solar charge controller* akan menampilkan nilai persentasi daya baterai serta data output data arus dan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya. Kemudian pada LCD akan ditampilkan nilai konsumsi arus dan tegangan beban. Selanjutnya menghubungkan ke jaringan internet dan mengidentifikasi mode yang digunakan apakah mode manual atau mode otomatis. Untuk menyalakan alat, pengguna dapat menekan tombol switch ON / OFF ditampilkan pada **Gambar 4.11**.



**Gambar 4.11** *Switch ON / OFF*

Setelah alat dalam keadaan ON maka modul ESP8266 akan mengirim data ke aplikasi Telegram menggunakan jaringan internet dengan interval waktu 10 detik. Telegram dipilih karena kemudahan akses yang diberikan telegram yang dapat berjalan di hampir semua platform memberikan kemudahan bagi administrator untuk membangun system notifikasi dengan memanfaatkan fasilitas open

Application Programming Interface (API) yang disediakan oleh telegram melalui bot yang dapat digunakan untuk mengirimkan pesan secara otomatis. Cloud base pada telegram memungkinkan proses pengiriman jauh lebih cepat serta media penyimpanan yang besar [29]. Data monitoring pada aplikasi Telegram akan ditampilkan pada **Gambar 4.12**.



**Gambar 4.12** Data Monitoring Sistem Kontrol PLTS pada aplikasi Telegram

Selanjutnya dilakukan pengujian kinerja aplikasi Telegram sebagai sistem kontrol dan monitoring PLTS yang dirancang. Hasil pengujian kinerja sistem kontrol dan monitoring PLTS ditunjukkan pada **Tabel 4.5**.

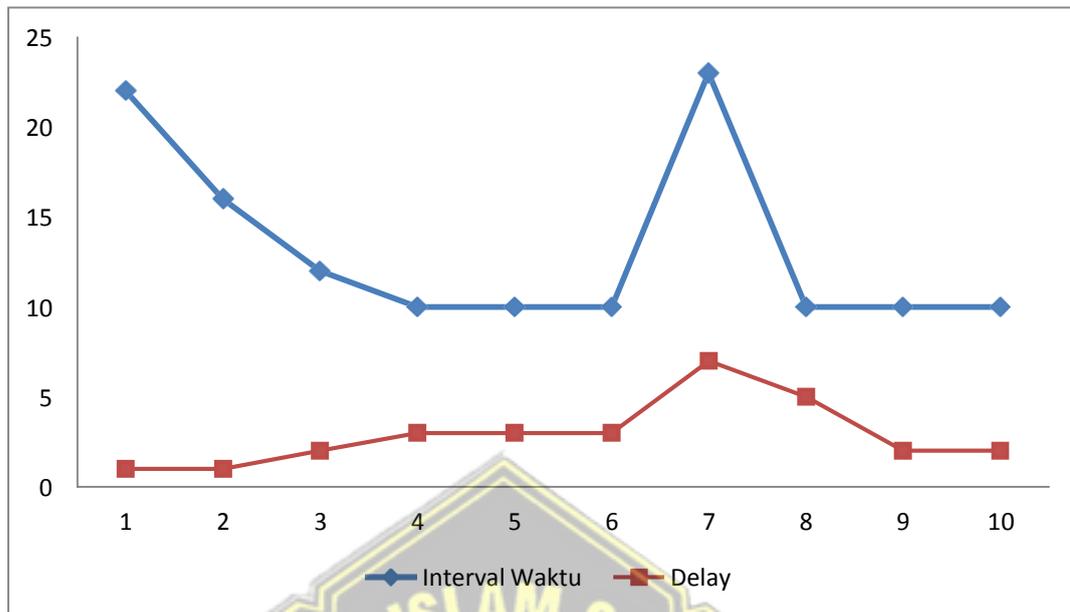
**Tabel 4.5** Pengujian Kinerja Aplikasi Telegram

Pengujian ke	Perintah Telegram	Respon Alat Prototype	Feedback Telegram
1	Manual (untuk beralih ke mode Manual)	Inverter dapat di On-Off kan secara manual melalui perintah yang dimasukkan	Sistem Mode = Manual

		lewat Telegram	
2	Auto (untuk beralih ke mode Otomatis)	Inverter bekerja secara otomatis sesuai dengan kemampuan baterai untuk menyuplay tegangan	Sistem Mode = Otomatis
3	Baterai On	Inverter dan baterai On	Baterai On dan Inverter Aktif
4	Baterai Off	Inverter dan baterai Off	Baterai Off dan Inverter NonAktif
5	Monitor	Menampilkan Data parameter listrik	“MONITOR SISTEM KONTROL”

Hasil pengujian menunjukkan Telegram dapat mengontrol Prototype alat yang dirancang dengan Mode Manual dan Mode Otomatis. Mode manual adalah Inverter dapat di On-Off kan secara manual melalui perintah yang dimasukkan lewat Telegram. Sedangkan Mode Otomatis adalah Inverter bekerja secara otomatis sesuai dengan kemampuan baterai untuk menyuplay tegangan. Selain itu sistem telegram juga berhasil sebagai sistem switch ON / OFF baterai dan menampilkan data dari parameter listrik PV Panel.

Tahapan terakhir yaitu pengujian pengiriman data sensor ke aplikasi Telegram yang bertujuan untuk mengetahui apakah data-data sensor yang telah dibaca yang ditampilkan oleh LCD pada alat yang dirancang dapat dikirimkan ke aplikasi Telegram dengan baik. Dari hasil pengujian ini dapat diketahui interval waktu dari setiap pengiriman data serta delay antara waktu data dikirim dengan data diterima.



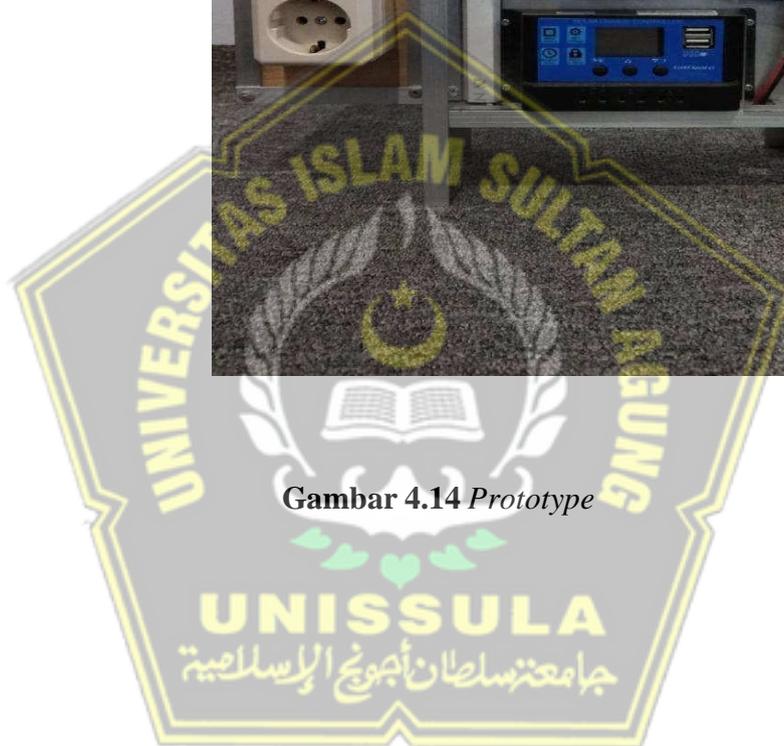
**Gambar 4.13** Pengujian Pengiriman Data Sensor

**Gambar 4.13** menunjukkan nilai interval waktu tiap pengiriman data selama pengujian tidak selalu sama dengan interval waktu yang di desain yaitu 10 detik. Hal ini dipengaruhi oleh kualitas koneksi internet. Stabilitas koneksi internet saat proses pengujian juga mengakibatkan delay waktu data dikirim dengan data diterima berubah-ubah. Rata-rata delay antara waktu data dikirim dengan data diterima adalah sebesar 2.9 detik.

Dalam pengujian keseluruhan sistem, keberhasilan kinerja pada sistem secara garis besar adalah sukses sesuai dengan tujuan pembuatan alat. Hal ini dapat mewakili keberhasilan alat karena alat dapat melakukan monitoring data sensor serta mengirimkan notifikasi ke aplikasi Telegram. Gambar 4.14 menunjukkan bentuk fisik dari alat yang dirancang.



Gambar 4.14 *Prototype*



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Hasil dari beberapa penelitian dan pembahasan peneliti menyimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- (1) Prototype monitoring Daya PLN – PLTS telah berhasil dirancang. Hasil pengujian menunjukkan prototype dapat bekerja sebagai sistem kontrol daya dan monitoring PV panel berbasis IoT.
- (2) Sistem ini dapat di monitoring dan dikendalikan melalui smartphone Android menggunakan aplikasi Telegram. Hasil pengujian menunjukkan aplikasi Telegram dapat menampilkan dan mengontrol daya AC PLN – PLTS secara realtime.

#### **5.2. Saran**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat dilakukan pengembangan dengan beberapa penggantian ataupun penambahan spesifikasi alat yang digunakan , yaitu:

- (1) Perlu dilakukan peningkatan hardware pada kontroler yang menggunakan *Processor* lebih tinggi agar proses pengolahan data lebih cepat.
- (2) Perlu dikembangkan dan diaplikasikan dimasyarakat khususnya dalam mengatasi pasokan listrik rumah tangga sederhana agar tidak tergantung pada PLN terus menerus.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. N. S. Kumara, "Pembangkit Listrik Tenaga Surya Skala Rumah Tangga Urban Dan Ketersediaannya Di Indonesia," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 9, no. 1, 2010.
- [2] A. Rozaq, "PEMANFAATAN SEL SURYA UNTUK KONSUMEN RUMAH TANGGA DENGAN BEBAN DC SECARA PARALEL TERHADAP LISTRIK PLN," *Univ. Muhammadiyah Surakarta*, 2014.
- [3] F. Z. Rachman, "Smart Home Berbasis Iot," *Snitt*, pp. 369–374, 2017, [Online]. Available: <http://jurnal.poltekba.ac.id/index.php/prosiding/article/view/423>.
- [4] A. Wisnu, W. Nugraha, I. Rosyadi, F. Surya, and T. Nugroho, "Desain Sistem Monitoring Sistem Photovoltaic Berbasis Internet of Things (IoT)," *JNTETI*, vol. 5, no. 4, pp. 328–333, 2016.
- [5] R. R. A. Siregar, N. Wardana, and Luqman, "SISTEM MONITORING KINERJA PANEL LISTRIK TENAGA SURYA MENGGUNAKAN ARDUINO UNO," *JETri*, vol. 14, pp. 81–100, 2017.
- [6] R. Singh, A. Gehlot, B. Singh, and S. Choudhury, "Home Automation System Using DTMF," *Arduino-Based Embed. Syst.*, no. December, pp. 239–246, 2019, doi: 10.1201/9781315162881-20.
- [7] I. G. P. M. Eka Putra, I. A. D. Giriantari, and L. Jasa, "Monitoring Penggunaan Daya listrik Sebagai Implementasi Internet of Things Berbasis Wireless Sensor Network," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 16, no. 3, p. 50, 2017, doi: 10.24843/mite.2017.v16i03p09.
- [8] M. Junaldy *et al.*, "Rancang Bangun Alat Pemantau Arus Dan Tegangan Di Sistem Panel Surya Berbasis Arduino Uno," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 8, no. 1, pp. 9–14, 2019, doi: 10.35793/jtek.8.1.2019.23647.
- [9] FATIMAH, "Monitoring Performansi Photovoltaik Modul Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Web," vol. 4, no. 3, pp. 2019–2028, 2018, [Online]. Available: <https://openlibrary.telkomuniversity.ac.id/home/catalog/id/146789/slug/monitoring-performansi-photovoltaik-modul-menggunakan-raspberry-pi-berbasis-web.html>.
- [10] F. Rohman; and M. Iqbal;, "IMPLEMENTASI IOT DALAM RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING PANEL SURYA BERBASIS ARDUINO," *Pros. SNATIF ke-6 Tahun 2019*, vol. 5, no. 2007, pp. 96–101, 2019.
- [11] M. R. Fachri, I. D. Sara, and Y. Away, "Pemantauan Parameter Panel Surya Berbasis Arduino secara Real Time," *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 11, no. 4, p. 123, 2015, doi: 10.17529/jre.v11i3.2356.

- [12] W. Winasis, A. W. W. Nugraha, I. Rosyadi, and F. S. T. Nugroho, "Desain Sistem Monitoring Sistem Photovoltaic Berbasis Internet of Things (IoT)," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 5, no. 4, pp. 328–333, 2016, doi: 10.22146/jnteti.v5i4.281.
- [13] D. Handarly and J. Lianda, "Sistem Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT (Internet of Thing)," *JEECAE (Journal Electr. Electron. Control. Automot. Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 205–208, 2018, doi: 10.32486/jeecae.v3i2.241.
- [14] S. T. Kurnianto, "RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN PANEL SURYA MENGGUNAKAN SMARTPHONE," *Univ. Bangka Belitung*, 2017.
- [15] A. Amir, A. Marwanto, and D. Nugroho, "Rancang Bangun Purwarupa Alat Monitoring Dan Kontrol Beban Satu Fasa Berbasis Iot (Internet of Things)," *Transmisi*, vol. 20, no. 1, p. 29, 2018, doi: 10.14710/transmisi.20.1.29-33.
- [16] H. Suryawinata, D. Purwanti, and S. Sunardiyo, "Sistem Monitoring pada Panel Surya Menggunakan Data logger Berbasis ATmega 328 dan Real Time Clock DS1307," *J. Tek. Elektro*, vol. 9, no. 1, 2017.
- [17] P. G. Chamdareno, F. Azharuddin, and Budiyanto, "Sistem Monitoring Energi Listrik Sel Surya Secara Realtime dengan Sistem Scada," *Elektrum*, vol. 14, no. 2, pp. 35–42, 1979.
- [18] A. Julisman, I. D. Sara, and R. H. Siregar, "Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomasi Stadion Bola," *Kitektro*, vol. 2, no. 1, pp. 35–42, 2017.
- [19] M. Luqman, E. Mandayatma, and S. Nurcahyo, "Studi Komparasi Unjuk Kerja Inverter 12V-Dc Ke 220 V-Ac Yang Ada Di Pasaran," *J. Eltek*, vol. 17, no. 1, p. 95, 2019, doi: 10.33795/eltek.v17i1.135.
- [20] O. M. Sinaulan, "Perancangan Alat Ukur Kecepatan Kendaraan Menggunakan ATMega 16," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 4, no. 3, pp. 60–70, 2015.
- [21] A. B. Pulungan, Sukardi, and T. Ramadhani, "Buck Converter Sebagai Regulator Aliran Daya Pada Pengereman Regeneratif," *J. EECCIS*, vol. 12, no. 2, pp. 93–97, 2018.
- [22] A. Kadir, *Dasar Pemrograman Internet Untuk Proyek Berbasis Arduino*. Yogyakarta: Penerbit ANDI, 2018.
- [23] M. Abdullah., "Otomatis Berdasarkan Real Time Clock Dan Tingkat Kelembaban Tanah Berbasis Mikrokontroler the Provision of Nutrients and Automatic Watering Plant Based on Real Time Clock and Soil Humidity Based Microcontroller Atmega32," *Ilmu Fis. dan Teknol.*, vol. 2, no. 2, pp. 33–41, 2018.

- [24] I. Firnandi, J. Kustija, and B. Trisno, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Beban dan Akuisisi Data Berbasis Web dengan menggunakan Single Board Computer," *Electrans*, vol. 14, no. 1, pp. 20–26, 2016.
- [25] T. Ratnasari and A. Senen, "Perancangan prototipe alat ukur arus listrik Ac dan Dc berbasis mikrokontroler arduino dengan sensor arus Acs-712 30 ampere," *J. Sutet*, vol. 7, no. 2, pp. 28–33, 2017.
- [26] R. M. M. Wilutomo and T. Yuwono, "Rancang Bangun Memonitor Arus Dan Tegangan Serta Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Web Berbasis Arduino Due," *Gema Teknol.*, vol. 19, no. 3, p. 19, 2017, doi: 10.14710/gt.v19i3.21881.
- [27] A. Imron, T. Andromeda, and ..., "Perancangan Akuisisi Data Pada Panel Rtu Pt. Pln (Persero) Berplatform Android," *Transient J. Ilm. ...*, 2018, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient/article/view/23389>.
- [28] D. A. O. Turang, "Pengembangan Sistem Relay Pengendalian Dan Penghematan Pemakaian Lampu Berbasis Mobile," *Semin. Nas. Inform.*, no. October, pp. 75–80, 2015, [Online]. Available: <http://103-23-20-161.isi.cloud.id/index.php/semnasif/article/view/1368>.
- [29] H. Yuliansyah, "Uji Kinerja Pengiriman Data Secara Wireless Menggunakan Modul ESP8266 Berbasis Rest Architecture," *J. Rekayasa dan Teknol. Elektro*, vol. 10, no. 2 (Mei 2016), pp. 68–77, 2016.
- [30] A. D. Putri, "Fuzzy Logic Untuk Menentukan Lokasi Kios Terbaik Di Kepri Mall Dengan Menggunakan Metode Sugeno," *Edik Inform.*, vol. 3, no. 1, pp. 49–59, 2017, doi: 10.22202/ei.2016.v3i1.1517.
- [31] J. Desember and M. Nadhif, "Aplikasi Fuzzy Logic untuk Pengendali Motor DC Berbasis Mikrokontroler ATmega8535 dengan Sensor Photodiode," *J. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 2, pp. 81–85, 2015, doi: 10.15294/jte.v7i2.8594.
- [32] C. Praseptyo and A. Pujiyanta, "Media Pembelajaran Himpunan Fuzzy Berbasis Multimedia," *J. Sarj. Tek. Inform.*, vol. 2, pp. 1176–1185, 2014.
- [33] M. S. Mustaqbal, R. F. Firdaus, and H. Rahmadi, "(Studi Kasus : Aplikasi Prediksi Kelulusan SNMPTN)," vol. I, no. 3, pp. 31–36, 2015.
- [34] E. Mulyanto, V. Suhartono, and T. Sutojo, *KECERDASAN BUATAN*. Yogyakarta: CV. Andi Offset, 2011.
- [35] J. Fahana, R. Umar, and F. Ridho, "QUERY : Jurnal Sistem Informasi Volume : 01 , Number : 02 , October 2017 ISSN 2579-5341 ( online ) Pemanfaatan Telegram Sebagai Notifikasi Serangan untuk Keperluan Forensik Jaringan QUERY : Jurnal Sistem Informasi Volume : 01 , Number : 02 , October 2017," *QUERY J. Sist. Inf.*, vol. 5341, no. October, pp. 6–14, 2017.

## LAMPIRAN

### 1. List Program Arduino Uno

```
#include <SoftwareSerial.h> //library serial
#include <Wire.h>           //library wire
#include <LiquidCrystal_I2C.h> //library LCD + I2C
#include "EmonLib.h"       // Emon Library ukur arus AC

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4); //mendefinisikan alamat LCD
SoftwareSerial mySerial(2,3); //koneksi Serial ESP dengan Arduino (pin2
& Pin3)

#include "RTCLib.h" //library Real Time Clock (RTC)
RTC_DS1307 rtc; //definisi RTC
char namaHari[7][12] = {"Minggu", "Senin", "Selasa", "Rabu", "Kamis", "Jumat",
"Sabtu"};

//UKUR ARUS AC
EnergyMonitor emon1;

// UKUR SUHU
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 12
#define DHTTYPE DHT22
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

String Data;
char c;
```

```

//RELAY

#define relay1 7
#define relay2 6

//BUAT TOMBOL

int tombol= 11;
int nilaitombol;
int count;

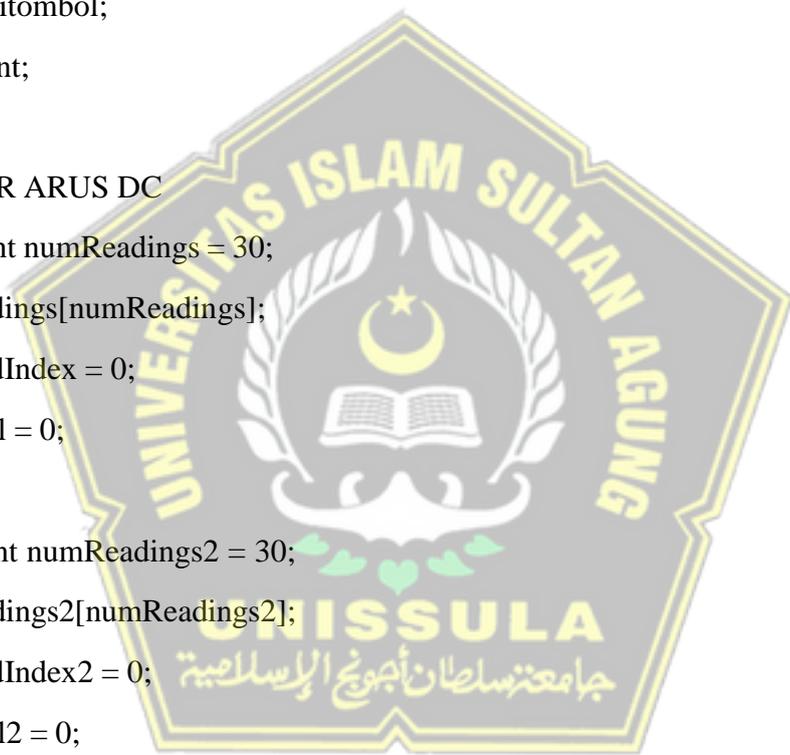
//UKUR ARUS DC
const int numReadings = 30;
int readings[numReadings];
int readIndex = 0;
int total = 0;

const int numReadings2 = 30;
int readings2[numReadings2];
int readIndex2 = 0;
int total2 = 0;

const int numReadings3 = 30;
int readings3[numReadings3];
int readIndex3 = 0;
int total3 = 0;

double batasarus = 2485;
double naikarus = 100;

```



```
int adctegangan, adctegangan2, tegangan, tegangan2, adcarus, aktif, t, h,  
automanual;
```

```
double arusdc, varus, vaki, vsolar;
```

```
//BUAT SIMBOL
```

```
byte aki[] = {
```

```
0b00100,
```

```
0b01000,
```

```
0b11100,
```

```
0b01001,
```

```
0b10010,
```

```
0b00111,
```

```
0b00010,
```

```
0b00100
```

```
};
```

```
byte solar[] = {
```

```
0b01110,
```

```
0b11011,
```

```
0b10001,
```

```
0b11011,
```

```
0b11111,
```

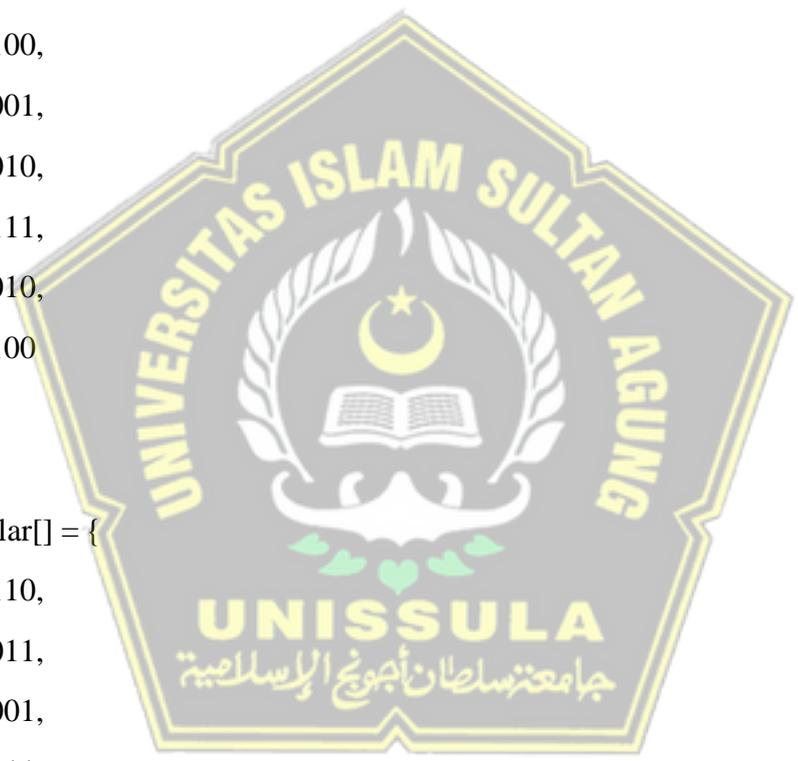
```
0b11111,
```

```
0b10001,
```

```
0b11111
```

```
};
```

```
byte ac[] = {
```



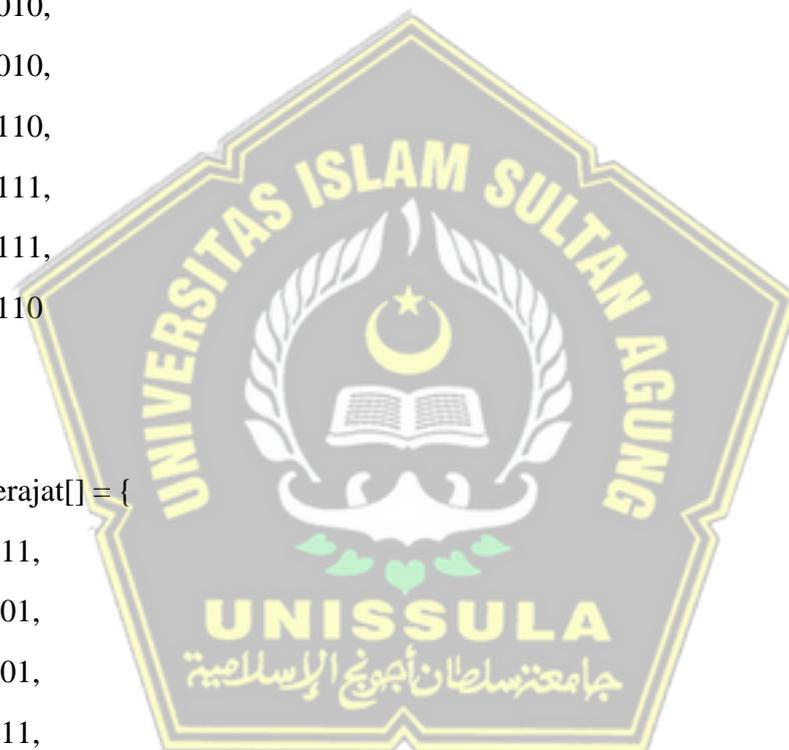


```
0b11111,  
0b00100  
};
```

```
byte termo[] = {  
0b00100,  
0b01010,  
0b01010,  
0b01010,  
0b01110,  
0b11111,  
0b11111,  
0b01110  
};
```

```
byte derajat[] = {  
B01111,  
B01001,  
B01001,  
B01111,  
B00000,  
B00000,  
B00000,  
B00000  
};
```

```
byte daya[] = {  
B00001,
```



```
B00110,  
B01100,  
B11111,  
B11111,  
B00111,  
B01100,  
B10000  
};
```

```
void setup(){  
  Serial.begin (9600);  
  mySerial.begin (9600);  
  dht.begin();  
  Wire.begin();  
  emon1.current(3, 150); //KALIBRASI SENSOR ARUS AC  
  pinMode(tombol, INPUT);  
  pinMode (relay1, OUTPUT);  
  pinMode (relay2, OUTPUT);  
  digitalWrite(relay1, HIGH);  
  digitalWrite(relay2, HIGH);  
  
  lcd.init();  
  lcd.backlight();  
  lcd.setBacklight(HIGH);  
  lcd.createChar(0, solar);  
  lcd.createChar(1, aki);  
  lcd.createChar(2, dc);
```

```

lcd.createChar(3, ac);
lcd.createChar(4, koil);
lcd.createChar(5, termo);
lcd.createChar(6, derajat);
lcd.createChar(7, daya);
aktif = 0;
automanual = 0;

```

```

delay(10);
}

```

```

void button(){
  nilaitombol= digitalRead(tombol);

```

```

  if(nilaitombol == 1){
    count++;
    delay(300);
    if(count==1){
      aktif = 1;
    }

```

```

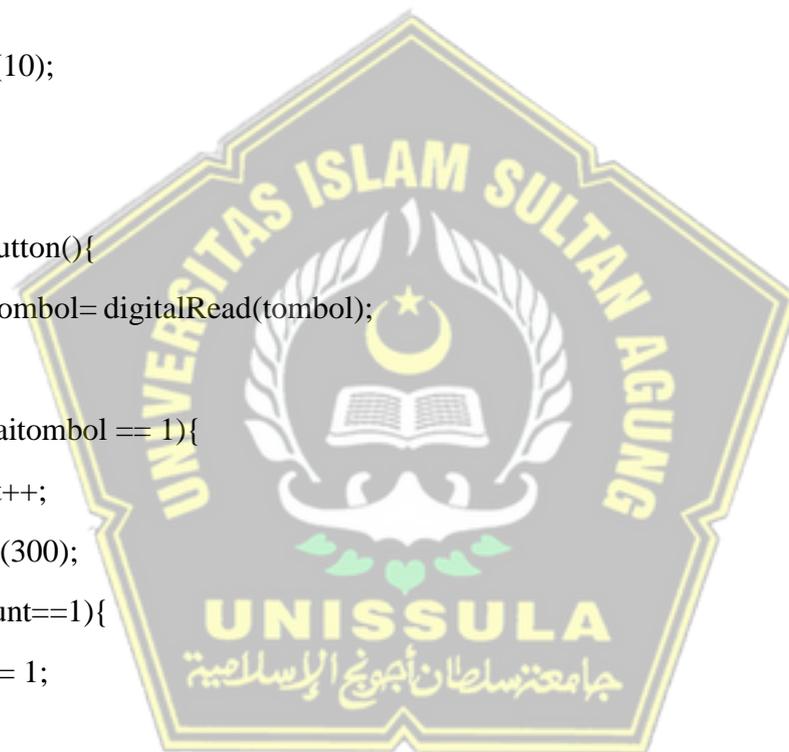
    if(count==2){
      aktif = 0;
      count=0; }
  }
}

```

```

void UkurTegangan(){
  adctegangan = analogRead(A0);

```



```

total2 = total2 - readings2[readIndex2];
readings2[readIndex2] = adctegangan;
total2 = total2 + readings2[readIndex2];
readIndex2 = readIndex2 + 1;
if (readIndex2 >= numReadings2) {
    readIndex2 = 0;
}
adctegangan = total2 / numReadings2;
tegangan = map(adctegangan, 0, 1024, 0, 250);
vsolar = tegangan / 10.0;

adctegangan2 = analogRead(A1);
total3 = total3 - readings3[readIndex3];
readings3[readIndex3] = adctegangan2;
total3 = total3 + readings3[readIndex3];
readIndex3 = readIndex3 + 1;
if (readIndex3 >= numReadings3) {
    readIndex3 = 0;
}
adctegangan2 = total3 / numReadings3;
tegangan2 = map(adctegangan2, 0, 1024, 0, 250);
vaki = tegangan2 / 10.0;
}

void UkurArus()
{
    adcarus = analogRead(A2);
    total = total - readings[readIndex];
}

```

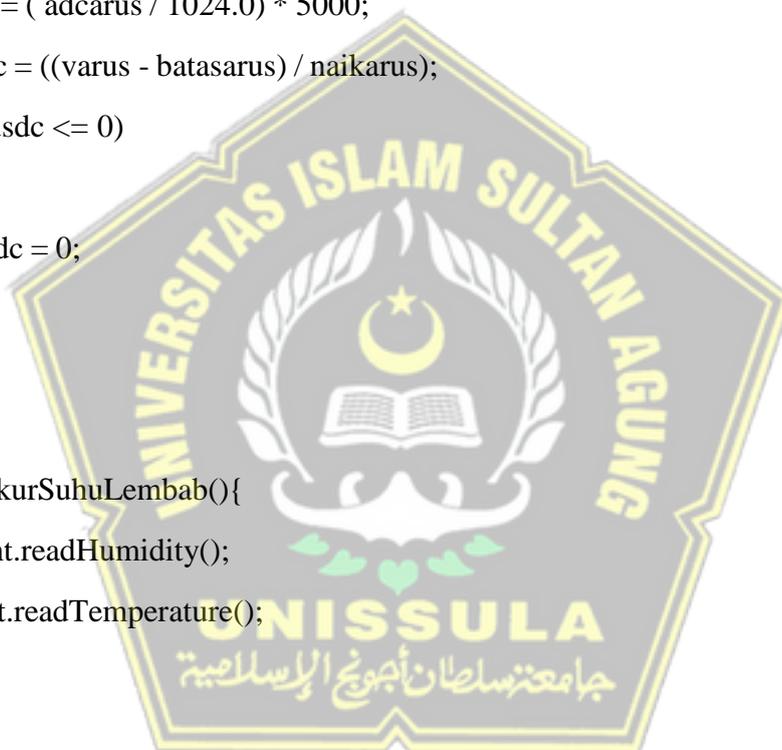
```

readings[readIndex] = adcarus;
total = total + readings[readIndex];
readIndex = readIndex + 1;
if (readIndex >= numReadings) {
    readIndex = 0;
}
adcarus = total / numReadings;
varus = ( adcarus / 1024.0) * 5000;
arusdc = ((varus - batasarus) / naikarus);
if (arusdc <= 0)
{
    arusdc = 0;
}
}

void UkurSuhuLembab(){
    h = dht.readHumidity();
    t = dht.readTemperature();
}

void hasilrelay()
{
    if (aktif == 0)
    {
        digitalWrite(relay1, HIGH);
        digitalWrite(relay2, HIGH);
    }
    else {

```



```

digitalWrite(relay1, LOW);
digitalWrite(relay2, LOW);
}
}

void loop() {

//UKUR ARUS AC
double Irms = emon1.calcIrms(1480); // Calculate Irms only 1480
float Irms2 = Irms/120;
if (Irms2 < 0.3) Irms2 =Irms2/4;

//MENENTUKAN DAYA
int Daya = 215 * Irms2; //Ukur Daya
if (Daya < 4 ) Daya=0;

float Daya2 = 215 * Irms2; //Ukur Daya
if (Daya2 < 4 ) Daya2=0;

UkurTegangan();
UkurArus();
button();
delay(10);

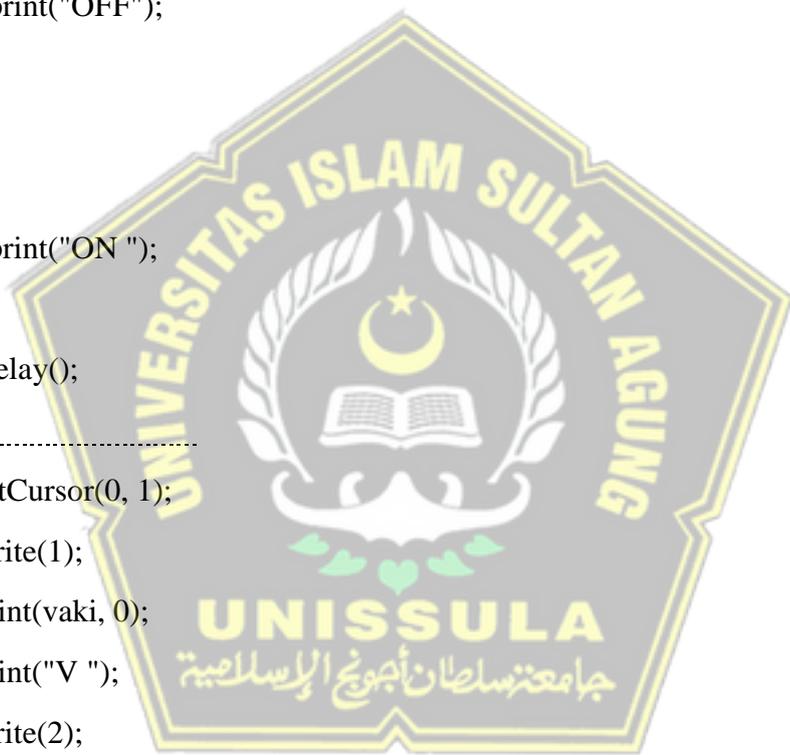
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.write(0);
lcd.print(vsolar, 0);
lcd.print("V ");

```

```

lcd.write(7);
lcd.print(Daya);
lcd.print(" W ");
lcd.setCursor(12, 0);
lcd.write(4);
if (aktif == 0)
{
  lcd.print("OFF");
}
else
{
  lcd.print("ON ");
}
hasilrelay();
//.....
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.write(1);
lcd.print(vaki, 0);
lcd.print("V ");
lcd.write(2);
lcd.print(arusdc, 1);
lcd.print("A ");
lcd.write(3);
lcd.print(Irms2, 1);
lcd.print("A");
//.....
if (automanual == 1)
{

```



```

if (vaki <= 11.0)
{
    aktif = 0;
}
else
{
    aktif = 1;
}
}

```

```
//INTERAKSI DENGAN ESP8266
```

```

while(mySerial.available()>0){
    delay(10);
    c = mySerial.read();
    Data +=c;
}

```

```

if (Data.length()>0){
    Serial.println(Data);
    if (Data == "Auto") {
        automanual = 1;
        mySerial.print ("Sistim Mode= Otomatis");
    }
}

```

```

else if (Data == "Manual")
{
    automanual = 0;
}

```



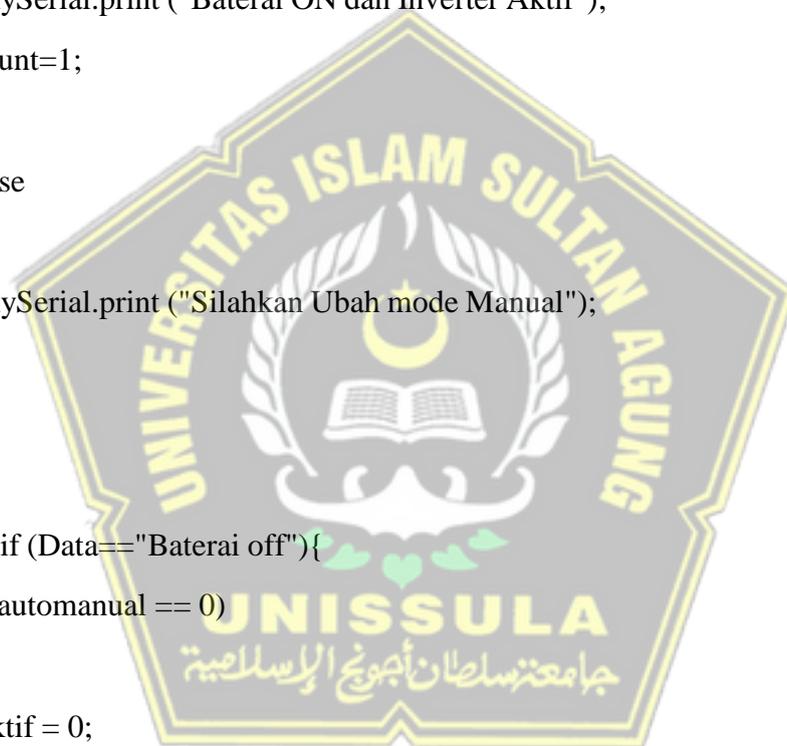
```

    mySerial.print ("Sistim Mode= Manual");
}

else if (Data == "Baterai on") {
    if (automanual == 0)
    {
        aktif = 1;
        mySerial.print ("Baterai ON dan Inverter Aktif");
        count=1;
    }
    else
    {
        mySerial.print ("Silahkan Ubah mode Manual");
    }
}

else if (Data=="Baterai off"){
    if (automanual == 0)
    {
        aktif = 0;
        mySerial.print ("Baterai OFF dan Inverter NonAktif");
        count=0;
    }
    else
    {
        mySerial.print ("Silahkan Ubah mode Manual");
    }
}

```



```

else if (Data=="Monitor"){
    DateTime now = rtc.now();
    mySerial.print(namaHari[now.dayOfTheWeek()]);
    mySerial.print(',');
    mySerial.print(now.day(), DEC);
    mySerial.print('/');
    mySerial.print(now.month(), DEC);
    mySerial.print('/');
    mySerial.print(now.year(), DEC);
    mySerial.print(" ");
    mySerial.print(now.hour(), DEC);
    mySerial.print(':');
    mySerial.print(now.minute(), DEC);
    mySerial.print(':');
    mySerial.print(now.second(), DEC);

    mySerial.print (" ||MONITOR SISTEM KONTROL|| Teg. Baterai = ");
    mySerial.print (vsolar);
    Serial.print(vsolar);
    mySerial.print (" V");
    mySerial.print (" , Teg. Panel = ");
    mySerial.print (vaki);
    mySerial.print (" V");
    mySerial.print (" , Arus DC = ");
    mySerial.print (arusdc);
    mySerial.print (" A");
    mySerial.print (" , Arus AC = ");
    mySerial.print (Irms2);

```

```

mySerial.print (" A");
mySerial.print (" , Daya Terpakai = ");
mySerial.print (Daya2);
mySerial.print (" Watt");
mySerial.print (" %");
mySerial.print (" , Baterai ");
    if (aktif == 0)
    {
        mySerial.print ("OFF");
    }
    else
    {
        mySerial.print ("ON");
    }
mySerial.print (" , Mode = ");
    if (automanual == 1)
    {
        mySerial.print ("Otomatis.");
    }
    if (automanual == 0)
    {
        mySerial.print ("Manual.");
    }
}
Data = "";
}
}

```



## 2. List Program Telegram

```
#include "CTBot.h"

CTBot myBot;

String ssid = "FREZA FINA";
String pass = "ezafina0212";
String token= "767638841:AAFh-ICbnXXMJMudTAg7XVwU2OresEVkwwE";

String Data;
char c;

void setup(){
  Serial.begin (115200);
  Serial.println("Starting TelegramBot...");

  myBot.wifiConnect(ssid, pass);
  myBot.setTelegramToken(token);

  if (myBot.testConnection())
    Serial.println ("\ntestConnection OK");
  else
    Serial.println ("\ntestConnection NOK");
}

void loop() {
  TBMessage msg;
```

```

if (myBot.getNewMessage(msg)){

    if (msg.text.equalsIgnoreCase("Baterai on")){
        myBot.sendMessage(msg.sender.id, "Mengulang Perintah..... " + Data);
        Serial.print ("Baterai on");
    }
    else if (msg.text.equalsIgnoreCase("Baterai off")){
        myBot.sendMessage(msg.sender.id, "Mengulang Perintah..... " + Data);
        Serial.print ("Baterai off");
    }
    else if (msg.text.equalsIgnoreCase("Monitor")){
        Serial.print ("Monitor");
    }
    else if (msg.text.equalsIgnoreCase("Auto")){
        Serial.print ("Auto");
        myBot.sendMessage(msg.sender.id, "Beralih ke Mode Otomatis");
    }
    else if (msg.text.equalsIgnoreCase("Manual")){
        Serial.print ("Manual");
        myBot.sendMessage(msg.sender.id, "Beralih ke Mode Manual, silakan berikan perintah");
    }
    else {
        String reply;

        reply = (String) "Selamat datang " + msg.sender.username + (String)". Ini adalah layanan sistem kontrol. Silakan masukkan perintah berikut : Manual (untuk beralih ke mode manual), Auto (untuk beralih ke mode otomatis), Baterai On (untuk menyalakan baterai), Baterai Off (untuk mematikan baterai), dan Monitor (untuk menampilkan kondisi sitem). ";

        myBot.sendMessage(msg.sender.id, reply);
    }
}

```

```
    }  
  }  
  while (Serial.available()>0){  
    delay(10);  
    c =Serial.read();  
    Data += c;  
  }  
  if (Data.length()>0){  
    myBot.sendMessage(msg.sender.id, Data + ". Terimakasih");  
    delay(10);  
    Data ="";  
  }  
  
  delay(500);  
}
```

