

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KLIMATOLOGI MIKRO  
WILAYAH KONSERVASI MANGROVE PETENGGORAN BERBASIS  
*INTERNET OF THINGS***

**(SKRIPSI)**

Oleh

**FAJRI ADITIYA PUTRA**

**1915031006**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

## ABSTRACT

### DESIGN OF MONITORING SYSTEM BASED *INTERNET OF THINGS* FOR PETENGORAN MANGROVE CONSERVATION AREA

By

**FAJRI ADITIYA PUTRA**

Mangrove ecosystems are biologically important ecosystems in the world in terms of providing important needs for coastal and marine ecosystems, as well as for local communities. The existence of mangrove forests as green belt conservation areas can provide two sides of benefits. As a fully protected area (FPA) in the context of preserving marine ecosystems, reducing CO<sub>2</sub> *levels*, and important factors in climate regulation. Sustainable used (SU) mangrove forests have economic potential for local communities. However, the facts show that the presence of microclimate stations (MCS) in mangrove forest areas is almost non-existent so important data related to the development of FPA and SU is not available. This research has objectives, namely: in the short term, researchers will develop and build micro monitoring stations in the mangrove embedded system forest area and the *Internet of Things* (IoT). For the long term, a series of data acquisitions will be carried out that will be processed, using artificial intelligence (AI) methods to predict these conditions in the future. This study will analyze the following climatic elements: air temperature and humidity, solar radiation, precipitation, *Wind Direction* and speed.

**Keywords: Microclimate, Artificial Intelligence, and Internet of Things.**

## ABSTRAK

### **RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KLIMATOLOGI MIKRO WILAYAH KONSERVASI MANGROVE PETENGORAN BERBASIS *INTERNET OF THINGS***

By

**FAJRI ADITIYA PUTRA**

Dalam hal penyediaan kebutuhan penting bagi ekosistem pesisir dan laut, serta bagi masyarakat setempat, keberadaan hutan mangrove sebagai kawasan konservasi jalur hijau dapat memberikan dua sisi manfaat. Sebagai kawasan lindung penuh (*Full Protected Area/FPA*) dalam rangka pelestarian ekosistem laut, penurunan kadar CO<sub>2</sub>, dan faktor penting pengaturan iklim, pemanfaatan berkelanjutan (*Sustainable Used - SU*) dari hutan mangrove memiliki potensi ekonomi dalam bentuk hutan ekowisata bagi masyarakat setempat. Namun fakta menunjukkan bahwa keberadaan *microclimate station* (MCS) di kawasan hutan mangrove hampir tidak ada sehingga data penting terkait perkembangan FPA dan SU tidak tersedia. penelitian ini memiliki tujuan, yaitu: dalam jangka pendek, Peneliti akan mengembangkan dan membangun stasiun pemantauan mikro di kawasan hutan mangrove *embedded system* dan *Internet of Things* (IoT). Penelitian ini akan menganalisis unsur-unsur iklim berikut: suhu, tekanan dan kelembaban udara, suhu air, radiasi matahari, curah hujan, arah dan kecepatan angin.

**Kata Kunci:** *Microclimate, Artificial Intelligence, dan Internet of Things.*

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KLIMATOLOGI MIKRO  
WILAYAH KONSERVASI MANGROVE PETENGGORAN BERBASIS  
*INTERNET OF THINGS***

Oleh

**FAJRI ADITIYA PUTRA**

**(SKRIPSI)**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNIK**

pada

**Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Univeritas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING  
KLIMATOLOGI MIKRO WILAYAH  
KONSERVASI MANGROVE PETENGGORAN  
BERBASIS *INTERNET OF THINGS***

Nama Mahasiswa : **Fajri Aditiya Putra**

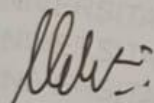
Nomor Pokok Mahasiswa : 1915031006

Jurusan : Teknik Elektro

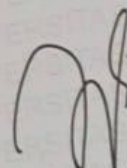
Fakultas : Teknik

**MENYETUJUI**

**1. Komisi Pembimbing**



**Dr. Ing. Melvi, S.T., M.T.**  
NIP 19730118 200003 2 001

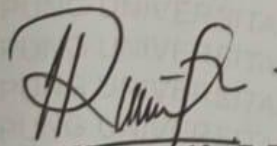


**Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc.**  
NIP 19731128 199903 1 005

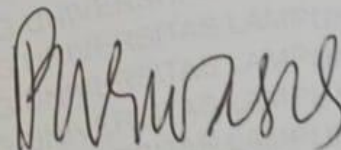
**2. Mengetahui**

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ketua Program Studi Teknik Elektro



**Herlinawati, S.T., M.T.**  
NIP 19710314 199903 2 001

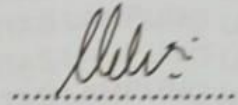


**Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T.**  
NIP 19740422 200012 2 001

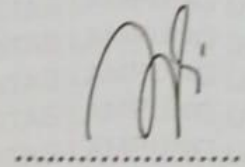
**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

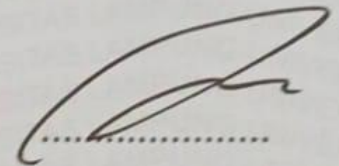
Ketua : **Dr. Ing. Melvi, S.T., M.T.**



Sekretaris : **Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc.**



Penguji : **Mona Arif Muda, S.T., M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik



**Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.**

NIP 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **01 Februari 2023**



## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fajri Aditiya Putra

NPM : 1915031006

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini dibuat tidak ada terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan di dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandarlampung, 06 Februari 2023



Fajri Aditiya Putra  
NPM. 1915031006

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Untoro, 11 Februari 2001. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Nasroni dan Ibu Tri Ningsih.

Penulis memulai pendidikan di SDN 1 Bumiraharjo pada tahun 2007-2013, SMPN 1 Trimurjo pada tahun 2013-2016, dan SMAN 1 Trimurjo pada tahun 2016-2019.

Penulis menjadi mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung pada tahun 2018 melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri). Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi anggota Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO) sekertaris Departemen Sosial dan Kewirausahaan pada tahun 2020, dan kepala Departemen Sosial dan Kewirausahaan pada tahun 2021. Penulis juga aktif dalam mengikuti lomba yang diselenggarakan oleh Belmawa maupun lomba yang diselenggarakan oleh non Belmawa. Penulis mendapatkan pendanaan dari kegiatan Program Kreativitas Mahasiswa pada tahun 2021 yang diselenggarakan oleh Belmawa. Selain itu, penulis juga pernah memenangkan International Prototype competition ICOSITER selama dua tahun berturut-turut pada tahun 2021 dan 2022. Penulis juga pernah mengikuti kegiatan Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) pada tahun 2022 di mitra Orbit Future Academy yang berfokus pada Artificial Intelligence.



## PERSEMBAHAN

Kupersembahkan karya kecil ini dengan rasa hormat,  
cinta dan kasih sayang, kepada:

Bapak dan Ibu yang terkasih

Nasroni dan Tri Ningsih

Serta

Saudara:

M. Ridho Al Fariz

Yang telah menjadi motivasi dan inspirasi serta tiada  
hentinya memberikan dukungan dan do'a-nya:

Eternity 2019

HIMATRO UNILA

TELTI 2019

Terima kasih atas kekeluargaan, do'a, serta dukungan  
yang selalu mengiringi hingga merasa lebih baik dari  
hari ke hari

## MOTTO HIDUP

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan,”  
(QS. Al-Insyirah 94: ayat 5)

“Apapun yang menjadi takdirmu, akan mencari jalannya  
menemukanmu,”  
(Ali Bin Abi Thalib)

“Barang siapa keluar untuk mencari sebuah ilmu, maka ia akan berada  
di jalan Allah hingga ia kembali,”  
(HR Tirmidzi)

## SANWACANA

Bismillahirrahmanirrahim.

Alhamdulillahirabbil'alamin. Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.

Skripsi dengan judul “Rancang Bangun Sistem Monitoring Klimatologi Mikro Wilayah Konservasi Mangrove Petengoran Berbasis *Internet Of Things*” yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Dalam penulisan skripsi ini, penulis mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu pada kesempatan ini menyampaikan rasa terimakasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, DEA, IPM selaku Rektor Universitas Lampung
2. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung
3. Ibu Herlinawati, S.T., M.T selaku Kepala Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung
4. Bapak Meizano Ardhi Muhammad, S.T., M.T selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung
5. Ibu Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T selaku Kepala Prodi Teknik Elektro Universitas Lampung
6. Bapak Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc selaku dosen pembimbing penelitian yang selalu memberikan bimbingan, nasehat, dan motivasi serta saran yang membangun kepada penulis
7. Ibu Dr. Ing. Melvi, S.T., M.T selaku dosen pembimbing penelitian yang selalu memberikan pengajaran untuk taat pada aturan penulisan yang berlaku untuk meningkatkan kedisiplinan kepada penulis
8. Bapak Aryanto, S.T., M.T selaku dosen pembimbing penelitian yang selalu memberikan saran dan masukan yang membangun dalam pengembangan aplikasi yang dibuat oleh penulis

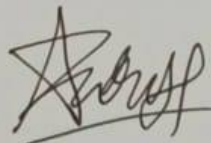
9. Ibu Dr.Eng.Diah Permata, S.T., M.T. selaku pembimbing akademik dari semester 1 hingga sampai sekarang yang telah memberikan arahan, nasehat, dan bimbingan yang membangun bagi penulis dalam masa perkuliahan.
10. Segenap dosen di Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis selama menempuh pendidikan perkuliahan.
11. Segenap staff di Jurusan Teknik Elektro yang telah membantu penulis baik dalam hal administrasi dan lain-lain.
12. LINTASI TEAM yang telah memberi semangat, bantuan dan canda tawa kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
13. Keluarga Besar ETERNITY 2019 yang telah menjadi keluarga kedua penulis disini.
14. Keluarga Besar HIMATRO yang telah memberikan ilmu dan pengalaman kepada penulis selama pendidikan baik secara langsung maupun tak langsung.
15. TELTI 2019, terimakasih atas semangat dan kebersamaannya selama menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Elektro.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak demi kemajuan bersama. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

*Alhamdulillahirabil'alamin*

Bandar Lampung, 06 Februari 2023

Penulis



**Fajri Aditiya Putra**

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRACT</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>ii</b>
<b>LEMBAR JUDUL</b> .....	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>SURAT PERNYATAAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	<b>vii</b>
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	<b>viii</b>
<b>MOTTO HIDUP</b> .....	<b>ix</b>
<b>SANWACANA</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvi</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	3
1.3. Rumusan Masalah .....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1. Penelitian Terdahulu.....	5
2.2. Perubahan Iklim dan Pemanasan Global .....	7
2.3. Hutan Mangrove .....	8

2.4.	Mikrokontroler .....	9
2.4.1.	ARDUINO UNO .....	10
2.4.2.	ESP32-VROOM-32D .....	11
2.5.	Sensor.....	12
2.5.1.	Sensor INA219 .....	13
2.5.2.	Sensor <i>Rain Gauge</i> .....	14
2.5.3.	Sensor <i>Anemometer</i> .....	15
2.5.4.	Sensor <i>Wind Direction</i> .....	15
2.5.5.	Sensor BME 280.....	16
2.5.6.	Sensor DS18B20 .....	17
2.5.7.	Sensor ACS712 .....	18
2.5.8.	Sensor ADS 1115 .....	18
2.6.	<i>Real Time Clock (RTC)</i> .....	18
2.7.	<i>Data Logger</i> .....	20
2.8.	Panel Surya.....	21
2.9.	<i>Solar Charge Controller</i> .....	22
2.10.	Baterai .....	23
2.11.	<i>Internet of Things (IoT) dan Artificial Intelligence (AI)</i> .....	21
2.12.	Arduino IDE .....	24
2.13.	Platform IoT .....	24
<b>III.</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>26</b>
3.1.	Waktu dan Tempat Penelitian.....	26
3.2.	Alat dan Bahan.....	26
3.3.	Tahapan Penelitian.....	27
3.3.1.	Studi Literatur.....	29
3.3.2.	Bimbingan .....	29



3.3.3. Riset Laboratorium .....	30
3.3.4. Uji Lapangan .....	31
3.3.5. Diagram Alir Proses Pembuatan Desain dan Fabrikasi Alat .....	31
3.3.6. Diagram Alir Proses Kalibrasi Sensor .....	34
3.4. Desain Alat Monitoring Klimatologi Mikro .....	36
3.5. Rancangan Penempatan Alat Klimatologi Mikro .....	38
3.6. Skema Pengambilan Data .....	39
3.7. Pembuatan Laporan .....	39
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>40</b>
4.1. <i>Internet of Things</i> (IoT) Sebagai Jaringan Komunikasi Pada Sistem Monitoring Klimatologi Mikro .....	40
4.1.1. Realisasi Perangkat Keras Monitoring klimatologi Mikro .....	40
4.1.2. Perangkat Lunak Monitoring Klimatologi Mikro .....	43
4.1.3. Realisasi IoT Platform <i>Thingsboard</i> .....	48
4.2. Pengujian Sistem Monitoring Klimatologi Mikro di Area Konservasi Mangrove Petengoran .....	51
4.2.1. Hasil Pengujian Penggunaan Daya Pada Alat Klimatologi Mikro .....	51
4.2.2. Hasil Pemantauan Klimatologi Pada Platform <i>Thingsboard</i> .....	52
4.3. Analisa Permasalahan .....	58
<b>V. PENUTUP .....</b>	<b>62</b>
5.1. Kesimpulan .....	62
5.1. Saran .....	63
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>65</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 spesifikasi mikrokontroler ESP32-WROOM-32D .....	11
Tabel 2. 2 Spesifikasi sensor INA219 .....	13
Tabel 2. 3 Spesifikasi sensor <i>Rain Gauge</i> .....	13
Tabel 2. 4 Spesifikasi sensor <i>Anemometer</i> .....	14
Tabel 2. 5 Spesifikasi <i>Wind Direction</i> .....	15
Tabel 2. 6 Spesifikasi BME280 .....	16
Tabel 2. 7 Spesifikasi Ds18b20.....	16
Tabel 2. 8 Spesifikasi ACS712 .....	17
Tabel 2. 9 Spesifikasi ADS1115 .....	18
Tabel 2. 10 Spesifikasi RTC .....	20
Tabel 2. 11 Spesifikasi <i>Data Logger</i> .....	21
Tabel 2. 12 Spesifikasi Panel Surya.....	22
Tabel 2. 13 Spesifikasi <i>Solar Charge Controller</i> .....	23
Tabel 2. 14 Spesifikasi Baterai.....	23
Tabel 3. 1 Alat dan Bahan.....	26
Tabel 3. 2 Daya Maksimum dan Rentang Kerja Alat yang Digunakan.....	33
Tabel 3. 3 Perbandingan Data Klimatologi BMKG dengan Rentang Kerja Sensor .....	34
Tabel 3. 4 Daftar Penggunaan alat Kalibrasi .....	35
Tabel 3. 5 Skema Pengambilan Data Klimatologi Mikro .....	39
Tabel 4.1 Data Suhu, Tekanan, dan Kelembaban Udara Hasil Monitoring Klimatologi Mikro di Petengoran dan Data Klimatologi BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika) Lampung [24].....	53
Tabel 4. 2 Data Arah dan Kecepatan Angin Hasil Monitoring Klimatologi Mikro di Petengoran dan Data Klimatologi BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika) Lampung [24].....	55
Tabel 4. 3 Data Suhu Air, Radiasi Matahari, dan Curah Hujan Hasil Monitoring Klimatologi Mikro di Petengoran dan Data Klimatologi BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika) Lampung [24].....	56

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Arduino UNO .....	10
Gambar 2. 2 Mikrokontroler ESP32-WROOM-32D .....	10
Gambar 2. 3 Sensor INA219 .....	12
Gambar 2. 4 Sensor <i>Rain Gauge</i> .....	13
Gambar 2. 5 Sensor <i>Anemometer</i> .....	14
Gambar 2. 6 Sensor <i>Wind Direction</i> .....	15
Gambar 2. 7 Sensor BME 280 .....	16
Gambar 2. 8 Sensor Ds18b20.....	16
Gambar 2. 9 Sensor ACS712 .....	17
Gambar 2. 10 Sensor ADS1115 .....	18
Gambar 2. 11 Sensor RTC .....	20
Gambar 2. 12 <i>Data Logger</i> .....	20
Gambar 2. 13 Panel Surya.....	21
Gambar 2. 14 <i>Solar Charge Controller</i> .....	22
Gambar 2. 15 Baterai .....	23
Gambar 2. 16 Arduino IDE.....	24
Gambar 2. 17 Logo <i>Thingsboard</i> .....	25
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian .....	29
Gambar 3. 2 Tahapan Penelitian .....	30
Gambar 3. 3 Arsitektur Sistem Kerja Alat Klimatologi Mikro.....	30
Gambar 3. 4 Area Konservasi Mangrove Petengoran.....	31
Gambar 3. 5 Diagram Alir Proses Desain dan Fabrikasi Alat .....	32
Gambar 3. 6 Diagram Alir Proses Kalibrasi Sensor .....	35
Gambar 3. 7 Desain Alat Klimatologi Mikro.....	36
Gambar 3. 8 Rancangan Penempatan Alat Klimatologi Mikro .....	38
Gambar 4. 1 Panel pertama (Perangkat Monitoring klimatologi).....	41
Gambar 4. 2 Panel kedua (Perangkat catu daya).....	41
Gambar 4. 3 Perangkat Solar Panel.....	42
Gambar 4. 4 Tiang Pemasangan Sensor.....	43
Gambar 4. 5 Library Sistem Monitoring Klimatologi .....	43
Gambar 4. 6 <i>Wifi Setup</i> .....	44

Gambar 4. 7 <i>RTC Setup</i> .....	44
Gambar 4. 8 <i>SD Card Setup</i> .....	45
Gambar 4. 9 <i>Sensor BME280 Setup</i> .....	46
Gambar 4. 10 <i>Sensor Irradiation Setup</i> .....	46
Gambar 4. 11 <i>Sensor DS18B20 Setup</i> .....	47
Gambar 4. 12 <i>Sensor Rain Gauge Setup</i> .....	47
Gambar 4. 13 <i>Thingsboard Setup</i> .....	48
Gambar 4. 14 <i>Visualisasi IoT Platform Thingsboard</i> .....	49
Gambar 4. 15 <i>Device pada Platform Thingsboard</i> .....	50
Gambar 4. 16 <i>Pengaturan Access Token pada Perangkat Klimatologi Mikro</i> .....	50
Gambar 4. 17 <i>Perangkat Monitoring Klimatologi Mikro di Lapangan</i> .....	51
Gambar 4. 18 <i>Pengukuran Daya Menggunakan Watt Meter</i> .....	52
Gambar 4. 19 <i>Pengujian Sensor Menggunakan Solar Meter</i> .....	59
Gambar 4. 20 <i>Nilai Pengujian Sensor dengan Menggunakan ESP32</i> .....	59

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Indonesia merupakan negara yang dikenal sebagai negara kepulauan dengan jumlah pulau terbesar di dunia yaitu 16.056 pulau dan 5 pulau utama seperti Jawa, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan Papua [1]. Indonesia dikelilingi oleh dua benua dan terletak di antara dua samudera serta memiliki pengaruh besar terhadap keadaan alam dan kehidupan. Kondisi alam Indonesia sangat mempengaruhi iklim global dunia [2]. Laporan *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* menjelaskan bahwa suhu bumi meningkat sekitar  $0,8^{\circ}\text{C}$  dalam beberapa tahun terakhir. Selama tiga dekade terakhir, kondisinya lebih hangat daripada dekade sebelumnya. Suhu global menjadi  $1,84^{\circ}\text{C}$  lebih tinggi dari rata-rata dari tahun 1980 hingga 1999. Dibandingkan dengan masa pra-industri (1750), peningkatan suhu global ini setara dengan  $2,5-4,7^{\circ}\text{C}$  [3].

Gejala terjadinya perubahan iklim sendiri telah dirasakan oleh masyarakat wilayah pesisir Lampung dalam beberapa tahun belakangan. Gejala tersebut meliputi kenaikan suhu bumi, naiknya permukaan air laut, perubahan kelembaban udara, curah hujan serta perubahan kecepatan angin [4]. Lampung merupakan provinsi yang termasuk ke dalam tiga kriteria yang memiliki risiko tinggi terhadap dampak dari perubahan iklim [5]. Lampung memiliki tingkat risiko iklim dengan nilai sensitivitas yang cukup tinggi. Hal tersebut disebabkan akibat kurangnya pemahaman masyarakat terhadap kondisi iklim saat ini [6].

Mangrove menyediakan jasa ekosistem yang penting bagi alam dan manusia. Ekosistem mangrove adalah salah satu ekosistem yang paling produktif dan penting secara biologis di dunia dalam hal penyediaan kebutuhan penting dan unik bagi

ekosistem pesisir dan laut, serta bagi masyarakat setempat. Mangrove adalah pelindung alami garis pantai selama badai, angin topan, dan tsunami. Keberadaan hutan mangrove sebagai kawasan konservasi sabuk hijau (*green belt conservation area* – CA) pada dasarnya dapat memberikan dua sisi kemanfaatan. Selain sebagai Kawasan Perlindungan Penuh (*fully protected area* - FPA) dalam rangka pelestarian ekosistem pantai dan laut, dan faktor penting dalam pengaturan iklim, pemanfaatan berkelanjutan (*sustainable used* - SU) dari hutan mangrove memiliki potensi ekonomi dalam bentuk hutan ekowisata bagi masyarakat setempat. Perubahan iklim kemungkinan besar akan berdampak pada ekosistem mangrove melalui proses yang mencakup kenaikan permukaan laut, perubahan arus laut, peningkatan badai, peningkatan suhu, perubahan curah hujan, dan peningkatan CO<sub>2</sub>. Akan tetapi keberadaan dan pemanfaatan hutan mangrove sebagai FPA dan SU, sebaliknya dapat menjaga keteraturan iklim, khususnya iklim mikro kawasan setempat (*microclimate*). Iklim mikro mangrove telah dipelajari untuk menunjukkan perubahan apa yang terjadi pada struktur mangrove, di tepinya, dan di dalam ekosistemnya. Selain itu, studi tentang variabel iklim mikro dapat memberikan kontribusi untuk pemahaman tentang pentingnya mangrove dalam kejadian badai dan kejadian ekstrim dalam skala lokal. Akan tetapi, fakta yang ada menunjukkan bahwa keberadaan stasiun pemantau iklim mikro (*microclimate station* - MCS) di kawasan hutan mangrove hampir tidak ada, sehingga data penting terkait iklim mikro mangrove yang dapat digunakan untuk FPA dan SU juga tidak tersedia.

Berdasarkan hal tersebut penelitian ini dirancang sebuah alat klimatologi mikro yang akan dipasang pada area konservasi hutan mangrove yang berbasis *Internet of Things*. *Internet of Things* merupakan suatu konsep dimana suatu objek memiliki kemampuan untuk terhubung melalui jaringan tanpa harus melakukan interaksi langsung antar manusia, ataupun dari manusia ke perangkat komputer. Sistem ini terhubung dengan platform visualisasi data sehingga memudahkan pengguna mengakses data klimatologi mikro dari manapun dan kapanpun melalui *smartphone*.



## 1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengimplementasikan teknologi *Internet of Things* (IoT) sebagai jaringan komunikasi pada sistem monitoring klimatologi menggunakan sensor suhu, tekanan dan kelembaban udara, sensor curah hujan, sensor kecepatan angin, sensor arah angin, sensor suhu air, dan radiasi matahari.
2. Membuat suatu alat monitoring klimatologi yang dapat mengambil dan mengirimkan data secara *real time*.
3. Melaporkan dan menganalisa masalah yang ditemui pada saat instalasi alat.

## 1.3. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana membuat perangkat yang dapat memonitoring klimatologi yang dapat di jangkau tanpa harus berinteraksi secara langsung.
2. Bagaimana merancang skenario pemasangan alat agar efisien dan berkelanjutan

## 1.4. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Terbangun suatu alat klimatologi yang dapat mengambil data berupa suhu, tekanan udara, kelembaban udara, curah hujan, kecepatan angin, arah angin, suhu air, dan radiasi matahari.
2. Alat yang telah dibuat dipasang pada daerah konservasi *Hutan Mangrove Petengoran*.
3. Hanya membahas hingga pengiriman data ke *Web Server*.
4. Tidak membahas tentang sistem keamanan *Internet of things* (IoT).

## 1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mendapatkan sistem monitoring klimatologi yang terintegrasi *Internet of Things* di area konservasi Hutan Mangrove Petengoran.
2. Hasil penelitian ini dapat diimplementasikan untuk memudahkan pemantauan cuaca di area konservasi Hutan Mangrove Petengoran dan memberikan pengukuran yang akurat dan stabil.
3. Sebagai landasan untuk penelitian selanjutnya.

## **1.6. Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan yang digunakan pada penelitian ini untuk memberikan suatu gambaran sederhana mengenai pembahasan tugas akhir serta untuk memudahkan pemahaman materi pada penelitian ini yang dituliskan menjadi beberapa bab, adalah sebagai berikut:

### **I. PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang masalah, tujuan penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, manfaat penelitian, hipotesis serta sistematika penulisan pada penelitian ini.

### **II. TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini menjelaskan tentang teori pendukung yang menjadi pengantar pemahaman dan berkaitan dengan materi penelitian yang diambil dari berbagai sumber ilmiah seperti buku dan jurnal.

### **III. METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini memaparkan metodologi penelitian antara lain waktu dan tempat pengerjaan, alat dan bahan yang digunakan dalam pengerjaan penelitian, serta metode dan diagram penelitian yang akan digunakan dalam pengerjaan penelitian tugas akhir.

### **IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini menjelaskan hasil dan menganalisa hasil data yang didapatkan dari simulasi yang telah dilakukan pada penelitian tugas akhir.

### **V. PENUTUP**

Bab ini berisi kesimpulan yang didapatkan dari hasil analisa dan pembahasan serta saran yang dapat diberikan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Penelitian Terdahulu**

Penelitian skripsi ini mengacu kepada penelitian sebelumnya ataupun konsep-konsep tentang *Internet of Things* (IoT) yang sudah dilakukan dalam beberapa tahun terakhir. Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Mohit Tiwari dkk, pada tahun 2020 dengan judul “ *Weather Monitoring System Using IoT and Cloud Computing* ” [7]. Penelitian ini membangun sebuah alat monitoring cuaca menggunakan mikrokontroler ESP8266 dan menggunakan empat sensor yaitu DHT11, BMP180, LDR, dan *Raindrop Module*. Data yang sudah diambil oleh keempat sensor tersebut akan disimpan di *cloud* menggunakan *Wifi Module* dan data yang sudah diambil juga dikirimkan kepada *user* melalui *email*.

Penelitian yang kedua yaitu dilakukan oleh Vignesh Mani dkk, pada tahun 2017 dengan judul “*IoT Based Smart energy Management System*” [8]. Penelitian ini membangun suatu sistem IoT menggunakan mikrokontroler ESP8266 dan mini komputer Raspberry Pi 3. Sensor yang digunakan pada penelitian ini yaitu DHT 11, ACS712, dan BH1750. Peneliti juga membangun sebuah *website* yang menampilkan data dalam bentuk grafik.

Penelitian ketiga yaitu dilakukan oleh Saima Zafar dkk, pada tahun 2018 dengan judul “*An IoT Based Real-Time Environmental Monitoring System Using Arduino and Cloud Service*” [9]. Penelitian ini menggunakan mikrokontroler Arduino UNO dengan menggunakan sensor DHT11. Data yang sudah diambil oleh sensor DHT 11 akan dikirimkan dan ditampilkan di *IoT Platform Thingspeak* menggunakan *Wifi*

*Module*. Selain menggunakan *IoT Platform Thingspeak*, user juga dapat mengakses dan melihat data secara *realtime* melalui aplikasi yang berbasis android.

Penelitian keempat dilakukan oleh Medilla dkk, pada tahun 2018 dengan judul “*Weather Station Design Using IoT Platform Based on Arduino Mega*” [10]. Penelitian ini menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 yang terhubung dengan sensor FC-37, BMP-180, dan DHT-22. Selain itu penelitian ini juga menggunakan RTC DS-3231 sebagai *module timeclock*, LCD TFT untuk menampilkan data, *wifi module* untuk menghubungkan ke jaringan internet, dan MMC *Data Logger* sebagai backup penyimpanan data. Data yang telah diambil oleh ketiga sensor ditampilkan dan disimpan di *website* dweet.io dan freeboard.io. Data yang telah diambil juga dibandingkan dengan *weather prediction* oleh Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Yogyakarta.

Penelitian Kelima dilakukan oleh Nikesh Gondehwar dan Kawitkar pada tahun 2016 dengan judul “*IoT Based Smart Agriculture*” [11]. Penelitian ini mengembangkan sistem *smart agriculture* menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT). Penelitian ini menggunakan tiga node yaitu node pertama menggunakan *mobile robot* berbasis GPS (*Global Positioning System*) yang dapat dikendalikan dari jarak jauh dengan menggunakan komputer serta dapat diprogram untuk bernavigasi secara mandiri dalam batas lapangan menggunakan koordinat yang diberikan oleh modul GPS. Node kedua menggunakan *Motion Detection*, *Light Sensor*, dan *Humidity Sensor*. Node ketiga bertugas mengontrol pompa air berdasarkan data yang diambil pada node kedua.

Perbedaan antara penelitian terdahulu dan penelitian yang dilakukan oleh penulis adalah penulis menggunakan ESP32-VROOM-32D dengan menggunakan sensor BME280, DS18B20, *Rain Gauge*, *Anemometer*, *Wind Direction*, INA219, dan ACS712. Platform *Internet of Things* yang digunakan juga berbeda, pada penelitian penulis menggunakan platform *Thingsboard*. Selain itu pada penelitian yang dilakukan oleh penulis dilakukan uji lapangan di Area Konservasi Mangrove Petengoran.

## 2.2. Perubahan Iklim dan Pemanasan Global

Iklim didefinisikan sebagai sintesis peristiwa cuaca selama periode waktu yang lama, yang secara statistik cukup untuk menunjukkan nilai statistik yang berbeda dari keadaan setiap saat. Analisis perubahan iklim dan pemanasan global yang terjadi sebagai fase kritis menunjukkan bahwa adanya perubahan iklim dapat mempengaruhi kehidupan manusia, seperti masalah kesehatan, perubahan iklim yang ekstrim dan perubahan iklim yang tidak menentu dapat menimbulkan wabah penyakit seperti demam berdarah, kulit penyakit, batuk dan pilek. Selain kesehatan, perubahan iklim dapat mempengaruhi sektor pertanian bahkan menjalar ke perekonomian [12]. Perubahan iklim dapat mengakibatkan gagal panen dari sektor padi, tebu, sayuran dan lainnya. Hal ini dapat berdampak pada pertumbuhan ekonomi. Perubahan iklim dapat mengganggu keseimbangan alam yang normal seperti badai akibat perubahan curah hujan, kekeringan akibat kenaikan suhu dan semakin langkanya air. Hal ini menggambarkan bahwa perubahan iklim yang terjadi di Indonesia hingga saat ini telah membawa banyak dampak buruk bagi kehidupan manusia di berbagai bidang.

Perubahan iklim juga tidak terlepas dari pemanasan global, yaitu peningkatan gas rumah kaca di atmosfer yang disebabkan oleh aktivitas manusia. Pemanasan global dan perubahan iklim mengakibatkan kenaikan muka air laut yang dapat mengancam pulau-pulau dan masyarakat pesisir, siklus hidrologi yang dapat meningkatkan penyebab banjir dan musim kemarau. Hal ini akan mengakibatkan curah hujan yang ekstrim, dan perubahan ekologi yang dapat mengancam produktivitas pertanian dan mengganggu aktivitas manusia [13].

Hal ini meningkatkan efek rumah kaca yang menyebabkan *gletser* dan es di kutub mencair sehingga permukaan air laut naik. Naiknya permukaan air laut dapat

mempengaruhi wilayah pesisir seperti erosi pantai. Perubahan ini disertai dengan akresi dan erosi. Faktor penyebab alih fungsi lahan mangrove dan perubahan iklim global melalui kenaikan muka air laut dan peningkatan fenomena ekstrim diprediksi akan memperburuk kondisi berbagai kawasan pesisir secara global [14].

### **2.3. Hutan Mangrove**

Mangrove merupakan salah satu jenis tumbuhan dikotil yang hidup di habitat air payau dan air laut. Mangrove adalah tumbuhan hasil kegiatan budidaya atau diambil dari alam. Hutan mangrove merupakan salah satu jenis hutan yang terdapat di daerah muara dengan struktur tanah berawa dan/atau padat. Mangrove merupakan salah satu solusi terpenting untuk mengatasi berbagai jenis permasalahan lingkungan, terutama untuk mengatasi kerusakan lingkungan akibat rusaknya habitat satwa. Kerusakan ini tidak hanya berdampak pada hewan tetapi juga bagi manusia. Mangrove telah menjadi pelindung lingkungan yang sangat besar. Secara fisik hutan mangrove sangat menjaga garis pantai agar selalu tetap stabil, dapat melindungi pantai dari tebing sungai, juga dapat mencegah erosi laut, alat sebagai peredam ombak dan juga dapat menjadi alat untuk zat-zat dari pencemaran limbah. Ciri-ciri hutan mangrove biasanya tumbuh di daerah intertidal yang jenis tanahnya berlumpur, lempung dan berpasir, tergenang secara periodik setiap hari atau saat air pasang. Getaran dari genangan air menentukan komposisi hutan mangrove. Tanaman mangrove sangat sulit tumbuh di daerah pesisir yang terkena ombak besar dengan arus pasang yang kuat, sehingga memungkinkan terjadinya pengendapan lumpur. Hal ini membuat kita harus memilih waktu yang tepat saat menanam bibit mangrove. Hal-hal yang perlu diperhatikan seperti pasang surut air laut serta kecepatan ombaknya, karena bibit mangrove yang baru ditanam belum memiliki akar untuk mempertahankan diri. Dengan ini membuktikan bahwa mangrove memiliki peran penting untuk menjaga garis pantai. Selain itu, mangrove juga mencegah erosi wilayah pesisir.

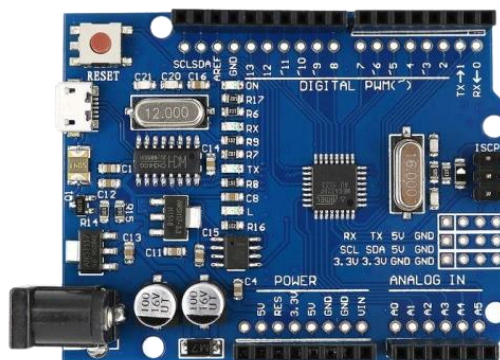


## 2.4. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah komputer kecil yang dikemas dalam bentuk chip IC (*integrated circuit*) yang dirancang untuk melakukan tugas atau fungsi tertentu. Pada dasarnya, rangkaian mikrokontroler terdiri dari satu atau lebih inti prosesor (CPU), memori, dan perangkat input dan output yang dapat diprogram. Penelitian ini dilakukan pengujian dengan menggunakan dua mikrokontroler yaitu ESP32 dan Arduino Uno, dimana setelah beberapa pengujian dan pertimbangan didapatkan ESP32 memiliki performa yang lebih baik baik dalam segi kecepatan prosesor, kecepatan clock dan banyaknya pin ADC sehingga dinilai lebih cocok digunakan dalam alat klimatologi mikro ini.

### 2.4.1. ARDUINO UNO

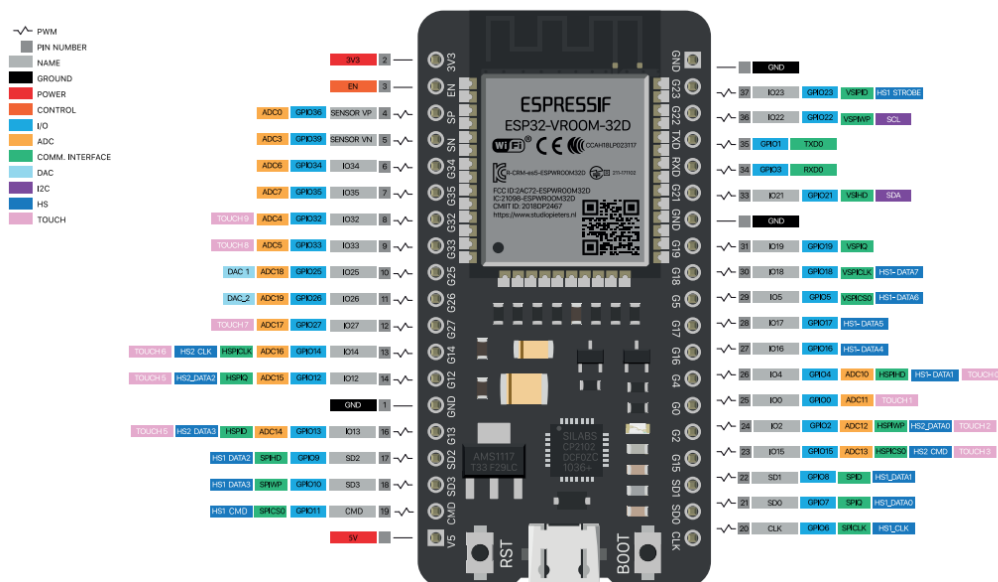
Arduino Uno adalah papan mikrokontroler yang memiliki 14 pin input output digital, 6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, osilator kristal 16MHz, antarmuka USB, konektor daya, header ICSP, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, sambungkan *board* Arduino Uno ke komputer dengan kabel USB atau sumber listrik dengan adaptor AC-DC atau baterai.



Gambar 2.1 Arduino Uno

## 2.4.2. ESP32-VROOM-32D

ESP32 merupakan sebuah perangkat *microcontroller* yang dikemas dalam bentuk chip IC (*Integrated Circuit*) dan dirancang untuk melakukan sebuah tugas tertentu. ESP32 merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266 yang dikenalkan oleh sebuah perusahaan bernama Espressif System. Mikrokontroler ini menggunakan *chip* ESP32-WROOM-32D. *Chip* ini terdiri dari modul Wifi, *Bluetooth*, dan *Bluetooth LE MCU* generik yang kuat yang menargetkan berbagai aplikasi, mulai dari jaringan sensor berdaya rendah hingga tugas yang paling menuntut, seperti suara *encoding*, streaming musik, dan *decoding* MP3 [15].



**Gambar 2. 2** Mikrokontroler ESP32-WROOM-32D

Terdapat banyak bagian dari mikrokontroler, namun bagian utama pada mikrokontroler adalah sebagai berikut:

1. CPU, bertugas melakukan segala jenis komputasi dan perhitungan dari semua sensor dan aktuator dengan *firmware* tertentu. CPU juga bertanggung jawab

untuk mengambil instruksi (*fetch*), menerjemahkannya (*decode*), lalu akhirnya dieksekusi (*execute*).

2. Memori, yang berfungsi untuk menyimpan data dan program. Mikrokontroler biasanya memiliki sejumlah RAM dan ROM atau memori *flash* untuk menyimpan kode sumber program.
3. *Port*, dimana bertugas sebagai penghubung berbagai perangkat seperti LCD, sensor, memori dan perangkat lainnya ke mikrokontroler. Port terbagi menjadi dua jenis yaitu port sebagai *input* atau *output*, dan port sebagai serial.
4. *Converter Signal*, kegunaannya untuk mengubah sinyal analog menjadi digital maupun sebaliknya. Bagian ini biasanya digunakan untuk aplikasi seperti sensor dan LCD.

Berikut untuk *input/output* diagram dan spesifikasi untuk microcontroller ESP32.

**Tabel 2. 1** spesifikasi mikrokontroler ESP32-WROOM-32D

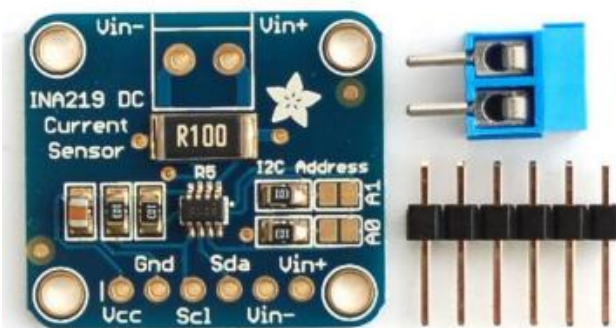
<i>Microprocessor</i>	Xtensa Dual-Core 32 Bit LX6, operating at 160 or 240 MHz and performing at up to 600 DMIPS
<i>Dimension</i>	54,4 mm x 27,9 mm
SRAM	520 kB
<i>Flash memory</i>	4 MB
<i>Antenna</i>	Onboard Antenna
<i>Operating Voltage of Power Module</i>	5V
<i>USB Voltage</i>	5V $\pm$ 0.3V
<i>Operating Temperature</i>	(-40) - 85 °C
<i>Number of Pins</i>	32 pin
<i>Wi-Fi</i>	802.11 b/g/n (802.11n up to 150 Mbps)
<i>Bluetooth</i>	Bluetooth v4.2 BR/EDR and Bluetooth LE specification

## 2.5. Sensor

Sensor adalah perangkat yang digunakan untuk mendeteksi perubahan besaran fisik seperti tekanan, gaya, besaran listrik, cahaya, gerak, kelembaban, suhu, kecepatan dan fenomena lingkungan lainnya. Setelah mengamati perubahan, input yang dirasakan diubah menjadi output yang dapat dipahami seseorang melalui perangkat sensor itu sendiri atau mengirimkan secara elektronik melalui jaringan untuk ditampilkan atau diproses menjadi informasi yang berguna bagi penggunanya. Adapun sensor yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

### 2.5.1. Sensor INA219

Sensor INA219 merupakan modul sensor yang digunakan untuk mengukur arus, tegangan dan daya pada suatu rangkaian dengan tingkat keakurasian yang tinggi [16]. Sensor ini menggunakan jalur komunikasi *I2C* dengan menggunakan pin SDA dan SCL pada mikrokontroler. Sensor INA219 menyediakan *address* untuk komunikasi *I2C* nya. Dengan demikian pengguna dapat menggunakan satu pin *I2C* untuk beberapa komponen, dengan ketentuan penggunaan *address* komponen satu sama lain tidak boleh sama. Sensor ini dipilih karena dibutuhkan nya sensor yang dapat membaca arus listrik untuk membuat sensor radiasi matahari bersama sensor ACS712. Sensor INA219 dapat dilihat pada Gambar 2.3.



**Gambar 2. 3** Sensor INA219

**Tabel 2. 2** Spesifikasi sensor INA219

Tegangan kerja	3.3V - 5V
Maksimal pengukuran	26 VDC dan 3,2 A
Suhu operasi	-40°C - 125°C
Tingkat ketelitian	1%
Ukuran	15.1mm x 25 mm x 7.7 mm

### 2.5.2. Sensor *Rain Gauge*

Sensor *Rain Gauge* merupakan sensor digital dengan teknologi penginderaan curah hujan menggunakan sensor *magnetic* yang dapat mengukur curah hujan, baik dalam satuan inchi per hujan maupun mm per hujan [17]. Sensor ini dipilih karena dibutuhkan nya sensor yang dapat membaca intensitas curah hujan sebagai salah satu parameter klimatologi.

**Gambar 2. 4** Sensor *Rain Gauge***Tabel 2. 3** Spesifikasi sensor *Rain Gauge*

Tegangan Kerja	3.3V – 5V
<i>Output</i>	<i>Pulse Digital TTL</i>
Pembacaan Curah Hujan	0.3 mm / Tip

### 2.5.3. Sensor *Anemometer*

Seluruh mangkuk berada dalam arah melingkar, sehingga rotor berputar ke arah yang tetap saat ada angin. Kecepatan putaran rotor tergantung pada kecepatan angin. Rotasi rotor melalui sistem roda gigi mekanis mengatur sistem angka yang menunjukkan jarak angin bertiup [18]. Sensor ini dipilih karena dibutuhkan nya sensor yang dapat membaca kecepatan angin sebagai salah satu parameter klimatologi.



**Gambar 2. 5** Sensor *Anemometer*.

**Tabel 2. 4** Spesifikasi sensor *Anemometer*

Tegangan Kerja	12V – 24V
Signal Output	0V – 5V
Efektivitas Kerja	0 m/s – 60 m/s
Sensitivitas	0.1 m/s
Sistem Error	+ - 3%

### 2.5.4. Sensor *Wind Direction*

*Wind Direction Sensor* adalah alat yang dapat membaca arah angin dan mengetahui sudut tiupan angin. Angin merupakan vektor yang memiliki arah dan gaya. Arah adalah posisi angin dan gaya adalah kekuatan angin[19]. Sensor ini dipilih karena dibutuhkan nya sensor yang dapat membaca arah angin sebagai salah satu parameter klimatologi.



**Gambar 2. 6** Sensor *Wind Direction*

**Tabel 2. 5** Spesifikasi *Wind Direction*

Tegangan Kerja	9V – 24V
Sinyal Output	0V – 5V
Efektivitas Kerja	0° – 360° <i>azimuth-round 16</i>
Sistem Error	+/- 3%

#### 2.5.5. Sensor BME 280

Modul sensor BME280 merupakan modul sensor yang dapat mengukur kelembaban, suhu, tekanan udara dan ketinggian. Sensor ini sangat mudah digunakan karena tidak memerlukan komponen tambahan apa pun dan memiliki fungsi pra-kalibrasi. Sensor BME280 ini merupakan penerus dari sensor BMP180 yang diproduksi oleh Bosch. Modul ini dilengkapi dengan regulator 3.3V LM6206 *on-board* dan pengatur *level* tegangan *I2C*, sehingga dapat digunakan dengan mikrokontroler logika 3.3V atau 5V seperti ESP32 [20]. Sensor ini dipilih karena dibutuhkan nya sensor yang dapat membaca suhu udara, tekanan udara dan kelembaban udara.



Gambar 2. 7 Sensor BME 280

**Tabel 2. 6** Spesifikasi BME280

Tegangan Kerja	3.3V – 5V
Kelembaban	0 – 100%
Akurasi	+ -3%
Tekanan	300Pa – 1100hPa
Akurasi Ketinggian	+ - 1m

### 2.5.6. Sensor Ds18b20

atau hanya membutuhkan pin komunikasi jalur data. Setiap sensor DS18B20 memiliki nomor seri 64-bit yang unik, yang berarti dapat menggunakan beberapa sensor pada bus daya yang sama (beberapa sensor terhubung ke GPIO yang sama) [21]. Sensor ini dipilih karena dibutuhkan nya sensor yang dapat membaca suhu air di lokasi Konservasi Mangrove Petengoran.

**Gambar 2. 8** Sensor Ds18b20**Tabel 2. 7** Spesifikasi Ds18b20

Tegangan Kerja	3.3V – 5V
suhu	-55°C – 125°C



### 2.5.7. Sensor ACS712

ACS712 adalah sensor arus berdasarkan efek medan. Sensor arus ini dapat digunakan untuk mengukur arus AC atau DC. Modul sensor ini dilengkapi dengan rangkaian penguat operasional untuk meningkatkan sensitivitas pengukuran arus dan mampu mengukur perubahan arus yang kecil. Sensor ini digunakan dalam aplikasi industri, komersial dan komunikasi [22]. Sensor ini dipilih karena dibutuhkan nya sensor yang dapat membaca arus listrik untuk membuat sensor radiasi matahari bersama sensor INA219.



**Gambar 2. 9** Sensor ACS712

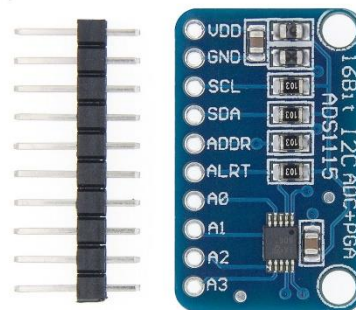
**Tabel 2. 8** Spesifikasi ACS712

Tegangan Kerja	3.3V – 5V
Sensitivitas Pembacaan	185mV/A
Kemampuan Pengukuran	<5A
<i>Support</i> Masukan	AC dan DC

### 2.5.8. Sensor ADS 1115

Modul ADS1115 ADC adalah modul untuk membaca konverter analog ke digital (ADC) menggunakan komunikasi *I2C* dengan resolusi hingga 16-bit dan 4 saluran. Secara fungsional mudah digunakan untuk mengukur berbagai sinyal dengan tegangan dari 2V hingga 5V dan sangat cocok untuk pengukuran dengan resolusi 16-bit. Modul dibutuhkan ketika kebutuhan sebuah ADC melebihi jumlah total ADC, baik itu Arduino, ESP32, Raspberry atau jenis mikrokontroler lainnya.

Sehingga modul ini dapat digunakan untuk meningkatkan kebutuhan akan kemampuan ADC dan kemudahan akses melalui komunikasi *I2C* [23]. Sensor ini dipilih karena dibutuhkan nya lebih dari satu pin *I2C* sedangkan ESP32 hanya menyediakan satu pin *I2C*.



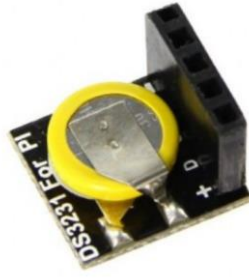
**Gambar 2. 10** Sensor ADS1115

**Tabel 2. 9** Spesifikasi ADS1115

Tegangan Kerja	2.0V – 5V
Resolusi	ADC 16-Bit
Komunikasi	<i>I2C</i> 7-Bit
<i>Sampling rate</i>	8– 860 sps ( <i>sampling per second</i> )

## 2.6. *Real Time Clock (RTC)*

*RTC (Real Time Clock)* merupakan sebuah modul yang berfungsi untuk menjalankan fungsi waktu dan tanggal secara *realtime*. Komponen ini dapat berdiri sendiri, maksudnya adalah komponen ini mempunyai *power supply* mandiri dan tidak bergantung pada mikrokontroler yang dipakai. Sehingga waktu yang telah diatur pada saat pertama kali akan terus berjalan walaupun komponen ini tidak terhubung dengan *power supply* manapun. Pada penelitian ini *RTC* digunakan untuk mengatur pengiriman data agar lebih terjadwal. Komponen *RTC* dapat dilihat pada Gambar 2.11.



**Gambar 2.11** RTC

Adapun spesifikasi lebih lanjut terkait RTC DS3231 adalah sebagai berikut:

**Tabel 2. 10.** Spesifikasi RTC

Tegangan kerja	2.3V - 5V
Konsumsi arus	500 nA (saat bekerja)
Suhu operasi sensor	-40°C - 85°C
Akurasi	5 ppm
Fungsi	Detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, tahun

### 2.7. *Data Logger*

Perangkat pengumpul data atau *Data Logger* adalah perangkat elektronik yang menyimpan data dari waktu ke waktu. Pencatat data berukuran kecil, bertenaga baterai, dan menggunakan memori eksternal untuk menyimpan data sensor.



**Gambar 2.12** *Data Logger*

Adapun spesifikasi lebih lanjut terkait *Data Logger* adalah sebagai berikut:

**Tabel 2.11** Spesifikasi *Data Logger*

Tegangan kerja	3.3V – 5.5V
Penyimpanan	Micro SD MicroSDHC
Komunikasi Data	SPI
Fungsi	Penyimpanan Data

## 2.8. Panel Surya

Panel Surya adalah alat untuk mengubah sinar matahari menjadi listrik dengan menggunakan metode efek fotovoltaiik. Fotovoltaiik adalah proses pembangkitan tegangan listrik, yang dipicu oleh hubungan kontak antara dua elektroda. Yang sudah terhubung ke sistem saat menerima energi cahaya. Modul surya juga disebut sebagai sistem tenaga surya yang dikatakan memiliki tingkat efisiensi yang tinggi. Selain itu, panel surya dinilai lebih murah karena ekonomis dan ramah lingkungan. Secara umum, sel surya adalah "dioda" tetapi memiliki luas permukaan yang lebih besar dari biasanya. Lebar permukaan sel surya secara otomatis membuat perangkat sel jauh lebih sensitif [22].

**Gambar 2.13** Panel Surya

Adapun spesifikasi lebih lanjut terkait Panel Surya adalah sebagai berikut:

**Tabel 2.12** Spesifikasi Panel Surya

Daya	50 WP
Tegangan Daya Maksimum	18,3 Vpm
Arus Daya Maksimum	3,2 Ipm

### 2.9. Solar Charge Controller

*Solar Charge Controller* adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang dibebankan pada baterai dan dialirkan dari baterai ke beban. *Solar panel charge controller* mengatur *overcharging* (pengisian berlebih - karena baterai sudah penuh) dan tegangan lebih dari solar panel/cell. *Overvoltage* dan *overcharging* akan mempersingkat masa pakai baterai. *Solar Charge Controller* memiliki teknologi *Pulse Width Modulation (PWM)*, yang mengontrol fungsi pengisian baterai dan daya dari baterai ke beban.

**Gambar 2.14** Solar Charge Controller

Adapun spesifikasi lebih lanjut terkait *Solar Charge Controller* adalah sebagai berikut:

**Tabel 2.13** Spesifikasi *Solar Charge Controller*

Tegangan kerja	12V – 24V
Arus Maksimum	20A
<i>Max PV Voltage</i>	60 V
<i>Max PV Input Power</i>	260W = 12V 520W = 24 V

## 2.10. Baterai

Baterai adalah alat yang digunakan untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk kimia, yang kemudian diubah menjadi energi listrik untuk menghasilkan arus listrik yang dibutuhkan. Arus baterai dihasilkan oleh reaksi kimia antara komponen aktif pelat baterai dan asam sulfat dalam larutan elektrolit. Bertindak sebagai penstabil tegangan sistem dan berfungsi sebagai baterai atau perangkat penyimpanan energi setelah periode penggunaan. Energi baterai berkurang dan habis, sehingga tidak lagi menghasilkan listrik. Baterai dapat diisi dengan arus searah, kebalikan dari arus yang mengalir keluar dari baterai selama penggunaan. Selama penggunaan normal, baterai selalu diisi dengan pengisi daya.

**Gambar 2.15** Baterai

Adapun spesifikasi lebih lanjut terkait baterai adalah sebagai berikut:

**Tabel 2.14.** Spesifikasi Baterai

Tegangan kerja	12V
Penyimpanan	50AH

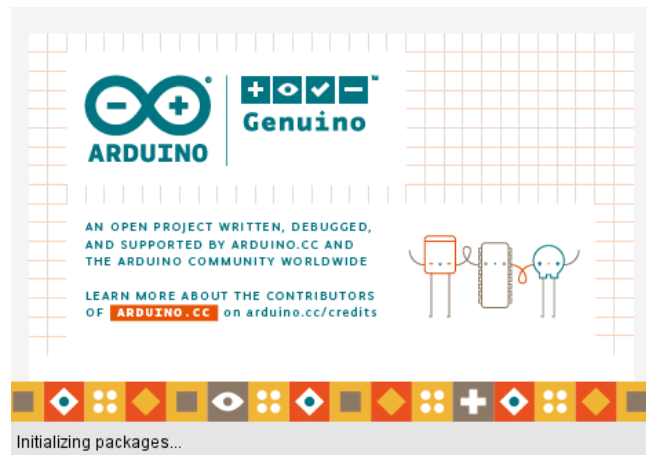
<i>Cycle Use</i>	14.4 - 15 V
<i>Standby Use</i>	13.5 – 13.8 V
<i>Initial Current</i>	16.5 A

### 2.11. *Internet of Things (IoT) dan Artificial Intelligence (AI)*

*Internet of Things* adalah konsep dimana suatu objek mampu mentransmisikan data melalui jaringan tanpa bantuan komputer dan perangkat manusia. *Internet of Things* atau IoT telah mengalami banyak perkembangan. Perkembangan IoT dapat dilihat mulai dari tingkat konvergensi teknologi *wireless*, *microelectromechanical* (MEMS), internet, dan QR (*Quick Responses*) Code. IoT juga sering diidentikkan dengan RFID (*Radio Frequency Identification*) sebagai metode komunikasi. Era Industri 4.0 merupakan alat yang terhubung dengan internet dan terintegrasi satu sama lain atau bisa disebut dengan *Internet of Things (IoT)*. Elemen utama di Era Industri 4.0 adalah *Internet of Things (IoT)*. *Internet of Things (IoT)* berpengaruh di berbagai industri seperti manufaktur, logistik, kesehatan, tata kota, rumah, pertanian, bahkan industri otomotif. Fungsi utama IoT pada dasarnya adalah sebagai penambang data. IoT berfungsi untuk mencari dan mengumpulkan berbagai data dari lapangan yang nantinya akan diolah menjadi data yang lebih bermanfaat, jadi Era Industri 4.0 dan *Internet of Things (IoT)* saling berhubungan. *Artificial Intelligence (AI)* adalah penemuan yang dapat memberikan kemampuan bagi teknologi atau mesin apa pun untuk berpikir. AI di sini dilakukan dengan mengumpulkan berbagai data, memasang jaringan, dan mengembangkan algoritma dari kecerdasan buatan sehingga dari yang semula mesin hanya dapat menjalankan perintah dari pengguna secara langsung, kini dapat melakukan berbagai aktivitas sendiri tanpa menunggu instruksi. dari pengguna. Penelitian Umi pada tahun 2022 menyebutkan bahwa *Artificial Intelligence* merupakan inovasi baru dalam ilmu pengetahuan. Keberadaan kecerdasan buatan dimulai sejak munculnya komputer modern pada tahun 1940 dan pada tahun 1950 AI merupakan alat atau komputer yang dapat melakukan tugas-tugas yang dilakukan oleh manusia, oleh karena itu AI juga dapat digunakan dalam kegiatan gaming, robotika, pengolahan data, dan masih banyak lagi yang lainnya [15].

## 2.12. Arduino IDE

Arduino IDE adalah *software* yang digunakan untuk membuat sketsa pemrograman atau dengan kata lain Arduino IDE sebagai media pemrograman pada *board* yang ingin diprogram.



**Gambar 2. 16** Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment. Software*) berguna untuk mengedit, membuat, mengunggah ke papan tertentu, dan mengkode program tertentu. Arduino IDE dibangun dari bahasa pemrograman JAVA, yang dilengkapi dengan *library* C/C++(*wiring*), yang membuat operasi *input/output* lebih mudah. *Software* Arduino IDE ini tidak hanya untuk memprogram *board* Arduino Uno, tetapi juga untuk memprogram *board* lain seperti Arduino Nano, Arduino Genio, Mapi32, NodeMCU, dan sejenisnya.

## 2.13. Platform IoT

Platform IoT adalah perangkat lunak yang menghubungkan data (koneksi internet) dengan objek digital tanpa memerlukan campur tangan manusia. Dengan kata lain, IoT adalah teknologi yang mengintegrasikan konektivitas, perangkat keras, dan *cloud*. Teknologi IoT memungkinkan Anda membangun aplikasi dengan fitur spesifik sesuai kebutuhan bisnis Anda. Tujuannya agar aplikasi Anda berfungsi dan



sesuai dengan target pasar. Ini akan membantu Anda mengurangi risiko dan biaya saat mengembangkan hingga meluncurkan produk ke pasar. Secara sederhana, sistem IoT terdiri dari sensor atau perangkat yang berkomunikasi dengan *cloud* melalui beberapa jenis konektivitas. Setelah data masuk ke *cloud*, perangkat lunak akan memprosesnya. Kemudian putuskan untuk mengambil tindakan, seperti mengirim peringatan atau menyesuaikan sensor atau perangkat secara otomatis tanpa memerlukan pengguna. *Platform* IoT dapat menunjukkan dengan tepat informasi apa yang berguna dan apa yang harus Anda abaikan dengan aman. Informasi ini dapat digunakan untuk mendeteksi pola, membuat rekomendasi, dan memprediksi kemungkinan masalah.



**Gambar 2. 17** Logo *Thingsboard*

*Thingsboard* merupakan sebuah *platform Internet of Things (IoT)* yang bersifat *open source*. *Thingsboard* merupakan *web server* yang dapat digunakan sebagai *platform manajemen device*, pengumpulan data, dan visualisasi data berbasis *website*.

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

### **3.1. Waktu dan Tempat Penelitian**

Adapun waktu dan tempat penelitian ini adalah sebagai berikut.

Waktu : Juli 2022 – Januari 2023.

Tempat : Laboratorium Terpadu Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung dan di area konservasi Hutan Mangrove Petengoran Desa Gebang , Kecamatan Padang Cermin , Kabupaten Pesawaran.

### **3.2. Alat dan Bahan**

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

**Tabel 3. 1** Alat dan Bahan

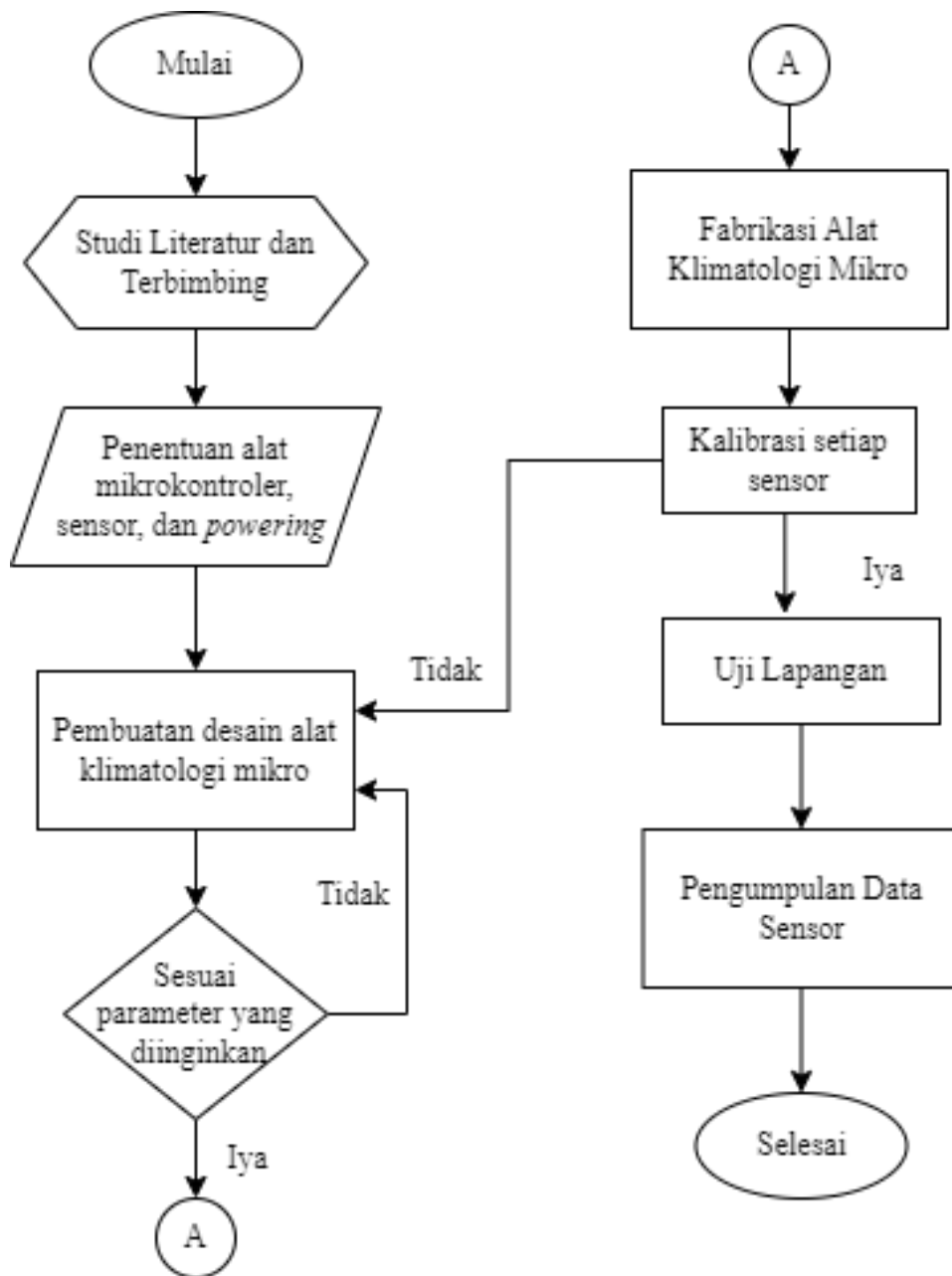
<b>No</b>	<b>Alat dan Bahan</b>	<b>Kegunaan</b>
1.	Komputer	Sebagai alat pemrograman mikrokontroler ESP32
2.	ESP 32	Sebagai mikrokontroler
3.	Sensor BME 280	Sebagai pengukur suhu, kelembaban dan tekanan udara

No	Alat dan Bahan	Kegunaan
4.	Sensor Ds18B20	Sebagai pengukur suhu air
5.	Sensor <i>Rain Gauge</i>	Sebagai pengukur curah hujan
6.	Sensor <i>Anemometer</i>	Sebagai pengukur kecepatan angin
7.	Sensor <i>Wind Direction</i>	Sebagai pengukur arah angin
8.	Sensor INA 219	Sebagai pengukur Arus yang akan dikonversi menjadi pengukur radiasi matahari
9.	Sensor ACS712	Sebagai pengukur Arus yang akan dikonversi menjadi pengukur radiasi matahari
10.	Sensor ADS1115	Modul <i>Analog to Digital Converter</i>
11.	<i>Solar Cell</i>	Mengukur radiasi matahari
12.	<i>Real Time Clock (RTC)</i>	Sebagai pengatur waktu penjadwalan
13.	Router Tenda N300	Sebagai penghubung ke layanan internet
14.	Baterai	Digunakan untuk <i>backup</i> arus listrik yang diambil menggunakan <i>solar panel</i>
15.	Buck Boost Converter	Sebagai komponen untuk menaikkan dan menurunkan tegangan
16.	MPPT	Sebagai modul <i>charger control</i>
17.	<i>Solar panel</i>	Digunakan sebagai sumber utama arus listrik
20.	<i>Data Logger + Memory 32GB</i>	Sebagai tempat <i>backup</i> penyimpanan data

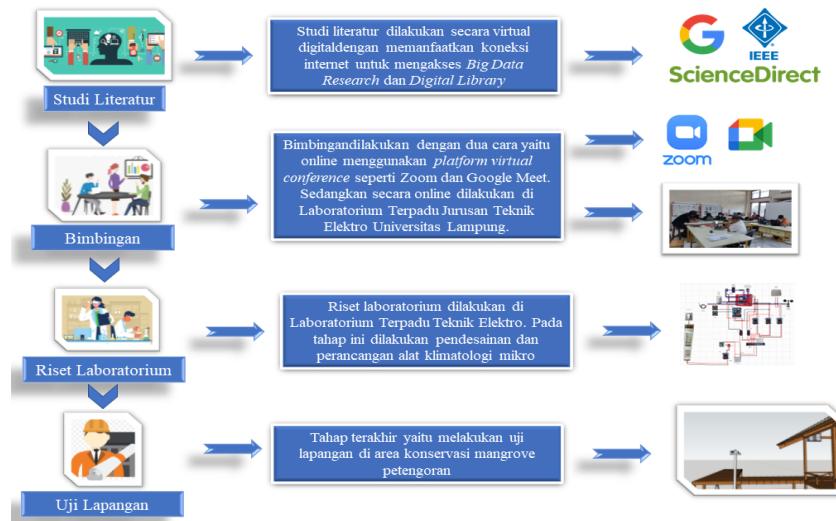
### 3.3. Tahapan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur dan terbimbing terhadap topik terkait Rancang Bangun Sistem Klimatologi Mikro Wilayah Konservasi Mangrove Petengoran Berbasis *Internet of Things*. Proses dilanjutkan dengan menentukan mikrokontroler, sistem *powering*, sensor, Penyimpanan data, dan penampilan data. Selanjutnya yaitu dilakukan proses desain dan perancangan alat klimatologi mikro hingga didapatkan ketentuan dan parameter yang diinginkan.

Tahap selanjutnya yaitu dilakukan proses fabrikasi sesuai dengan desain alat yang telah dibuat sebelumnya, selain fabrikasi dilakukan juga proses kalibrasi menggunakan alat yang telah bekerja sesuai parameter. Ketika sensor sudah mengambil data sesuai dengan parameter maka dilanjutkan dengan uji lapangan di Area Konservasi Mangrove Petengoran, Desa Gebang, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran, pengumpulan data dilakukan hingga data yang di dapatkan dirasa cukup untuk diolah nantinya.



**Gambar 3. 1** Diagram Alir Penelitian



**Gambar 3. 2** Tahapan Penelitian

Gambar 3.2 merupakan konsep pelaksanaan penelitian, pada gambar tersebut diuraikan tahapan penelitian yang dilakukan diantaranya studi literatur, bimbingan, hingga uji lapangan. Riset yang dilakukan selama masa pandemi berlangsung dengan tetap mematuhi standar protokol kesehatan.

### 3.3.1. Studi Literatur

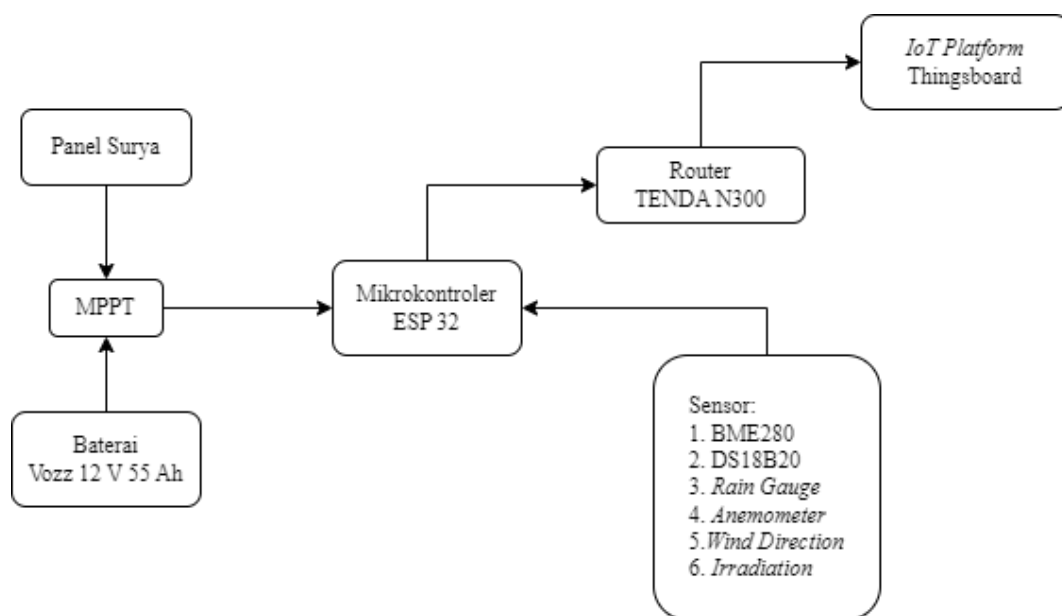
Studi literatur merupakan tahap yang dilakukan untuk mengumpulkan dan memahami berbagai literatur mulai dari parameter klimatologi untuk area mangrove, sensor-sensor apa saja yang digunakan dalam pembuatan alat klimatologi, desain hingga perancangan alat klimatologi, hingga perancangan penempatan alat klimatologi saat dilakukan uji lapangan di area konservasi Mangrove Petengoran. Literatur yang digunakan sebagai referensi adalah artikel yang bersumber dari jurnal ilmiah dan *website* yang informasinya dapat dipertanggungjawabkan.

### 3.3.2. Bimbingan

Bimbingan dilakukan dengan cara berdiskusi berkala dengan dosen pembimbing dalam memahami perancangan alat klimatologi baik dari merancang *embedded system* hingga alat klimatologi dapat berjalan dengan baik, hingga sistem pengujian alat secara langsung di area konservasi Hutan Mangrove Petengoran.

### 3.3.3. Riset Laboratorium

Riset laboratorium dilakukan di Laboratorium Terpadu Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung dibawah bimbingan oleh dosen pembimbing dan PLP Laboratorium terkait sistem kerja alat klimatologi mikro, mendesain dan merancang alat klimatologi mikro , hingga kalibrasi setiap sensor yang digunakan di alat klimatologi mikro.



**Gambar 3. 3** Arsitektur Sistem Kerja Alat Klimatologi Mikro

Gambar 3.3 merupakan sistem arsitektur kerja alat klimatologi mikro, pada alat ini menggunakan mikrokontroler ESP32 yang dihubungkan dengan sumber listrik panel surya yang nantinya dihubungkan dengan baterai VOZ 12V 55AH menggunakan modul *solar charge* MPPT. Mikrokontroler dihubungkan dengan sensor-sensor yang digunakan untuk mengambil data klimatologi. Data klimatologi yang telah didapatkan akan dikirimkan ke platform IoT *Thingsboard*, *Thingsboard* ini akan menampilkan data secara *realtime* dan data yang telah diterima dapat di unduh.

### 3.3.4. Uji Lapangan

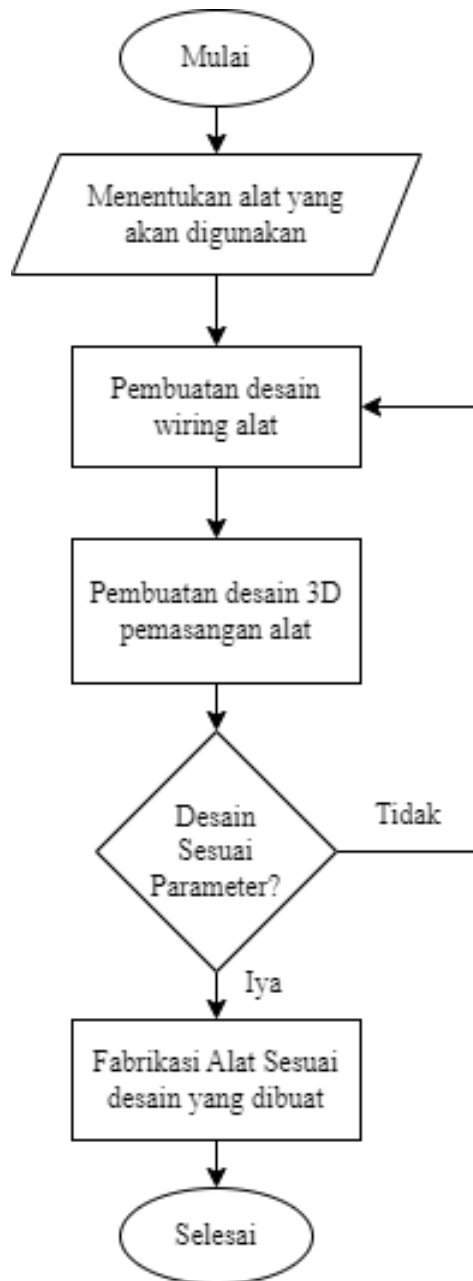
Uji lapangan ini dilakukan dengan memasang alat klimatologi mikro yang telah dibuat dan dilakukan pengambilan data selama 29 hari di area konservasi Mangrove Petengoran, Desa Gebang, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran.



**Gambar 3. 4** Area Konservasi Mangrove Petengoran

### 3.3.5. Diagram Alir Proses Pembuatan Desain dan Fabrikasi Alat

Adapun diagram alir pembuatan model desain alat adalah sebagai berikut.



**Gambar 3. 5** Diagram Alir Proses Desain dan Fabrikasi Alat

Dalam menentukan alat dan sensor yang akan digunakan dibutuhkan data berupa rentang kerja setiap sensor. Adapun rentang kerja setiap sensor ini adalah sebagai berikut.



**Tabel 3. 2** Daya Maksimum dan Rentang Kerja Alat yang Digunakan

No.	Nama	Daya Maksimal Digunakan (mW)	Rentang Kerja
1.	ESP32	2500	-
2.	BME 280	40	1. Kelembaban 0-100% RH 2. Tekanan <i>Max</i> 1100 Hpa 3. Suhu -40°C - 85 °C
3.	DS18B20	20	-55 °C - 125 °C
4.	<i>Rain Gauge</i>	2500	122,688 ml / tip
5.	<i>Anemometer</i>	4500	<i>Max</i> 32,4 m/s
6.	<i>Wind Direction</i>	4500	0° - 360°
7.	INA219	25	0 – 26V DC
8.	ACS712	55	<i>Max</i> 30A DC
9.	ADS1115	825	<i>Max</i> 4 Sensor Analog
10.	RTC	1,66	Up to 2100 Tahun
11.	Router Tenda	1900	4G All Operator
12.	Data Looger	2	<i>Max</i> Data 32 Gb
13.	Buck Boost	15 (penggunaan 5 buck boost 75mW)	3V – 75V
14.	MPPT	31.2	<i>Max</i> PV VOC 60V
Total Daya Digunakan		16.974,86 mW	

Setiap sensor yang digunakan juga harus bisa membaca parameter secara optimal, maka dari itu dibutuhkan perbandingan data klimatologi oleh BMKG dengan rentang kerja setiap sensor. Berikut merupakan perbandingan rentang kerja sensor dengan data yang dimiliki oleh BMKG.

**Tabel 3. 3** Perbandingan Data Klimatologi BMKG dengan Rentang Kerja Sensor

No.	Nama Sensor	Rentang Kerja	Data Klimatologi BMKG Lampung
1.	BME280	Suhu Udara -40°C - 85 °C	Tertinggi 37 °C Terendah 22 °C
		Kelembaban Udara 0 - 100% RH	Tertinggi 90% RH
		Tekanan Udara <i>Max</i> 1100 Hpa	-
2.	<i>Rain Gauge</i>	0.3 mm/ tip	Rata-rata 151 mm / hari
3.	<i>Anemometer</i>	<i>Max</i> 32,4 m/s	Kecepatan <i>Max</i> Normal 4 m/s
4.	<i>Wind Direction</i>	0° - 360°	Data tercatat BMKG menggunakan 8 arah mata angin
5.	Irradiation Meter	1375 w/m <sup>2</sup>	Data tercatat BMKG menggunakan lama penyinaran matahari dengan data terlama 11 jam
6.	DS18B20	-55 °C - 125 °C	-

### 3.3.6. Diagram Alir Proses Kalibrasi Sensor

Kalibrasi adalah proses pengecekan dan penyesuaian akurasi alat ukur dibandingkan dengan standar acuan, seperti yang dicantumkan pada tabel 3.5 Daftar Penggunaan alat Kalibrasi. Kalibrasi diperlukan untuk memastikan bahwa hasil pengukuran akurat dan kompatibel dengan instrumen lain. Adapun proses kalibrasi dari setiap sensor ini adalah sebagai berikut.



**Gambar 3. 6** Diagram Alir Proses Kalibrasi Sensor

Berdasarkan diagram dibutuhkan beberapa alat yang akan digunakan untuk mengkalibrasi setiap sensor sehingga dapat diketahui apakah sensor dapat bekerja dengan optimal atau tidak, beberapa alat kalibrasi yang digunakan adalah sebagai berikut.

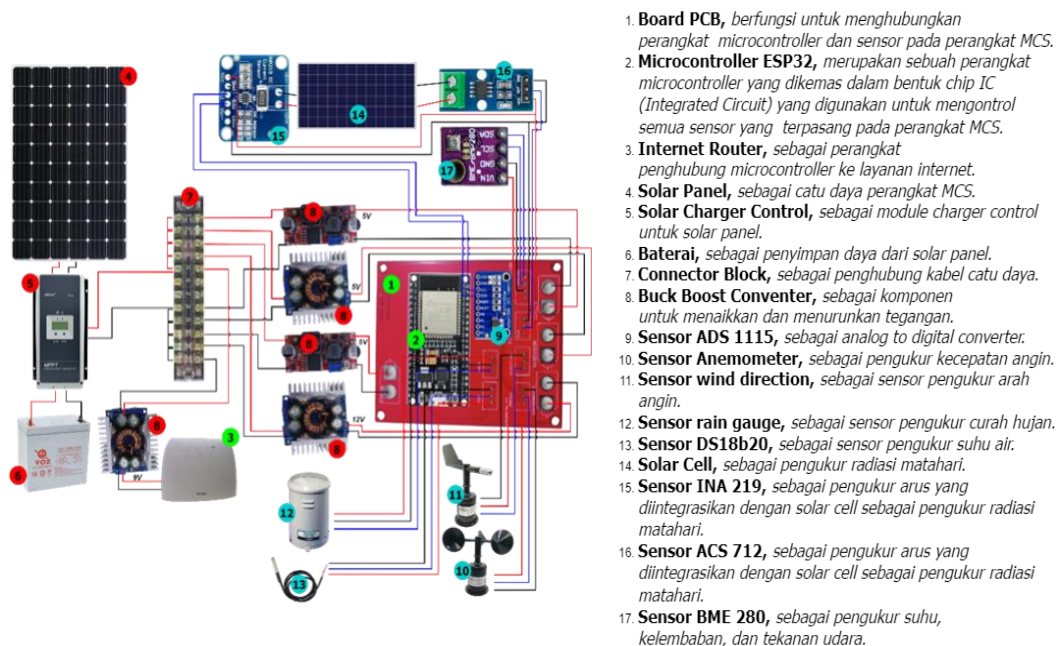
**Tabel 3. 4** Daftar Penggunaan alat Kalibrasi

No.	Alat Kalibrasi	Kegunaan
1.	Solar Power Meter	Digunakan untuk mengkalibrasi sensor radiasi matahari ( <i>Irradiation Meter</i> )
2.	Wind Speed Meter	Digunakan untuk mengkalibrasi sensor kecepatan angin ( <i>Anemometer</i> )

No.	Alat Kalibrasi	Kegunaan
3.	Kompas	Digunakan untuk mengkalibrasi sensor arah angin ( <i>Wind Direction</i> )
4.	<i>Digital Thermo Hygro</i>	Digunakan untuk mengkalibrasi sensor suhu, tekanan, dan kelembaban udara (BME280).
5.	Thermometer	Digunakan untuk mengkalibrasi sensor suhu air (DS18B20)
6.	Gelas Ukur	Digunakan untuk mengkalibrasi sensor hujan ( <i>Rain Gauge</i> )

### 3.4. Desain Alat Monitoting Klimatologi Mikro

Adapun desain alat monitoring klimatologi mikro adalah sebagai berikut.



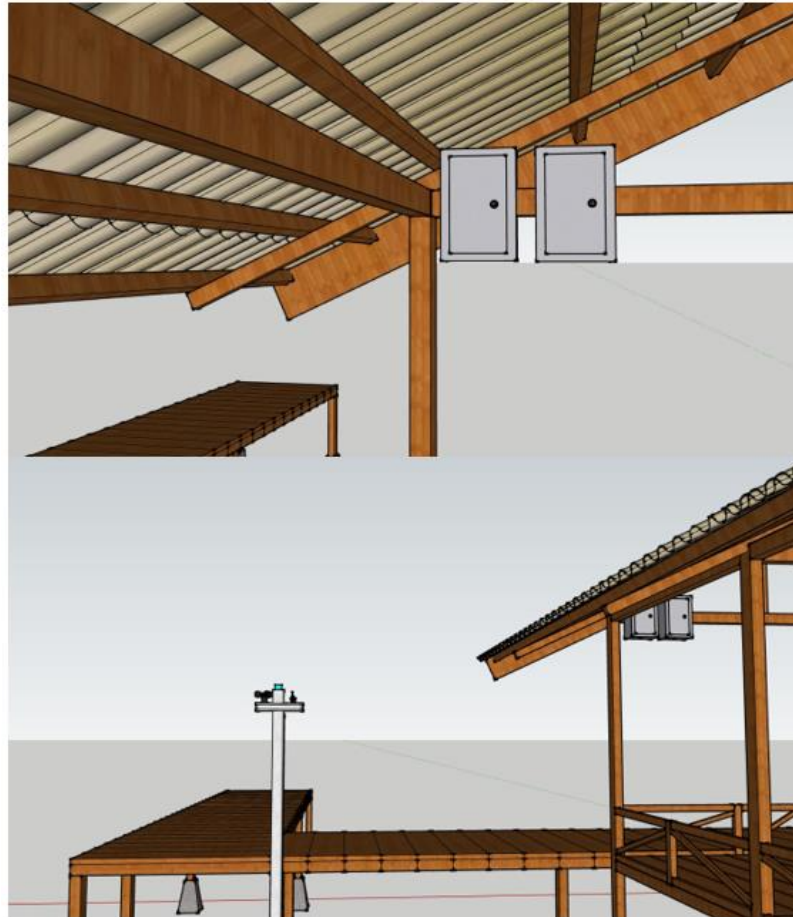
**Gambar 3. 7** Desain Alat Klimatologi Mikro

Gambar 3.7 merupakan desain *wiring* alat klimatologi mikro yang nantinya akan di fabrikasi dalam 2 *panel box*. Panel pertama berisi sistem *powering* dan backup baterai, sedangkan panel kedua berisi mikrokontroler dan sensor-sensor yang digunakan pada sistem klimatologi mikro.

Poin (1) pada gambar 3.7 merupakan *Board PCB* yang berfungsi untuk menghubungkan perangkat mikrokontroler dan sensor pada perangkat MCS, poin (2) merupakan ESP32 yaitu mikrokontroler yang dikemas dalam bentuk *chip IC (Integrated Circuit)* yang digunakan untuk mengontrol semua sensor, poin (3) merupakan *router* yang digunakan untuk menghubungkan perangkat MCS dengan layanan internet, poin (4) merupakan *solar panel* sebagai catu daya, poin (5) merupakan *solar charge control* sebagai modul *charger control* untuk *solar panel*, poin (6) merupakan baterai sebagai penyimpanan daya dari solar panel, poin (7) merupakan *conector block* yang digunakan sebagai penghubung kabel dengan catu daya, poin (8) merupakan *buck boost converter* sebagai komponen untuk menaikkan dan menurunkan tegangan, poin (9) merupakan sensor ADS1115 sebagai *analog to digital converter*, poin (10) *Anemometer* sebagai sebagai pengukur kecepatan angin, poin (11) sensor *Wind Direction* digunakan untuk mengukur arah angin, poin (12) sensor *Rain Gauge* sebagai sensor pengukur curah hujan, poin (13) sensor DS18B20 yang merupakan sensor suhu air, poin (14) merupakan *solar cell* sebagai bagian dari sensor pengukur radiasi matahari poin (15) sensor INA219 sebagai sensor arus yang terintegrasi sebagai pengukur radiasi matahari, poin (16) sensor ACS712 sebagai sensor arus yang juga terintegrasi sebagai pengukur radiasi matahari, poin (17) merupakan sensor BME280 sebagai pengukur suhu, kelembaban, dan tekanan udara.

### 3.5. Rancangan Penempatan Alat Klimatologi Mikro

Adapun rancangan penempatan alat klimatologi mikro ini adalah sebagai berikut.



**Gambar 3. 8** Rancangan Penempatan Alat Klimatologi Mikro

Gambar 3.8 menggambarkan rancangan penempatan alat klimatologi mikro di area konservasi Mangrove Petengoran. Penempatannya yaitu di salah satu saung pada area konservasi Mangrove Petengoran, di saung ini akan ditempatkan 2 *panel box* yaitu panel *powering* dan panel mikrokontroler.

Sensor suhu, kelembaban, dan tekanan udara ditempatkan di saung berdekatan dengan kedua *panel box*, untuk sensor kecepatan angin, arah angin dan curah hujan ditempatkan diatas tiang beton yang berjarak 4m dari saung, dan untuk sensor radiasi matahari ditempatkan di atap saung agar selalu terkena pancaran sinar matahari.

### 3.6. Skema Pengambilan Data

Adapun skema pengambilan data pada penelitian ini yaitu dengan melakukan pengiriman data ke *platform Thingsboard* dilakukan pengiriman data setiap 10 menit sekali. Berikut merupakan tabel skema pengambilan data klimatologi mikro. Tabel skema pengambilan data ini nantinya akan dibandingkan dengan data milik BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) pada tabel 4.1 hingga 4.3 dan data keseluruhan terdapat pada lampiran.

**Tabel 3. 5** Skema Pengambilan Data Klimatologi Mikro

Waktu	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Tekanan Udara (hPa)	Suhu Air (°C)	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin (°)	Curah Hujan (mm)	Radiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )
19/10/2022	29,97	64,43	1010,76	29,75	6,06	157	0,43	404,68
20/10/2022	29,16	71,38	1011,35	30,31	5,43	135	0,00	541,95
21/10/2022	27,91	76,72	1013,02	29,81	2,15	295	0,00	201,91
22/10/2022	29,12	76,14	1012,76	31,69	2,43	135	12,86	697,79
23/10/2022	27,94	83,09	1013,13	31,5	5,61	312	15,86	582,58

### 3.7. Pembuatan Laporan

Tahap terakhir adalah penulisan laporan seluruh hasil pembuatan alat klimatologi mikro dan data hasil pengambilan data yang telah dibuat dalam bentuk laporan akhir.

## **BAB V PENUTUP**

### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian tentang “Rancang Bangun Sistem Monitoring Klimatologi Mikro Wilayah Konservasi Mangrove Petengoran Berbasis *Internet of Things*” dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Teknologi *Internet of Things* (IoT) dapat diimplementasikan sebagai jaringan komunikasi pada sistem *monitoring* klimatologi mikro menggunakan sensor suhu, kelembaban dan tekanan udara, sensor suhu air, sensor radiasi matahari, sensor curah hujan, sensor kecepatan angin, dan sensor arah angin. Data yang telah diambil disimpan di dalam *micro sd* dan dikirimkan ke IoT *platform Thingsboard* lalu divisualisasikan secara *real time* dalam bentuk *timestamp* dan grafik seperti pada gambar 4.14.
2. Penerapan sistem monitoring klimatologi mikro di wilayah konservasi Mangrove Petengoran yang terintegrasi dengan *Internet of Things* (IoT) dapat berjalan dengan baik dan memantau perubahan iklim setiap 10 menit dan secara fluktuatif menunjukkan perubahan data yang terjadi seperti pada gambar 4.14.
3. Data yang telah di uji selama 29 hari telah dibandingkan dengan data milik stasiun pemantauan klimatologi BMKG dan menghasilkan data yg identik walaupun terdapat sedikit perbedaan data (dapat dilihat pada tabel 4.1 hingga 4.3), hal ini disebabkan karena perbedaan lokasi pengambilan data.



4. Berdasarkan pengujian lapangan selama 29 hari, dan perbandingan data dengan milik stasiun pemantauan klimatologi BMKG dapat disimpulkan bahwa alat telah memenuhi empat aspek yaitu, *functionality* dibuktikan dengan setiap sensor yang dipasang dapat mengambil data dengan baik, *durability* dibuktikan dengan alat berhasil melalui uji lapangan selama 29 hari, *reliability* dibuktikan dengan alat berjalan dengan baik dan tidak mengalami kegagalan pengambilan data serta *stability* dibuktikan dengan semua komponen, baik berupa sensor dan kelistrikan telah berjalan dengan stabil.

## 5.2. Saran

Adapun saran yang disampaikan oleh peneliti berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan antara lain adalah:

1. Menggunakan sensor radiasi matahari yang telah *industrial grade* sehingga data yang didapatkan lebih optimal.
2. Dilakukan pengkajian lebih mendalam mengenai penggunaan RTC yang cocok untuk mikrokontroler ESP32, sehingga tidak terdapat pergeseran waktu.
3. Data hasil pemantauan diambil minimal satu siklus musim atau satu tahun sehingga data dapat diolah dan dijadikan sistem prediksi cuaca.
4. Data hasil pemantauan diambil minimal satu siklus musim atau satu tahun sehingga data dapat diolah dan dijadikan sistem prediksi cuaca.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Dalam Negeri, *Buku Saku Reformasi Birokrasi Kementerian Dalam Negeri*. Jakarta: Biro Organisasi dan Tatalaksana, 2018.
- [2] Legionosuko T, Majid A, Asmoro N, and Samudro E, "Posisi dan Strategi Indonesia Dalam Menghadapi Perubahan Iklim Guna Mendukung Ketahanan Nasional," *Jurnal Ketahanan Nasional*, vol. 25(3):295-312.
- [3] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2013) Climate Change 2013. [Online]. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
- [4] Badan Pengelola Lingkungan Hidup, "Status Lingkungan Hidup Kota Bandar Lampung," Badan Pengelola Lingkungan Hidup, Bandar Lampung, 2009.
- [5] W.Z. Ilmi, A.M Azmi, and T Syam, "Identifikasi Karakteristik Kawasan Informal Pesisir Kota Bandar Lampung dan Kerentanan Terhadap Dampak Perubahan Iklim," *Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota*, vol. 17, 2021.
- [6] T. K. Manik, S. Syaukat, and A. Fauzan, "Kajian Kerentanan Dampak Heat Island Studi Kasus Bandar Lampung dan DKI Jakarta," Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia, Depok, 2013.
- [7] T. Mohit, N. Deepak, G. Priya, G. Anupma, G. Abhinav and Ankush, "Weather Monitoring System Using IoT and Cloud Computing," *International Journal of Advanced Science and Technology*, vol. 29, no. 12, pp. 2473-2479, 2020.
- [8] M. Vignesh, Abhilasha, Gunasekhar, Lavanya and S. Suresh, "IoT Based Smart Energy Management System," *International Journal of Applied Engineering Research*, vol. 12, 2017.
- [9] Z. Saima, M. Ghosia, B. Rajaa, M. Danish and A. Khadija, "An IoT Based Real-Time Environmental Monitoring System Using Arduino and Cloud Service,"

- Engineering, Technology & Applied Science Research*, vol. 8, pp. 3238-3234, 2018.
- K. Medilla and A. P. Agusti, "Weather Station Design Using IoT Platform Based On Arduino Mega," *IEEE*, pp. 1-4, 2018.
- [10] G. Nikesh and Kawitkar, "IoT based Smart Agriculture," *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, vol. 5, no. 6, 2016.
- G. Nikesh and Kawitkar, "IoT based Smart Agriculture," *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, vol. 5, no. 6, 2016.
- [11]
- [12] S. Ainurrohmah and S. Sudarti, "Analisis Perubahan Iklim dan Global Warming yang Terjadi sebagai Fase Kritis," *Jurnal Pendidikan Fisika dan Terapan*, vol. 3(3), 1-10, 2022.
- [13] W. E. Cahyo, "Pengaruh pemanasan global terhadap lingkungan bumi," *Berita Dirgantara*, 2010.
- [14] D. N. Handiani, S. Darmawan, A. Heriati, and Y. D. Aditya, "Kajian Kerentanan Pesisir Terhadap Kenaikan Muka Air Laut di Kabupaten Subang Jawa Barat," *Kelautan Nasional*, vol. 14(3), pp. 145–154, 2019.
- [15] E. System, *ESP32-WROOM-32D & ESP32-WROOM-32U datasheet*. Shanghai: Espressif System, 2022.
- [16] Adafruit. (2021, Januari). [Online]. <https://www.adafruit.com/product/904>
- [17] Depoinovasi. Sensor Curah Hujan. [Online]. <https://www.depoinovasi.com/produk-960-sensor-curah-hujan-rain-gauge-support-arduino.html>

- [18] Y.C. Pangestu, E. Sonjaya, and D. Sugihantoro, "Rancang Bangun *Anemometer* Mangkok Dengan Uji Laboratorium dan Lapangan," Universitas Diponegoro, Semarang, Ahlimadya 2015.
- [19] Alatbor. Mengukur Arah Angin Dengan Smart *Wind Direction* Sensor. [Online]. <http://www.alatlabor.com/article/detail/150/wind-smart-diretion-sensor#:~:text=Wind%20Direction%20Smart%20Sensor%20adalah,dari%20angi>
- [20] Suryana Taryana, "Membangun Stasiun Cuaca dengan BME 280 Untuk Monitoring Suhu, Kelembaban, Tekanan Udara dan Ketinggian," 2022.
- [21] R.N. Ikhsan and N. Syafitri, "Pemanfaatan Sensor Suhu DS18B20 sebagai Penstabil Suhu Air Budidaya Ikan Hias," *SNETO*, vol. 19, 2021.
- [22] Rudy Dewanto, "Penjelasan Mengenai Lampu Taman," 2017.
- [23] Nyebarilmu. Cara Mengakses Modul ADC ADS1115. [Online]. <https://www.nyebarilmu.com/cara-mengakses-module-adcads1115/#:~:text=Module%20ADC%20ADS1115%20merupakan%20module,bit%20yang%20terdapat%204%20channel>.
- [24] Badan Meteorologi, Klimatologi, dan geofisika (BMKG). (2022) Pusat Database BMKG. [online]. <https://dataonline.bmkg.go.id/>