

**RANCANG BANGUN PERANGKAT UKUR MURAH MUKA AIR LAUT
(PUMMA) BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IoT) SEBAGAI DETEKSI
DINI TSUNAMI DI WILAYAH CAGAR ALAM KRAKATAU**

(SKRIPSI)

**Oleh
IRSANDI AGE PANGESTU
1915031047**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

RANCANG BANGUN PERANGKAT UKUR MURAH MUKA AIR LAUT (PUMMA) BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IoT) SEBAGAI DETEKSI DINI TSUNAMI DI WILAYAH CAGAR ALAM KRAKATAU

Oleh

IRSANDI AGE PANGESTU

Tsunami adalah salah satu bencana alam yang kerap terjadi di Indonesia. Salah satunya pada 22 Desember 2018 terjadi Tsunami di daerah pesisir Lampung dan Banten dengan menewaskan sedikitnya 426 orang meninggal, 7.202 luka-luka dan 23 menghilang. Berdasarkan peristiwa tersebut Indonesia membutuhkan sebuah sistem pemantauan dan peringatan dini bencana tsunami untuk mempercepat informasi mengenai bencana kepada masyarakat. Perangkat Ukur Murah Muka Air Laut (PUMMA) atau *Inexpensive Device for Sea Water Level* (IDSL), penelitian ini akan membantu masyarakat paham tentang *early warning system*. PUMMA memiliki konfigurasi sensor *Max Sonar* MB7366 sebagai sensing ketinggian permukaan air laut, PUMMA memiliki citra gambar pantai sebagai objek verifikasi ketinggian permukaan laut dalam status normal atau siaga. Sebagai tenaga pengoperasian, PUMMA menggunakan baterai berkapasitas 120Ah yang dapat bertahan selama 3 hari tanpa *charge* dari modul surya. Penelitian lebih lanjut akan mengembangkan tentang *single board*, *single board* ini bertujuan untuk produksi massal PUMMA sebagai *early warning system* yang murah dan andal. PUMMA menggunakan basis *Raspberry Pi* sebagai protokol *internet of things* dan data yang telah dikumpulkan akan ditampilkan dalam sebuah dashboard sebagai informasi terkini bagi masyarakat dan peneliti lainnya.

Kata kunci — *Internet of Things* (IoT), *Early Warning System*, *Inexpensive Device for Sea Water Level*.

ABSTRACT

DESIGN AND DEVELOPMENT OF THE INEXPENSIVE DEVICE FOR SEA WATER LEVEL (IDSL) BASED ON THE INTERNET OF THINGS (IoT) FOR EARLY TSUNAMI DETECTION IN THE KRAKATAU NATURE RESERVE AREA

By

IRSANDI AGE PANGESTU

Tsunami is a recurrent natural disaster in Indonesia. An instance occurred on December 22, 2018, affecting the coastal regions of Lampung and Banten, resulting in a minimum of 426 fatalities, 7,202 injuries, and 23 missing individuals. In response to this event, Indonesia necessitates a comprehensive tsunami disaster monitoring and early warning system to expedite information dissemination to the populace. The research initiative known as Inexpensive Device for Sea Water Level (IDSL) or Perangkat Ukur Murah Muka Air Laut (PUMMA) seeks to contribute to public comprehension of the early warning system. PUMMA integrates the Max Sonar MB7366 sensor configuration for sea water level sensing. Additionally, it employs coastal imagery as a verification. Powered by a 120Ah capacity battery, PUMMA boasts a 3-day operational capability without recharging from the solar module. Subsequent research will concentrate on the development of a single board for the mass production of PUMMA, serving as a cost-effective and dependable early warning system. PUMMA utilizes a Raspberry Pi-based Internet of Things (IoT) protocol, with the collected data presented on a dashboard for real-time information.

Keywords — Internet of Things (IoT), Early Warning System, Inexpensive Device for Sea Water Level.

**RANCANG BANGUN PERANGKAT UKUR MURAH MUKA AIR LAUT
(PUMMA) BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IoT) SEBAGAI DETEKSI
DINI TSUNAMI DI WILAYAH CAGAR ALAM KRAKATAU**

Oleh

IRSANDI AGE PANGESTU

Skripsi

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

Pada

**Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik
Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi : RANCANG BANGUN PERANGKAT UKUR MURAH MUKA AIR LAUT (PUMMA) BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IoT) SEBAGAI DETEKSI DINI TSUNAMI DI WILAYAH CAGAR ALAM KRAKATAU

Nama Mahasiswa : *Irsandi Age Pangestu*

Nomor Pokok Mahasiswa : 1915031047

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



Dr. Ing. Melvi, S.T., M.T.
NIP. 197301182000032001



Mona Arif Muda, S.T., M.T.
NIP. 197111122000031002

2. Mengetahui

Ketua Jurusan
Teknik Elektro

Ketua Program Studi
Teknik Elektro



Heflinawati, S.T., M.T.
NIP. 197103141999032001



Sumadi, S.T., M.T.
NIP. 197311042000031001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

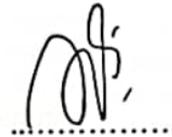
Ketua : Dr. Ing. Melvi, S.T., M.T.



Sekretaris : Mona Arif Muda, S.T., M.T



Penguji : Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc.



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. }
NIP. 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 27 Desember 2023

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Irsandi Age Pangestu
NPM : 1915031047
Jurusan : Teknik Elektro
Alamat Rumah : Candra Kencana, Kecamatan Tulang Bawang Tengah,
Kabupaten Tulang Bawang Barat, Lampung.

Menyatakan dengan sebenar-benarnya dan sungguh-sungguh, bahwa skripsi saya yang berjudul :

Rancang Bangun Perangkat Ukur Murah Muka Air Laut (PUMMA) Berbasis *Internet Of Things (IoT)* Sebagai Deteksi Dini Tsunami Di Wilayah Cagar Alam Krakatau

Adalah benar karya saya sendiri yang saya susun dengan mengikuti norma dan etika akademik yang berlaku. Selanjutnya, saya juga tidak keberatan apabila sebagian atau seluruh data pada skripsi ini digunakan oleh dosen dan/atau program studi untuk kepentingan publikasi. Jika dikemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar sarjana maupun tuntutan hukum.

Bandar Lampung, 27 April 2024
Yang membuat pernyataan



Irsandi Age Pangestu
NPM. 1915031047

RIWAYAT HIDUP



Penulis Lahir di Tulang Bawang Barat, pada tanggal 27 April 2001 sebagai anak kedua dari 3 bersaudara, anak dari bapak F. Sairun dan Ibu Karyati. Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Tumijajar diselesaikan pada tahun 2019.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung pada tahun 2019 melalui jalur SBMPTN. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif mengikuti organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro sebagai Anggota Departemen Kaderisasi dan Pengembangan Organisasi. Penulis mengambil konsentrasi Telekomunikasi dan Teknologi Informasi pada semester 5 dan secara aktif mengikuti kegiatan akademik di Laboratorium Telekomunikasi. Beberapa kegiatan akademik pada lingkup tersebut yang diikuti oleh penulis diantaranya praktikum dibidang telekomunikasi, kegiatan Pengabdian Wira Desa, Studi Independen Kampus Merdeka, dan Riset Sistem Pendeteksi Dini Tsunami yang dilaksanakan di Wilayah Hutan Wisata Mangrove Petengoran, Pesisir Desa Canti Kalianda, dan Wilayah Konservasi Pulau Panjang.

PERSEMBAHAN



Dengan segala Syukur bagi Allah SWT atas berkah Rahmat dan karunia-Nya,
Kupersembahkan karya ini dengan rasa Syukur, hormat dan kasih sayang:

Kepada Ibu dan Ayah

Atas semua rasa kepercayaan, pengorbanan, dukungan doa selama ini kepada Irsandi sehingga Irsandi selalu kuat dan selalu dalam lindungan Allah SWT selama menempuh perkuliahan.

Kepada Dosen Pembimbing, Dosen Penguji, dan Tim PUMMA

Atas kesempatan dan ilmu yang telah diberikan kepada Irsandi selama perkuliahan. Terimakasih atas bimbingan, motivasi dan inspirasi kepada Irsandi.

Kepada Eternity 2019

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

SANWACANA

Alhamdulillah rabbil'alamin. Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi/tugas akhir ini dengan judul “Rancang Bangun Perangkat Ukur Murah Muka Air Laut (PUMMA) Berbasis Internet Of Things (IoT) Sebagai Deteksi Dini Tsunami Di Wilayah Cagar Alam Krakatau”. Dalam pelaksanaan dan pembuatan skripsi ini penulis menerima dukungan baik secara moril maupun materil yang sangat berharga dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih ke semua pihak yang telah membantu, khususnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta dan seluruh keluarga penulis yang tidak hentinya mendo'akan serta memberikan dorongan semangat dan materi;
2. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung;
3. Ibu Herlinawati, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung;
4. Bapak Sumadi, S.T., M.T. selaku Pembimbing Akademik dan Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Lampung;
5. Ibu Dr. Ing. Melvi, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan ilmu, bimbingan, bantuan, masukan, dan pandangan kehidupan kepada penulis disetiap kesempatan dengan baik dan ramah;
6. Bapak Mona Arif Muda S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah memberikan ilmu, bimbingan, masukan, motivasi, dan pandangan kehidupan kepada penulis disetiap kesempatan dengan baik dan ramah;
7. Bapak Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun kepada penulis;
8. Segenap dosen di Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis selama menempuh pendidikan perkuliahan;

9. Segenap staff di Jurusan Teknik Elektro yang telah membantu penulis baik dalam hal administrasi dan lain-lain;
10. Keluarga Besar Unila Robotika dan Otomasi yang memberikan banyak ilmu, masukan dan saran kepada penulis yang tidak bisa dibayarkan;
11. Keluarga Besar Rumah Baja yang telah membantu, memberi saran, inspirasi, dan canda tawa kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini;
12. Seorang Alumni Kehutanan yang selalu memberi semangat kepada penulis;
13. Leting Teknik Elektro'19, terimakasih atas semangat dan kebersamaannya selama menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Elektro;
14. Keluarga Besar HIMATRO yang telah memberikan ilmu dan pengalaman kepada penulis selama pendidikan baik secara langsung maupun tak langsung;
15. Seluruh pihak yang telah membantu penulis menyelesaikan skripsi ini.

Penulis mengakui adanya kekurangan dalam skripsi ini dan dengan tulus menerima kritik serta saran yang membangun dari berbagai pihak demi kemajuan bersama. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Bandar Lampung, 27 April 2024
Penulis

Irsandi Age Pangestu

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Perumusan Masalah.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Hipotesis.....	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 <i>Internet of Things</i>	8
2.3 Perangkat Ukur Murah Muka Air Laut (PUMMA)	8
2.4 Sensor <i>Max Sonar</i> MB7366	10
2.5 <i>Raspberry PI</i> 4B	12

2.6. IP Camera Hikvision DS-2CD1021-I.....	13
2.7. Modem Tenda 4G07.....	15
2.8. Sensor INA219	16
2.9. SCC MPPT Epever 20A.....	17
2.10. Baterai VRLA 120Ah <i>Deep Cycle</i>	18
2.11. Modul Surya Polikristalin	20
2.12. XL 4015 <i>Buck Converter Step-Down</i>	22
2.13. <i>Power BI</i>	23
2.14. <i>Long-Short Term Memory (LSTM)</i>	24
2.15. <i>Prophet</i>	25
2.16. <i>Spearman Correlation</i>	26
2.17. <i>Pearson Correlation</i>	26
2.18. <i>Mean Absolute Error</i>	27
2.19. <i>Relative accuracy</i>	28
2.20. <i>Mean Square Error</i>	28
2.21. <i>Root Mean Square Error (RMSE)</i>	29
III. METODE PENELITIAN	30
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	30
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	30
3.3. Prosedur Penelitian.....	32
3.4. Penempatan PUMMA Panjang	34
3.5. Skema Operasi PUMMA Panjang.....	35
3.6. Pengujian Alat <i>Pre-Installation</i>	36
3.6.1. Pengujian Sensor MB7366	36
3.6.2. Pengujian Catu Daya	37
3.6.3. Pengujian Kamera.....	38

3.7. Perancangan Sistem.....	38
3.7.1. Rancangan Sistem Catu Daya PUMMA Panjang	39
3.7.2. Rancangan Papan Sirkuit	45
3.7.3. Rancangan Bangunan Tepi Laut.....	48
3.8. Pengujian Data PUMMA Panjang	51
3.8.1. <i>Import Library</i>	51
3.8.2. <i>Data Processing</i> Untuk Metode LSTM dan <i>Prophet</i>	52
3.8.3. <i>Forecasting</i> data PUMMA metode LSTM.....	52
3.8.4. <i>Forecasting</i> Data PUMMA Metode <i>Prophet</i>	54
3.8.5. Pengujian Data	55
3.9. Parameter Evaluasi Kinerja Model	56
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	58
4.1. Pengujian PUMMA Panjang	58
4.1.1. Hasil Pengujian data Sensor <i>MB7366 Pre-Installation</i>	58
4.1.2. Hasil Pengujian Catu Daya	69
4.1.3. Hasil Pengujian Kamera	72
4.2. Perancangan PUMMA Panjang	73
4.2.1. Pemasangan Konektor PCB.....	73
4.2.2. Pemasangan Komponen Ke PCB	75
4.2.3. Pembuatan <i>Bracket Box</i>	76
4.2.4. Penggabungan Rangkaian PUMMA Panjang Dengan Alat Kontaktor Air	77
4.2.5. Pemasangan Rangkaian Ke <i>Box</i>	78
4.3. Hasil Perancangan PUMMA Panjang	79
4.4. Hasil Perancangan PUMMA Gebang	80

4.5. Data Yang Dihasilkan Oleh Perangkat Ukur Murah Muka Air Laut (PUMMA)	81
4.5.1. Ketinggian Muka Air Laut Bulan Maret.....	81
4.5.2. Ketinggian Muka Air Laut Bulan April.....	83
4.5.3. Tegangan Baterai Bulan Agustus	84
4.5.4. Citra Gambar Dari Kamera.....	85
4.6. <i>Error</i> Yang Terjadi Setelah 7 Bulan Beroperasi	87
4.6.1. Sensor MB7366 Berkerak.....	87
4.6.2. Lensa Kamera Kotor	89
4.6.3. Permukaan <i>Box</i>	90
4.7. Hasil Analisis Data PUMMA Panjang.....	91
4.7.1. Hasil <i>Forecast</i> Data Panjang Metode LSTM	91
4.7.2. Hasil <i>Forecast</i> Data Panjang Metode <i>Prophet</i>	93
4.7.3. Hasil Pengujian <i>Forecast</i> Data Panjang Metode LSTM, <i>Prophet</i> Dan Data Aktual	95
4.7. Evaluasi Data Hasil <i>Forecast</i> Metode LSTM Dengan Data Aktual	99
4.8. Evaluasi Data Hasil <i>Forecast</i> Metode <i>Prophet</i> Dengan Data Aktual	100
V. KESIMPULAN DAN SARAN	103
5.1. Kesimpulan.....	103
5.2. Saran.....	104
DAFTAR PUSTAKA	105
LAMPIRAN.....	108

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Kawasan Gunung Anak Krakatau	1
Gambar 1.2 Perangkat PUMMA Canti	2
Gambar 2.1 PUMMA Canti	9
Gambar 2.2 Grafik <i>Water Level</i> dari PUMMA Canti	9
Gambar 2.3 Kamera PUMMA Canti	10
Gambar 2.4 Dimensi MB7366	11
Gambar 2.5 <i>Raspberry Pi</i> 4 Model B	12
Gambar 2.6 IP <i>Camera</i> Hikvision DS-2CD1021-I	14
Gambar 2.7 Modem Tenda 4G07	15
Gambar 2.8 Sensor INA219	17
Gambar 2.9 SCC MPPT Epever 20A	18
Gambar 2.10 Baterai VRLA 120Ah <i>Deep Cycle</i>	20
Gambar 2.11 Modul Surya Polikristalin	21
Gambar 2.12 XL 4015 <i>Buck Converter Step-Down</i>	22
Gambar 2.13 <i>Buck Boost Converter Step-Up</i>	22
Gambar 2.14 <i>Power BI</i>	24
Gambar 3.1 Prosedur Penelitian	32
Gambar 3.2 Lokasi Penempatan PUMMA Panjang	34
Gambar 3.3 Skema Operasi Perangkat Ukur Murah Muka Air Laut (PUMMA) ..	35
Gambar 3.4 Rancangan Sistem Catu Daya PUMMA Panjang	39
Gambar 3.5 Rancangan PUMMA Canti	45

Gambar 3.6 Rancangan Papan Sirkuit Tampak Depan	47
Gambar 3.7 Rancangan Papan Sirkuit Tampak Belakang	47
Gambar 3.8 Rancangan Bangunan Tepi Laut PUMMA Canti	48
Gambar 3.9 Rancangan Bangunan Tepi Laut	49
Gambar 4.1 <i>Detection Range of MB7366</i>	58
Gambar 4.2 Jarak 50 Cm Dari Objek Pengukuran.....	59
Gambar 4.2 Jarak 100cm Dari Objek Pengukuran.....	61
Gambar 4.3 jarak 150cm dari objek pengukuran	62
Gambar 4.4 Jarak 200 cm Dari Objek Pengukuran	64
Gambar 4.5 Jarak 250 cm Dari Objek Pengukuran	65
Gambar 4.6 Jarak 300 cm Dari Objek Pengukuran	67
Gambar 4.7 Pengecekan Daya Modul Surya	69
Gambar 4.8 Grafik Catu Daya Canti.....	71
Gambar 4.9 Hasil Pengujian Kamera.....	72
Gambar 4.10 Pemasangan <i>Header Male Round Socket</i> ke <i>Buck Converter</i>	73
Gambar 4.11 Kekurangan <i>Header Male Round Socket</i>	74
Gambar 4.12 Pemasangan <i>Header Female Round Socket</i> dan Konektor ke PCB	74
Gambar 4.13 Pemasangan Komponen Ke PCB.....	75
Gambar 4.14 Pembuatan <i>Bracket Box</i>	76
Gambar 4.15 Rangkaian PUMMA Panjang Dan Alat Kontaktor Air.....	77
Gambar 4.16 Pemasangan Rangkaian Ke <i>Box</i>	78
Gambar 4.17 Hasil Perancangan Perangkat Ukur Murah Muka Air Laut (PUMMA)	
79	
Gambar 4.18 Hasil Perancangan PUMMA Gebang	80
Gambar 4.19 Ketinggian Muka Air Laut Bulan Maret	82
Gambar 4.20 Ketinggian Muka Air Laut Bulan April	83

Gambar 4.21 Tegangan Baterai Bulan Agustus	84
Gambar 4.22 Citra Gambar Dari Kamera	85
Gambar 4.23 Citra Gambar Dari Kamera	86
Gambar 4.24 Sensor <i>Max Sonar</i> MB7366 Berkerak	87
Gambar 4.25 Ketinggian Permukaan Air Laut Bulan Juli	88
Gambar 4.26 Citra Gambar Kamera Bulan Juli	89
Gambar 4.27 Permukaan <i>Box</i>	90
Gambar 4.28 Grafik <i>Forecast</i> Metode LSTM	92
Gambar 4.29 Grafik <i>Forecast</i> Metode <i>Prophet</i>	94
Gambar 4.30 Grafik Perbandingan <i>Forecast</i> Metode <i>Lstm</i> , <i>Prophet</i> Dengan Data Aktual	97

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Spesifikasi <i>Raspberry Pi</i> 4 Model B.....	12
Tabel 2.2 Spesifikasi IP <i>Camera</i> Hikvision DS-2CD1021-I.....	14
Tabel 2.3 Spesifikasi Modem Tenda 4G07.....	16
Tabel 2.4 Spesifikasi Sensor INA219.....	17
Tabel 2.5 Spesifikasi SCC MPPT Epever 20A.....	18
Tabel 2.6 Spesifikasi Baterai VRLA 120Ah Deep Cycle.....	20
Tabel 2.7 Spesifikasi Modul Surya Polikristalin.....	21
Tabel 3.1 Alat Dan Bahan Penelitian.....	30
Tabel 3.2 Beban Daya Komponen PUMMA Panjang.....	39
Tabel 3.3 Charge Rate Baterai PUMMA.....	45
Tabel 4.1 Jarak 50 Cm Dari Objek Pengukuran.....	59
Tabel 4.2 Hasil Analisis Sensor Max Sonar Mb7366 <i>Pre-Installation</i>	60
Tabel 4.3 Jarak 100 cm Dari Objek Pengukuran.....	61
Tabel 4.4 Hasil Analisis Sensor Max Sonar Mb7366 <i>Pre-Installation</i>	62
Tabel 4.5 jarak 150 cm dari objek pengukuran.....	62
Tabel 4.6 Hasil Analisis Sensor Max Sonar Mb7366 <i>Pre-Installation</i>	63
Tabel 4.7 Jarak 200 cm Dari Objek Pengukuran.....	64
Tabel 4.8 Hasil Analisis Sensor Max Sonar Mb7366 <i>Pre-Installation</i>	65
Tabel 4.9 Jarak 250 cm Dari Objek Pengukuran.....	65
Tabel 4.10 Hasil Analisis Sensor Max Sonar Mb7366 <i>Pre-Installation</i>	66

Tabel 4.11 Jarak 300 cm Dari Objek Pengukuran	67
Tabel 4.12 Hasil Analisis Sensor Max Sonar Mb7366 <i>Pre-Installation</i>	68
Tabel 4.13 Daya Hasil Dari Catu Daya.....	70
Tabel 4.14 Hasil <i>Forecast</i> Data Panjang Metode LSTM.....	91
Tabel 4.15 Hasil <i>Forecast</i> Data Panjang Metode <i>Prophet</i>	93
Tabel 4.16 Hasil <i>Forecast</i> Data Panjang Metode LSTM, Pophet Dan Data Aktual 95	
Tabel 4.17 Evaluasi Data Hasil <i>Forecast</i> Metode LSTM Dengan Data Aktual...	99
Tabel 4.18 Evaluasi Data Hasil Forecast Metode <i>Prophet</i> Dengan Data Aktual	100

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang



Gambar 1.1 Kawasan Gunung Anak Krakatau
(Sumber CNN Indonesia)

Gunung Anak Krakatau terletak di Selat Sunda, Lampung, lebih spesifiknya diantara Pulau Sertung, Pulau Panjang, dan Pulau Rakata yang biasa dikenal sebagai Kompleks Gunung Anak Krakatau. Munculnya Gunung Anak Krakatau terjadi pada tanggal 29 Desember 1927 sampai 5 Januari 1928, pada tahun 2006 gunung api tersebut sudah mengalami sekurang-kurang 80 kali letusan atau setiap tahun mengalami erupsi *eksplosif* atau *efusif*[1]. Erupsi yang terjadi pada Gunung Anak Krakatau bertipe *Strombolian*. Erupsi tipe ini mengeluarkan pijar api, erupsi yang terus menerus membuat tubuh Gunung Anak Krakatau mengalami tremor dan

longsor ke laut sehingga menimbulkan dampak tsunami kecil yang terjadi pada wilayah Barat Daya[2]. Kejadian tersebut menjadi peringatan penting bahwa mitigasi bencana alam, termasuk tsunami, harus terus ditingkatkan. Tragedi tsunami yang terjadi di kawasan Selat Sunda mengingatkan bahwa orang selalu tidak siap untuk bertemu bencana alam yang erat hubungannya dengan Indonesia. Salah satu cara untuk meningkatkan mitigasi bencana tsunami adalah dengan mengembangkan alat ukur tinggi gelombang air laut. Dalam penyampaian informasi yang bersifat darurat, dibutuhkan sebuah sistem monitoring dan peringatan ke masyarakat[2]. Alat ini digunakan untuk mengukur tinggi gelombang air laut yang akan datang sehingga dapat memberikan peringatan dini dan membantu orang-orang yang tinggal di wilayah pesisir untuk mempersiapkan diri menghadapi bencana[3].



Gambar 1.2 Perangkat PUMMA Canti

IDS_L (*Inexpensive Device for Sea Level Measurement*) atau PUMMA (Perangkat Ukur Murah Muka Air laut) yang dilengkapi dengan sistem peringatan dini tsunami dikembangkan oleh *Joint Reserach Centre – The European Commission* (JRC-EC) dan telah diterapkan di Laut Mediterania [3]. Sejak tahun 2018 peneliti dari *Krakatoa Research Center* atau dikenal dengan *K-Project* telah mengembangkan sistem peringatan dini tsunami berbasis *Internet of Things* (IoT), bekerja sama dengan PT. Drone Nirwana Bentala (Dronila), serta Unila Robotika dan Otomasi telah melakukan riset dan memasang PUMMA di desa Petengoran,

Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung dan Canti, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung.

Terkait dengan dinamika fisis yang terjadi di perairan, salah satu dari parameter *oseanografi* yaitu anomali tinggi permukaan laut akan dibahas dalam penelitian ini. Anomali tinggi muka laut adalah besarnya penyimpangan yang terjadi terhadap kondisi rata-rata tinggi muka laut. Anomali adalah perubahan yang mengarah pada ketidaknormalan atau penyimpangan dari kebiasaan[4]. Oleh karena itu, fokus penelitian ini tentang rancang bangun sistem, pengambilan data dan perancangan sistem informasi terpadu menggunakan platform *Thingsboard* dari *dataset* PUMMA untuk mendeteksi anomali ketinggian muka air laut dan memberikan informasi cepat terkait Gunung Anak Krakatau secara *Real Time*.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun sistem PUMMA menggunakan sensor *Max Sonar* MB7366.
2. Menggabungkan komponen menjadi sebuah sirkuit yang akan memudahkan perakitan dan produksi massal PUMMA.
3. Mengetahui nilai *Mean Absolute Error*, *Mean Square Error*, *Root Mean Square Error*, *Relative Accuracy*, *Spearman Correlation* dan *Pearson Correlation* dari dataset ketinggian permukaan air laut PUMMA.

1.3 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem PUMMA menggunakan sensor *Max Sonar* MB7366.
2. Bagaimana menggabungkan komponen menjadi sebuah sirkuit agar mudah melakukan pemasangan dan produksi massal PUMMA.

3. Bagaimana mengetahui nilai *Mean Absolute Error*, *Mean Square Error*, *Root Mean Square Error*, *Relative Accuracy*, *Spearman Correlation* dan *Pearson Correlation* dari dataset ketinggian permukaan air laut PUMMA.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sensor yang digunakan adalah *Max Sonar MB7366* dan tidak menggunakan sensor ultrasonik lain.
2. Perancangan sirkuit PUMMA hanya untuk kemudahan *plug and play*, tidak merancang komponen keseluruhan.
3. Hanya mengetahui nilai *Mean Absolute Error*, *Mean Square Error*, *Root Mean Square Error*, *Relative Accuracy*, *Spearman Correlation* dan *Pearson Correlation* dari dataset ketinggian permukaan air laut PUMMA.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan referensi untuk peneliti selanjutnya tentang PUMMA
2. Merancang dan membangun PUMMA dengan cepat dan efisien.
3. Memberikan validasi tentang data ketinggian muka air laut kepada *stake holder* terkait untuk bijak dalam pengambilan keputusan.

1.6 Hipotesis

Dengan adanya sistem PUMMA dan dataset ketinggian gelombang air laut diharapkan mendapatkan data dan gambaran terkini Gunung Anak Krakatau serta dapat memberikan referensi kepada masyarakat dan kepala daerah maupun *stake holder* yang berwenang setempat untuk mengambil keputusan tentang peristiwa yang akan datang dengan cepat, tepat dan cermat.

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang digunakan pada penelitian ini untuk memberikan suatu gambaran sederhana mengenai pembahasan skripsi 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

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 skripsi.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

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

V. PENUTUP

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

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Elohansen Padang dan kawan kawan dari Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Papua Dengan Judul “Perancangan Alat Ukur Ketinggian Permukaan Air Berbasis Sensor Ultrasonik Maxsonar Mb7389 Dan Mikrokontroler Atmega328p[6]” pada tahun 2022. Penelitian Perangkat Ukur Murah Muka Air Laut (PUMMA) menggunakan sensor Ultrasonik Maxsonar Mb7389 Dan Mikrokontroler Atmega328p, data yang dihasilkan kemudian disimpan dalam MicroSD yang terhubung dengan Atmega328p dan menggunakan baterai untuk sumber tegangannya. Tujuan dari penelitian tersebut adalah mendapatkan data ketinggian permukaan air dalam wadah dan mencari korelasi Pearson (R^2) ketika sensor diberi selubung Polivinil klorida (PVC) 4-inch dan tanpa selubung.

Perbedaan dari penelitian yang dilakukan oleh Elohansen Padang dan kawan kawan dengan penelitian PUMMA adalah perbedaan sensor yang digunakan yaitu MB7366 dengan MB7389. Berdasarkan datashet dari Maxbotix, perbedaan kemampuan sensor tersebut ada pada minimum pembacaan sensor, MB7389 memiliki minimum pembacaan sejauh 300mm atau 30 cm dari objek pengukuran, sedangkan MB7366 memiliki minimum pembacaan sejauh 500 mm atau 50 cm dari objek pengukuran[7]. Penggunaan *MicroSD* untuk menyimpan data tidak digunakan dalam penelitian PUMMA, melainkan langsung mengunggah data hasil pengukuran ke server yang dimiliki Thingsboard dan server PUMMA tersendiri. Penelitian tersebut tidak memiliki data sekunder untuk memvalidasi ketinggian permukaan air, pada penelitian PUMMA memiliki data sekunder berupa gambar yang mengarah ke permukaan air untuk memvalidasi ketinggian permukaan air. Penelitian tersebut juga belum terkonfigurasi dengan Thingsboard untuk menampilkan data secara *Real-Time*.

Kesimpulan dari penelitian tersebut nilai korelasi *Pearson* (R^2) antara sensor dengan selubung dan sensor tidak dengan selubung. Hasil pengukuran ketinggian permukaan air menggunakan alat ukur yang menggunakan selubung memiliki riak yang lebih sedikit oleh karena itu untuk penggunaan alat ukur permukaan air yang memiliki air yang fluktuatif seperti laut dan sungai baiknya menggunakan selubung.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Yasir Abdan Syakur dan kawan kawan dari Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Papua Dengan Judul “Rancang Bangun Alat Ukur Ketinggian Permukaan Air Sungai Menggunakan Sensor Ultrasonik AJ-SR04M [8]” pada tahun 2023. Penelitian ini menggunakan sensor Ultrasonik AJ-SR04M dan mikrokontroler Arduino Uno sebagai unit pemrosesan sinyal, modul *Liquid crystal display* (LCD) untuk menampilkan hasil pengukuran, dan modul SDcard untuk menyimpan data hasil pengukuran dan menggunakan baterai untuk sumber tegangannya. Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai pencegahan maupun peringatan dini banjir melalui pemantauan ketinggian permukaan air sungai[8]

Perbedaan dari penelitian yang dilakukan oleh Yasir Abdan Syakur dan kawan kawan dengan penelitian PUMMA adalah sensor yang digunakan adalah AJ-SR04M sedangkan penelitian ini menggunakan Sensor Ultrasonik MB7366. Sensor tersebut memiliki persamaan yaitu tahan air, namun untuk akurasi lebih akurat sensor ultrasonik MB7366. Penggunaan MicroSD untuk menyimpan data tidak digunakan dalam penelitian PUMMA, melainkan langsung mengunggah data hasil pengukuran ke server yang dimiliki Thingsboard dan PUMMA sendiri. Penelitian tersebut tidak memiliki data sekunder untuk memvalidasi ketinggian permukaan air, pada penelitian PUMMA memiliki data sekunder berupa gambar yang mengarah ke permukaan air untuk memvalidasi ketinggian permukaan air. Penelitian tersebut juga belum terkonfigurasi dengan Thingsboard untuk menampilkan data secara *Real-Time*.

2.2 Internet of Things

IoT (*Internet of Things*) ialah sistem di mana beberapa objek dapat saling terhubung lewat jaringan internet. Sistem pengoperasian pada IoT dirancang agar dapat memerintahkan objek yang sudah terhubung, dengan metode yang sangat efektif. Pada konteks keahlian autonomic pada skala besar dalam sistem IoT yang sangat kompleks ini, pengoptimalan serta pengetahuan dalam aspek tertentu masing- masing komponen sangat diperlukan. Keamanan informasi pribadi memiliki kedudukan berarti sebab sistem IoT ini berurusan dengan data pribadi serta keamanan yang sangat krusial. IoT bisa mencakup seluruh bidang yaitu keamanan, data pribadi, jasa, arsitektur, usaha, serta sistem manajemen dan lainnya[9]

2.3 Perangkat Ukur Murah Muka Air Laut (PUMMA)

Perangkat ukur murah muka air laut atau yang dikenal PUMMA, merupakan hasil riset yang dilakukan EC-JRC kemudian dipelajari dan dikembangkan oleh dosen teknik elektro dan mahasiswanya. PUMMA ini merupakan terobosan di sektor mitigasi bencana khususnya tsunami, memiliki fungsi untuk mencatat data ketinggian muka air laut per detik secara real time. Selain itu, PUMMA dapat memberikan citra dari *Kamera* dengan interval 2 menit. Data yang telah dikumpulkan kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik di *website*. Beberapa perangkat yang sudah terpasang di antaranya adalah PUMMA Gebang di kabupaten pesawaran, PUMMA Canti di kabupaten Kalianda. Terkait dengan julukannya, PUMMA menggunakan komponen yang harganya murah namun dengan kualitas dan dengan riset dari dosen dan mahasiswanya maka hasil dari pengukuran terbilang akurat dan sudah berjalan 1 sampai 2 tahun.



Gambar 2.1 PUMMA Canti



Gambar 2.2 Grafik *Water Level* dari PUMMA Canti

PUMMA Canti yang dikembangkan oleh mahasiswa Teknik Elektro Universitas Lampung sudah beroperasi sejak akhir tahun 2022 dan menghasilkan data dari ketinggian muka air laut. Gambar 3 merupakan contoh grafik dari data yang dihasilkan oleh PUMMA Canti.



Gambar 2.3 Kamera PUMMA Canti

Gambar tersebut merupakan hasil dari pemantauan real-time di PUMMA Canti, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung. Pembaruan gambar dilakukan setiap 2 menit sekali, memiliki tujuan utama sebagai alat untuk pemantauan dan validasi kondisi sekitar PUMMA Canti.

Dengan melakukan pembaruan gambar secara berkala, PUMMA Canti dapat memberikan gambaran yang akurat dan terkini mengenai kondisi sekitarnya. Pemantauan *real-time* ini dapat digunakan untuk verifikasi visual terhadap data sensor atau informasi lainnya yang dihasilkan oleh PUMMA. Selain itu, pembaruan gambar secara teratur memungkinkan pemantauan perubahan kondisi seiring waktu, memberikan informasi yang berharga terkait dinamika lingkungan di sekitar lokasi PUMMA Canti.

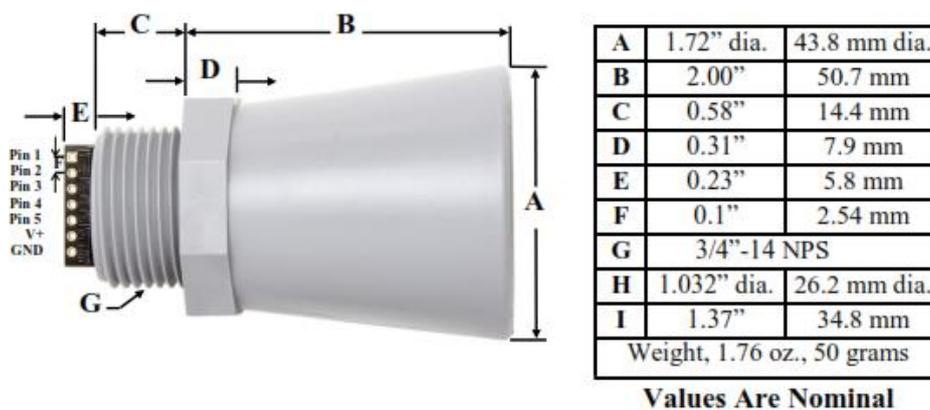
2.4 Sensor *Max Sonar* MB7366

MB7366 adalah sensor jarak ultrasonik yang diproduksi oleh *MaxBotix Inc.*, sebuah perusahaan yang mengkhususkan diri dalam pengembangan dan produksi sensor jarak. Sensor ini juga dikenal dengan nama *XL-MaxSonar WR1*. MB7366 menggunakan teknologi ultrasonik untuk mengukur jarak antara sensor dan objek di depannya. Ketika gelombang ultrasonik dipancarkan oleh sensor ini dan terdapat

objek yang menyebabkan gelombang tersebut terpantul, maka sensor tersebut akan memberikan data ke mikrokontroler[10]. Sensor ini memiliki kemampuan pengukuran jarak yang akurat dengan tingkat resolusi yang baik. Sensor Max sonar dapat mendeteksi objek dalam suatu area tertentu, sensor ini tidak dipengaruhi oleh warna atau karakteristik visual lainnya[11].

Jangkauan pengukuran yang dimiliki oleh MB7366 dapat mencapai hingga 10 meter, tergantung pada kondisi lingkungan dan konfigurasi yang digunakan. Sensor jarak ultrasonik seperti MB7366 sering digunakan dalam berbagai aplikasi seperti robotika, kendaraan otonom, pengukuran jarak dalam industri, peralatan keamanan, dan lain sebagainya. Sensor ini dapat membantu dalam navigasi, deteksi objek, dan pengukuran jarak dalam berbagai konteks.

Mechanical Dimensions Full Horn

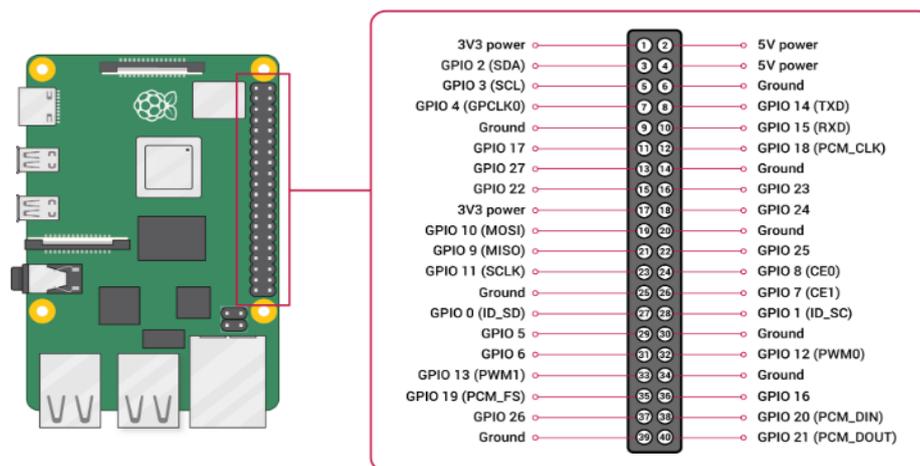


Gambar 2.4 Dimensi MB7366
(Sumber Datasheet Max Sonar MB7366)

MB7366 memiliki bentuk yang kompatibel dengan sambungan pipa dengan ukuran $\frac{3}{4}$ inch, sehingga memudahkannya untuk ditempatkan di tempat yang strategis. Sensor ini memiliki dimensi yang tidak terlalu besar, namun bahan yang digunakan merupakan PVC berkualitas tinggi dan memiliki *rating* IP67 yang tahan percikan air dan debu[12].

2.5 Raspberry Pi 4B

Raspberry Pi 4 Model B (Pi4B) adalah salah satu keluaran terbaru dari *Raspberry Pi* generasi keempat. Pi 4B adalah komputer yang digunakan untuk berkinerja tinggi[13], dengan fitur *Central Processing Unit ARM Cortex-A72 64-bit quad-core*. Selain itu, Pi4B memiliki RAM yang jauh lebih banyak dan kinerja CPU, *Graphics Processing Unit* dan *General Purpose Input/Output* yang ditingkatkan secara signifikan, semuanya dibentuk dalam bentuk serupa seperti *Raspberry Pi 3B+* generasi sebelumnya. Dengan segala kelebihan yang sudah disebutkan sebelumnya, tentunya membuat Pi4B sebagai SCB (*Single Board Computers*) yang cocok untuk proyek *Internet of Things*.



Gambar 2.5 *Raspberry Pi 4 Model B*
(Sumber Datasheet Raspberry PI 4B)

Fitur yang kuat dari *Raspberry Pi* adalah deretan pin GPIO pada board. Pi4B memiliki 40-pin GPIO pada *board* yang mana setiap pin GPIO dapat digunakan sebagai pin *input* atau *output* untuk berbagai keperluan. Spesifikasi yang dimiliki *Raspberry Pi 4 Model B* dijelaskan lebih lanjut pada tabel berikut.

Tabel 2.1 Spesifikasi *Raspberry Pi 4 Model B*

<i>Processor</i>	<i>Boardcom BCM2711, quad-core Cortex-A72 (ARM v8) SoC 64-bit @ 1.5GHz</i>
------------------	--

	LPDDR1 2GB, 4GB, 8GB atau 4GB (tergantung model) dengan ECC on-die
Konektivitas	LAN Nirkabel 2.4 GHz dan 5.0 GHz IEEE 802.11b/g/n/ac, <i>Bluetooth</i> 5.0 BLE, <i>Gigabit Ethernet</i> 2 port USB 3.0 dan 2 port USB 2.0
GPIO	<i>Header</i> GPIO 40-pin standar
Video dan Suara	2 port HDMI mikro (hingga 4Kp60), <i>VideoCore</i> VI 3d <i>Graphics</i>
SD Card	Slot kartu <i>Micro</i> SC untuk memuat sistem operasi dan penyimpanan data
Daya input	5V DC melalui konektor USB-C (min. 3A) 5V DC melalui header GPIO (min. 3A0) Power over Ethernet (PoE)
<i>Operating Temperature</i>	0-50°C

2.6. IP Camera Hikvision DS-2CD1021-I

Hikvision DS-2CD1021-I adalah sebuah kamera keamanan yang diproduksi oleh perusahaan Hikvision. Kamera ini termasuk dalam seri *EasyIP* 2.0+ dan dirancang untuk digunakan dalam sistem keamanan. Kamera DS-2CD1021-I memiliki resolusi 2 *mega pixel*, yang memungkinkannya untuk mendapatkan gambar yang jelas dan tajam. Kamera ini dilengkapi dengan teknologi *Infrared* yang memungkinkan perekaman video bahkan dalam kondisi pencahayaan rendah atau tanpa cahaya sama sekali. Dengan menggunakan IR, kamera dapat menghasilkan gambar yang baik bahkan dalam kegelapan total dalam jangkauan inframerahnya. Kamera ini dilengkapi dengan lensa tetap dengan panjang fokus 2.8 mm atau 4 mm, tergantung pada modelnya. Lensa ini dapat memberikan sudut pandang yang luas atau sudut pandang yang lebih sempit tergantung pada kebutuhan, memiliki rating IP67 yang menandakan bahwa kamera tersebut tahan air dan debu.

Hal ini membuatnya cocok untuk digunakan dalam lingkungan eksternal atau dalam kondisi cuaca yang keras. Kamera ini dapat terhubung ke jaringan menggunakan kabel *Ethernet*, memungkinkannya untuk diakses dan dikontrol melalui komputer atau perangkat seluler yang terhubung ke jaringan yang sama.



Gambar 2.6 IP Camera Hikvision DS-2CD1021-I
(Sumber Datasheet Hikvision DS-2CD1021-I)

Spesifikasi yang dimiliki IP Camera Hikvision DS-2CD1021-I dijelaskan lebih lanjut pada tabel berikut.

Tabel 2.2 Spesifikasi IP Camera Hikvision DS-2CD1021-I

<i>Image Settings</i>	<i>Brightness, saturation, contrast, sharpness is adjustable via web browser or client software</i>
<i>Power</i>	12 VDC \pm 25%, 0.4 A, max. 5 W, \varnothing 5.5 mm coaxial power plug PoE: 802.3af, Class 3, 36 V to 57 V, 0.2 A to 0.15 A, max. 6.5 W
<i>Day/Night Switch</i>	<i>Support auto, scheduled</i>
<i>Image Sensor</i>	1/2.7" Progressive Scan CMOS
<i>Max. Resolution</i>	1920x1080
<i>Min. Illumination</i>	<i>Color: 0.01 Lux @(F2.0, AGC ON), B/W: 0 Lux with IR</i>
<i>Angle Adjustment</i>	<i>Pan: 0° to 360°, tilt: 0° to 180°, rotate: 0° to 360°</i>
<i>Focal Length & FOV</i>	2.8 mm, horizontal FOV 105°, vertical FOV 58°, diagonal FOV 123°

	4 mm, <i>horizontal</i> FOV 81°, <i>vertical</i> FOV 43°, <i>diagonal</i> FOV 97°
<i>Lens Mount</i>	M12
<i>Iris Type</i>	<i>Fixed</i>
<i>Aperture</i>	F2.0
<i>Protocols</i>	TCP/IP, ICMP, HTTP, HTTPS, FTP, DHCP, DNS, DDNS, RTP, RTSP, RTCP, NTP, UPnP™, SMTP, IGMP, 802.1X, QoS, IPv6, Bonjour, IPv4, UDP, SSL/TLS
<i>Ethernet Interface</i>	1 RJ45 10 M/100 M <i>self-adaptive Ethernet port</i>

2.7. Modem Tenda 4G07

Tenda 4G07 adalah *wireless gateway* yang mengintegrasikan LTE dan akses *uplink ethernet* berkecepatan tinggi, sehingga dapat menggunakan kecepatan data *dual band* setinggi 1167 Mbps secara bersamaan. Dengan jangkauan sinyal LTE untuk kinerja terbaik pada Tenda 4G07 sehingga memungkinkan user untuk menerima akses internet tanpa kabel di daerah terpencil. Tenda 4G07 juga memiliki LTE CAT 4 yang dapat memberikan kecepatan maksimum sebesar 150 Mbps. Kemudian Tenda 4g07 juga memiliki teknologi Wi-Fi 802.11AC yang kuat sehingga dapat memberikan kecepatan nirkabel hingga 1200Mbps.



Gambar 2.7 Modem Tenda 4G07
(Sumber Datasheet Modem Tenda 4G07)

Spesifikasi yang dimiliki Modem Tenda 4G07 dijelaskan lebih lanjut pada tabel 2.3 sebagai berikut.

Tabel 2.3 Spesifikasi Modem Tenda 4G07

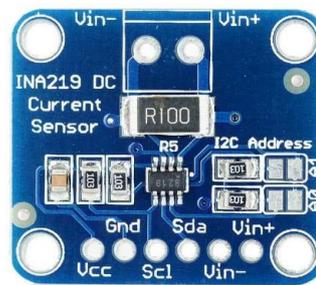
<i>4G Cartgory</i>	LTE CAT 4
<i>4G/3G Standards</i>	FDD-LTE, TDD-LTE, WCDMA, GSM
<i>Max 4G Speed</i>	<i>Downlink: 150Mbps</i> <i>Uplink: 50Mbps</i>
<i>Wi-Fi Standards</i>	802.11b/g/n/ac
<i>Wi-Fi Frequency</i>	2.4 GHz/5.8 GHz
<i>Wi-Fi Speed</i>	2.4 GHz:300Mbps 5.8 GHz:867Mbps
<i>Transmission Power</i>	2.4 GHz:up to 20dBm 5.8 GHz:up to 23dBm
<i>Interfaces</i>	1 x 10/100 Mbps LAN/WAN Port 1 x 10/100 Mbps LAN Port 1 x 2FF SIM Card Slot
<i>Antenna</i>	2 detachable 4G/3G/2G Antennas 2 internal Wi-Fi Antennas
<i>Dimension</i>	185x126x60mm
<i>Weight</i>	350g
<i>Power Supply</i>	<i>Power adapter: Input power AC 100V-240V</i> 50/60Hz Output power: DC 9V 1A

2.8. Sensor INA219

Sensor INA219 adalah chip pengukur arus dan tegangan yang dikembangkan oleh Texas Instruments. Meskipun disebut "sensor", INA219 sebenarnya adalah sebuah perangkat semikonduktor yang digunakan untuk mengukur arus listrik dan tegangan dalam sistem elektronik. INA219 menggunakan prinsip pengukuran tegangan jatuh pada sebuah resistor pengukur arus yang sangat kecil (*shunt resistor*) untuk menghitung arus yang mengalir melalui sistem. Selain itu, chip ini juga mampu mengukur tegangan dengan tingkat akurasi yang baik. INA219 dapat

berkomunikasi dengan mikrokontroler atau perangkat lain melalui antarmuka komunikasi I2C (*Inter-Integrated Circuit*), sehingga data pengukuran dapat diakses dan diproses oleh sistem.

Sensor INA219 sering digunakan dalam berbagai aplikasi yang membutuhkan pengukuran arus dan tegangan yang akurat, seperti pengukuran daya, pengisian baterai, monitorisasi energi, kontrol motor, dan sistem pengontrolan energi. Dengan kemampuan pengukuran yang presisi, INA219 membantu pengembang dan insinyur dalam memantau, mengontrol, dan menganalisis kinerja listrik suatu sistem elektronik.



Gambar 2.8 Sensor INA219
(Sumber Datasheet INA219)

Spesifikasi yang dimiliki sensor INA219 dijelaskan lebih lanjut pada tabel berikut

Tabel 2.4 Spesifikasi Sensor INA219

<i>Power Supply</i>	3.3V-5V
Data Level	3.3V-5V
Pengukuran Tegangan	0-26V
Pengukuran Arus	0-3.2A
<i>Interface</i>	I2C (SDA SCL)

2.9. SCC MPPT Epever 20A

Solar Charge Controller Maximum Power Point (SCC MPPT) merupakan teknologi canggih dibanding control PWM dengan efisiensi yang tidak kurang dari

99.5%. Algoritma control MPPT dapat meminimalkan maksimum tingkat kehilangan dari daya dengan melacak titik daya maksimum yang didapat pada energi maksimum dari modul surya. Sehingga SCC MPPT Epever 20A dapat meningkatkan rasio pemanfaatan energi di modul surya sebesar 20%-30% dibandingkan dengan metode PWM.



Gambar 2.9 SCC MPPT Epever 20A
(Sumber Datasheet MPPT Epever 20A)

Spesifikasi yang dimiliki SCC MPPT Epever 20A sebagai berikut.

Tabel 2.5 Spesifikasi SCC MPPT Epever 20A

<i>System Voltage</i>	12/24VDC
<i>Rate Charge & Discharge Current</i>	20A
<i>Battery Voltage Range</i>	8-32 volt
<i>Max PV VOC</i>	60V
<i>MPP Range</i>	(Battery voltage +2V) – 36V
<i>Rate Charge Power</i>	260W/12V & 520W/24V

2.10. Baterai VRLA 120Ah Deep Cycle

Baterai VRLA (*Valve Regulated Lead-Acid*) adalah jenis baterai timbal-asam yang memiliki desain tertutup dan bekerja dengan mekanisme katup untuk

mengatur tekanan internal baterai[14]. Baterai ini juga dikenal sebagai baterai timbal-asam tertutup atau baterai bebas perawatan.

Keuntungan dari baterai berjenis ini adalah:

- 1 Tidak Memerlukan Perawatan Rutin: Baterai VRLA memiliki desain yang tertutup dan tidak memerlukan pengisian elektrolit atau perawatan rutin lainnya. Mereka dapat dipasang dan digunakan tanpa perlu diperhatikan secara teratur.
- 2 Keamanan yang Lebih Baik: Desain yang tertutup mencegah kebocoran atau tumpahan elektrolit yang berbahaya. Hal ini membuat baterai VRLA lebih aman digunakan dalam berbagai aplikasi.
- 3 Kemampuan Tahan dalam Posisi yang Berbeda: Karena elektrolitnya terkandung dalam AGM atau gel, baterai VRLA dapat digunakan dalam berbagai posisi, termasuk terbalik atau miring.
- 4 Pemeliharaan Tekanan Internal: Baterai VRLA dilengkapi dengan katup yang mengatur pelepasan gas berlebih selama pengisian atau dalam kondisi tekanan tinggi. Ini membantu menjaga tekanan internal baterai dalam batas yang aman.
- 5 Aplikasi yang Beragam: Baterai VRLA digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk sistem catu daya tak terputus (UPS), lampu darurat, sistem alarm, kendaraan listrik seperti sepeda motor listrik atau skuter, serta peralatan medis dan industri.

Namun, perlu diperhatikan bahwa baterai VRLA memiliki kepadatan energi yang lebih rendah dibandingkan dengan teknologi baterai lainnya, seperti baterai *ion litium*. Oleh karena itu, baterai VRLA biasanya lebih cocok untuk aplikasi yang membutuhkan daya tahan dan keandalan daripada energi yang tinggi.



Gambar 2.10 Baterai VRLA 120Ah *Deep Cycle*
(Sumber Datasheet Baterai VRLA)

Spesifikasi yang dimiliki Baterai VRLA 120Ah *Deep Cycle* dijelaskan lebih lanjut pada tabel berikut.

Tabel 2.6 Spesifikasi Baterai VRLA 120Ah *Deep Cycle*

Volt	12V
Kapasitas	120 Ah
Dimensi	260x169x211 mm
Terminal	T19
Berat Unit	22.5 Kg
<i>Operating Voltage</i>	10.5V – 14.8V

2.11. Modul Surya Polikristalin

Modul surya polikristalin adalah jenis modul surya atau modul surya yang terbuat dari sel surya polikristalin. Sel surya polikristalin terbuat dari blok silikon yang terdiri dari banyak kristal kecil, menghasilkan tampilan yang lebih kasar dibandingkan dengan sel surya monokristalin.

Modul surya polikristalin biasanya memiliki tampilan biru muda atau biru gelap dengan tekstur yang terlihat seperti berbentuk segitiga atau miring. Modul surya jenis ini cukup efisien dalam mengubah energi matahari menjadi listrik dan umumnya memiliki biaya produksi yang lebih rendah dibandingkan dengan modul surya monokristalin.

Keuntungan dari modul surya polikristalin antara lain:

- 1 Biaya produksi yang lebih rendah dibandingkan dengan modul surya monokristalin.
- 2 Kinerja yang baik dalam kondisi pencahayaan yang tinggi.
- 3 Tahan terhadap suhu yang tinggi.
- 4 Umur panjang dan daya tahan yang baik.

Namun, modul surya polikristalin biasanya memiliki efisiensi yang sedikit lebih rendah dibandingkan dengan modul surya monokristalin. Pilihan antara modul surya polikristalin dan monokristalin tergantung pada kebutuhan, anggaran, dan kondisi lingkungan di mana akan dipasang.



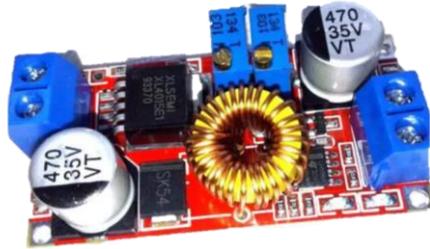
Gambar 2.11 Modul Surya Polikristalin
(Sumber Datasheet Modul Surya Polikristalin)

Spesifikasi modul surya polikristalin dijelaskan lebih lanjut pada tabel berikut.

Tabel 2.7 Spesifikasi Modul Surya Polikristalin

<i>Maximum Power</i>	100-watt
<i>Voltage at Pmax (Vmp)</i>	17.6V
<i>Current at Pmax (Imp)</i>	5.69A
<i>Open-circuit Voltage (Voc)</i>	22.0V
<i>Short-circuit Current (isc)</i>	6.11A
<i>Maximum System Power</i>	1000VCD
<i>Power Tolerance</i>	+3%

2.12. XL 4015 Buck Converter Step-Down



Gambar 2.12 XL 4015 *Buck Converter Step-Down*
(Sumber Datasheet *Buck Converter Step-Down*)

XL 4015 *Buck converter Step-Down* digunakan untuk menurunkan dan menaikkan tegangan, sesuai kebutuhan komponen yang digunakan. Tegangan asal adalah 12V kemudian diturunkan menggunakan resistor variabel yang ada di buck converter. Kemudian didistribusikan ke masing masing komponen yang membutuhkan tegangan tertentu.



Gambar 2.13 *Buck Boost Converter Step-Up*
(Sumber Datasheet *Buck Converter Step-Up*)

Sedangkan untuk menaikkan tegangan semula 12v ke tegangan yang dibutuhkan kamera yaitu 12v dibutuhkan *Buck Boost Converter Step-Up*. Mengapa perangkat ini dibutuhkan sedangkan tegangan asal dan tegangan beban sama,

tindakan ini merupakan pencegahan atau preventif jika pengisian daya failed atau gagal maka baterai akan terkuras dan beroperasi pada tegangan di bawah 12v. oleh karena itu untuk mengoperasikan kamera maka tetap membutuhkan tegangan 12v yang sudah dinaikkan dari tegangan semula 11v menjadi 12v dari *Buck Boost Converter Step-Up*.

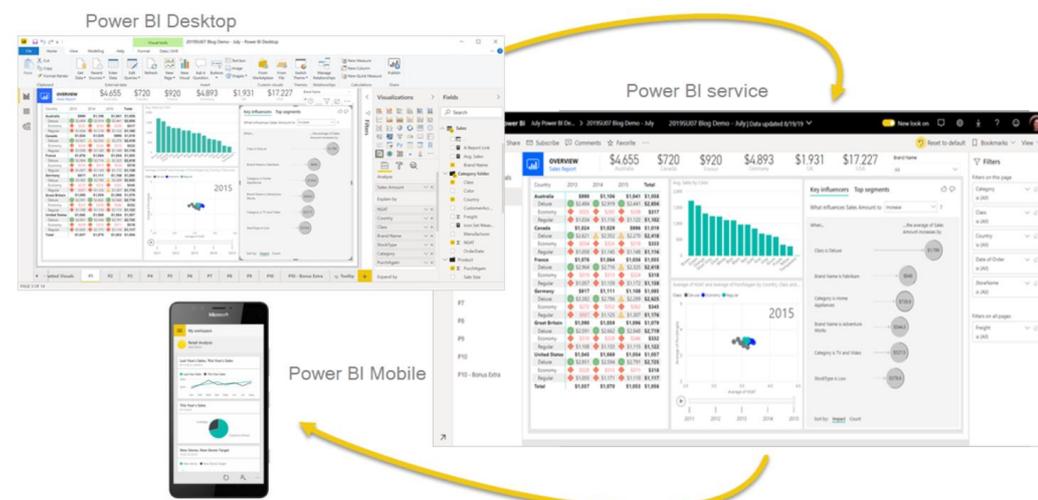
2.13. *Power BI*

Power BI adalah sebuah platform analisis bisnis yang dikembangkan oleh Microsoft. Ini memungkinkan pengguna untuk menggabungkan data dari berbagai sumber, melakukan transformasi data, dan membuat visualisasi data yang interaktif. *Power BI* dapat digunakan untuk membuat laporan dan dasbor yang informatif dan mudah dipahami.

Beberapa fitur utama *Power BI* meliputi:

1. Koneksi ke Berbagai Sumber Data: *Power BI* mendukung koneksi ke berbagai sumber data, termasuk basis data relasional, data *cloud*, file *Excel*, dan sumber data lainnya.
2. Transformasi dan Pemodelan Data: Pengguna dapat melakukan transformasi data dan modifikasi struktur data menggunakan *Power Query* dan *Power Pivot*, yang merupakan bagian dari *Power BI*.
3. Pembuatan Dasbor dan Laporan: *Power BI* memungkinkan pembuatan visualisasi data yang menarik dan mudah dimengerti, seperti grafik batang, grafik lingkaran, peta, dan lainnya.
4. Interaktif dan *Real-Time*: Dasbor dan laporan yang dibuat dengan *Power BI* dapat diakses secara *real-time* dan memiliki elemen interaktif, memungkinkan pengguna untuk menjelajahi data dengan mudah.
5. Pembagian dan Koleborasi: Pengguna dapat membagikan laporan dan dasbor *Power BI* dengan orang lain, baik melalui tautan langsung atau melalui layanan *Power BI*.
6. *Mobile Integration*: *Power BI* memiliki aplikasi *mobile* yang memungkinkan pengguna untuk mengakses laporan dan dasbor dari perangkat seluler.

7. Integrasi dengan Microsoft 365: Power BI terintegrasi dengan platform Microsoft 365, memungkinkan kolaborasi yang mudah dengan aplikasi seperti *Excel*, *SharePoint*, dan *Teams*.
8. *Power BI* tersedia dalam versi *Desktop* (untuk membuat laporan), layanan *online* (untuk berbagi dan menerbitkan laporan), dan aplikasi *mobile*. *Platform* ini cocok digunakan untuk kebutuhan analisis data dan pelaporan bisnis.



Gambar 2.14 *Power BI*
(Sumber Datasheet *Power BI*)

2.14. *Long-Short Term Memory (LSTM)*

Penerapan metode Long Short-Term Memory (*LSTM*) dalam konteks *forecasting* telah terbukti efektif, terutama dalam analisis deret waktu. *LSTM* menyajikan solusi yang memadai untuk mengatasi tantangan peramalan yang melibatkan urutan data dengan ketergantungan jangka panjang. Keunggulan utama *LSTM* terletak pada kemampuannya untuk menangkap dan memahami pola kompleks dalam data deret waktu, termasuk tren, musiman, dan pola ketergantungan jangka panjang.

Dalam konteks *forecasting*, *LSTM* dapat digunakan dengan menyajikan data deret waktu sebagai input pada model jaringan saraf yang menggunakan struktur *LSTM*. Model tersebut kemudian dilatih menggunakan data *historis* untuk

mempelajari pola dan hubungan dalam deret waktu tersebut. Proses pelatihan ini memungkinkan LSTM untuk mengenali pola jangka panjang dan menyesuaikan diri dengan dinamika yang kompleks. Setelah dilatih, model LSTM dapat digunakan untuk meramalkan nilai-nilai masa depan berdasarkan data yang diberikan.

2.15. Prophet

Prophet adalah sebuah alat *forecasting* yang dikembangkan oleh *Facebook* untuk mengatasi permasalahan umum dalam peramalan deret waktu, seperti musiman harian, efek liburan, dan adanya nilai yang hilang. *Prophet* didesain untuk memberikan pendekatan yang sederhana namun efektif dalam memodelkan data deret waktu dengan tren dan efek musiman. Penggunaan *Prophet* dalam peramalan melibatkan beberapa langkah dasar.

Pertama, *input* data deret waktu dimasukkan ke dalam model *Prophet* bersama dengan kolom tanggal dan nilai yang akan diramalkan. Model tersebut akan secara otomatis menyesuaikan diri terhadap tren dan musiman harian/tahunan dalam data. *Prophet* juga memungkinkan penambahan komponen khusus untuk efek liburan.

Selanjutnya, model *Prophet* dilatih menggunakan data *historis*. *Prophet* memanfaatkan pendekatan penyesuaian selang waktu (*piecewise-curve fitting*) untuk memodelkan tren dan musiman secara adaptif, memberikan fleksibilitas untuk menangkap perubahan pola sepanjang waktu. *Prophet* juga dapat menangani nilai yang hilang dengan memberikan perkiraan nilai yang memadai.

Setelah melalui tahap pelatihan, model *Prophet* dapat digunakan untuk membuat *forecast* untuk periode waktu yang ditentukan di masa depan. *Prophet* juga memberikan interval kepercayaan untuk memperkirakan tingkat ketidakpastian dalam peramalan tersebut.

2.16. Spearman Correlation

Korelasi Spearman adalah metode statistik nonparametrik yang digunakan untuk mengukur sejauh mana hubungan monotonik (tak linier) antara dua variabel. Korelasi ini dinamakan sesuai dengan nama ilmuwan Inggris, Charles Spearman, yang mengembangkannya. Metode ini cocok digunakan ketika data tidak terdistribusi secara normal atau ketika data diukur dalam skala ordinal.

Korelasi Spearman mengukur sejauh mana perubahan dalam satu variabel berkaitan dengan perubahan dalam variabel lainnya, tetapi tidak menganggap bahwa perubahan tersebut adalah linier. Sebaliknya, metode ini lebih sensitif terhadap hubungan monotonik, di mana arah hubungan tetap konsisten, tetapi tidak harus sebanding.

Langkah-langkah menghitung korelasi Spearman melibatkan mengubah setiap nilai dalam kedua variabel menjadi peringkat, menghitung selisih peringkat, dan kemudian menghitung koefisien korelasi berdasarkan selisih peringkat. Koefisien Spearman berkisar antara -1 dan 1, dengan nilai 1 menunjukkan hubungan monotonik positif sempurna, -1 menunjukkan hubungan monotonik negatif sempurna, dan 0 menunjukkan tidak adanya hubungan monotonik.

2.17. Pearson Correlation

Korelasi Pearson adalah suatu metode statistik yang digunakan untuk mengukur sejauh mana dua variabel berkaitan secara linier. Dinyatakan dalam rentang antara -1 hingga 1, nilai korelasi Pearson menunjukkan arah dan kekuatan hubungan antara dua variabel. Berikut adalah interpretasi umum dari nilai korelasi Pearson:

- 1: Korelasi sempurna yang positif (hubungan linier positif sempurna).
- 0.8 - 1: Korelasi sangat kuat dan positif.
- 0.6 - 0.8: Korelasi kuat dan positif.
- 0.4 - 0.6: Korelasi moderat dan positif.
- 0.2 - 0.4: Korelasi lemah dan positif.

- 0: Tidak ada korelasi.
- -0.2 - -0.4: Korelasi lemah dan negatif.
- -0.4 - -0.6: Korelasi moderat dan negatif.
- -0.6 - -0.8: Korelasi kuat dan negatif.
- -0.8 - -1: Korelasi sangat kuat dan negatif (hubungan linier negatif sempurna).

Korelasi Pearson berguna untuk mengukur hubungan linier antara dua variabel. Penting untuk diingat bahwa korelasi Pearson tidak dapat mendeteksi hubungan non-linier atau sebab-akibat antara variabel. Selain itu, korelasi tidak menyiratkan kausalitas, artinya hanya karena dua variabel berkorelasi, tidak berarti satu variabel menyebabkan variabel lainnya. Hasilnya akan berada dalam rentang -1 hingga 1, dengan nilai positif menunjukkan korelasi positif dan nilai negatif menunjukkan korelasi negatif. Nilai mendekati 1 atau -1 menunjukkan hubungan yang lebih kuat, sementara nilai mendekati 0 menunjukkan hubungan yang lebih lemah.

2.18. Mean Absolute Error

Mean Absolute Error (MAE) adalah suatu metrik evaluasi yang digunakan untuk mengukur sejauh mana perbedaan antara nilai yang diprediksi oleh suatu model dengan nilai yang sebenarnya. MAE dihitung sebagai rata-rata dari nilai absolut dari selisih antara setiap prediksi dan nilai aktual.

MAE memberikan gambaran tentang seberapa besar kesalahan prediksi dalam skala asli dari variabel target. Semakin rendah nilai MAE atau mendekati 0, semakin baik model dalam melakukan prediksi, karena ini menunjukkan bahwa perbedaan antara nilai prediksi dan nilai aktual relatif kecil.

MAE sering digunakan dalam berbagai bidang seperti statistika, machine learning, dan data science sebagai salah satu ukuran kinerja yang sederhana dan interpretatif.

2.19. *Relative accuracy*

Relative Accuracy atau Akurasi Relatif adalah istilah yang dapat digunakan untuk menyatakan perbandingan akurasi atau ketepatan dua metode atau model yang digunakan untuk mengukur atau memprediksi suatu fenomena. Dalam konteks ini, "relatif" mengindikasikan perbandingan antara dua nilai atau hasil.

Misalnya, jika memiliki dua model prediktif yang digunakan untuk memprediksi suatu variabel, dapat menggunakan "*relative accuracy*" untuk membandingkan sejauh mana keduanya akurat dalam memprediksi nilai-nilai aktual. Semakin mendekati 100% maka semakin baik model dalam memprediksi suatu variabel.

Jadi, "relative accuracy" adalah konsep yang digunakan untuk memberikan gambaran tentang sejauh mana suatu metode atau model akurat atau tepat dibandingkan dengan yang lain dalam suatu konteks atau perbandingan tertentu.

2.20. *Mean Square Error*

Mean Squared Error (MSE) adalah metrik evaluasi yang umum digunakan untuk mengukur seberapa baik model prediktif mampu memprediksi nilai yang sebenarnya. MSE mengukur rata-rata dari kuadrat selisih antara nilai prediksi dan nilai aktual. Nilai Mean Squared Error yang rendah atau nilai mean squared error mendekati nol menunjukkan bahwa hasil peramalan sesuai dengan data aktual dan bisa dijadikan untuk perhitungan peramalan di periode mendatang.

Penting untuk dicatat bahwa MSE memberikan bobot yang lebih besar pada deviasi yang lebih besar antara nilai prediksi dan nilai aktual, karena setiap selisih dikuadrat sebelum dijumlahkan. Oleh karena itu, MSE dapat sangat dipengaruhi oleh nilai-nilai yang jauh dari nilai rata-rata. MSE memiliki dimensi yang sama dengan variabel yang diukur, sehingga sulit untuk memberikan interpretasi langsung dalam satuan yang bermakna.

2.21. *Root Mean Square Error (RMSE)*

Untuk proses evaluasi kinerja model pada penelitian ini digunakan metode *Root Mean Square Error (RMSE)*. *Root Mean Square Error (RMSE)* sendiri yaitu metode alternatif untuk mengevaluasi teknik peramalan yang digunakan untuk mengukur tingkat akurasi hasil perkiraan suatu model[15]. Nilai yang dihasilkan RMSE merupakan besarnya tingkat kesalahan hasil prediksi, dimana semakin kecil (mendekati 0) nilai RMSE, maka hasil prediksi akan semakin akura. *Root Mean Square Error (RMSE)* merupakan teknik yang mudah diimplementasikan dan telah banyak digunakan dalam berbagai studi yang berkaitan dengan prediksi atau peramalan[16]

III.METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian skripsi ini dilaksanakan pada:

Waktu : Januari 2023 sampai dengan Desember 2023

Tempat :

1. Laboratorium Baja Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Laboratorium Telekomunikasi dan Teknologi Informasi Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Dermaga Canti, Kecamatan Kalianda, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung
4. Pulau Panjang, wilayah Cagar Alam Krakatau
5. Desa Gebang, Kecamatan Petengoran, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian skripsi ini adalah sebagai berikut:

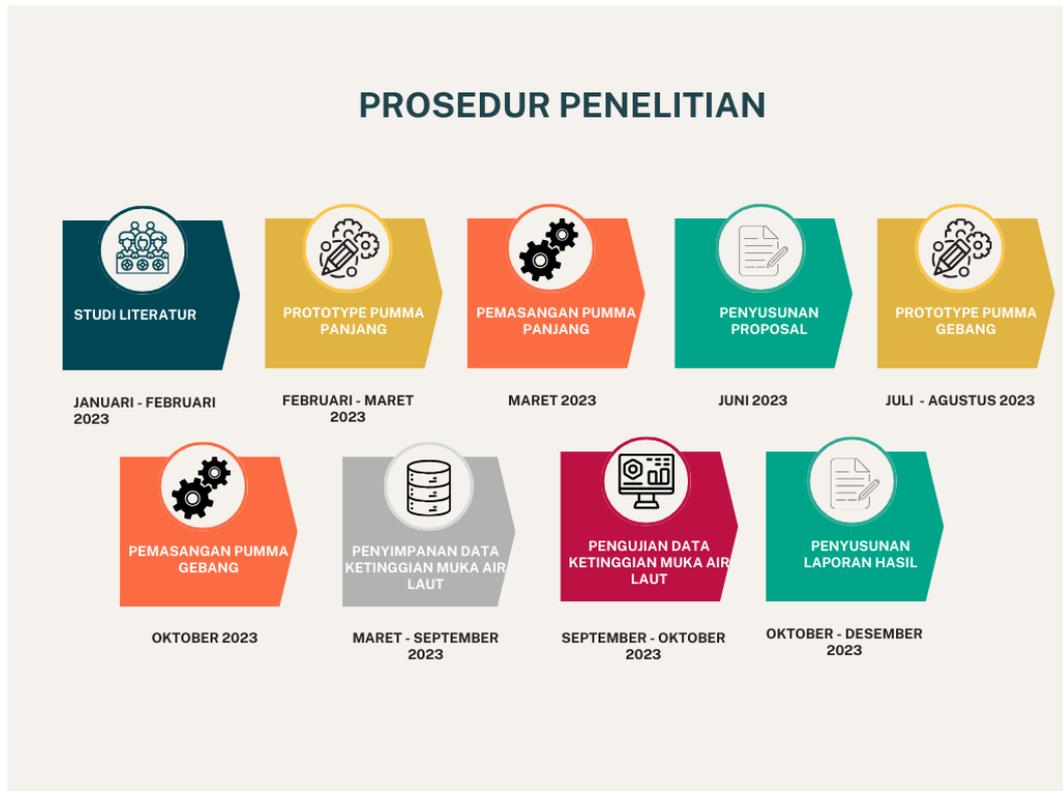
Tabel 3.1 Alat Dan Bahan Penelitian

No.	Nama	Kegunaan
1	<i>Raspberry</i> PI model 4B dengan RAM 4GB	Sebagai operator semua komponen
2	<i>Max Sonar</i> MB7366	Sebagai sensor ketinggian gelombang air laut

3	INA 219 Sensor Tegangan	Sebagai sensor pengukur tegangan baterai
4	<i>Buck Converter XL1415 step down</i>	Sebagai pengatur tegangan untuk setiap komponen
5	HIKVISION 720p	Sebagai penangkap citra pantai
6	Modem 4G LTE	Sebagai penyedia layanan internet 4G LTE
7	Baterai 120 Ah	Sebagai sumber daya setiap komponen
8	Modul surya 200WP	Sebagai sumber daya untuk pengisian baterai
9	Solar Charge Controller	Sebagai operator daya dari modul surya ke baterai dan beban daya
10	Terimal blok	Sebagai terminal daya yang menyediakan 6 sumber daya DC
11	Kabel Eterna 2.5mm	Sebagai penghantar daya dari modul surya ke solar charge controller
12	Kabel NNHY merah	Sebagai penghantar daya dari buck boost ke komponen
13	Kabel Nnhy hitam	Sebagai penghantar daya dari buck boost ke komponen
14	Kabel LAN cat 5e	Sebagai perantara komunikasi data dan internet
15	<i>Jack DC</i>	Sebagai perantara antara catu daya dan komponen
16	<i>Buck Boost Converter</i>	Sebagai komponen untuk mengatur tegangan dan

		menaikkan tegangan tertentu
--	--	-----------------------------

3.3. Prosedur Penelitian



Gambar 3.1 Prosedur Penelitian

Pada bulan Januari sampai dengan Februari tahun 2023 dilakukan studi literatur untuk mengetahui dan menerapkan teori dasar, metode penelitian atau langkah-langkah penelitian, alat dan bahan yang digunakan dan kesimpulan dari literatur yang menjadi acuan penelitian Perangkat Ukur Mudah Muka Air Lut (PUMMA).

Pada bulan Februari sampai dengan Maret 2023 dilakukan pembuatan prototipe PUMMA untuk penempatan di Pulau Panjang, Wilayah Cagar Alam Krakatau. Proses pembuatan PUMMA telah berlangsung di Laboratorium Baja, Universitas Lampung mulai dari desain konstruksi bangunan, perangkaian elektronik dan

sistem daya sampai dengan PUMMA dapat beroperasi dan menampilkan data berupa ketinggian muka air laut dan data tegangan baterai. Dilakukan juga pengujian PUMMA Pre-installation berupa pembacaan sensor ketinggian muka air laut Max Sonar MB7366, menampilkan gambar dari kamera dan pembacaan sensor tegangan INA219.

Pada bulan Maret 2023 telah terpasang PUMMA untuk penempatan di Wilayah Cagar Alam Krakatau, tepatnya di pulau Panjang, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung. Pemasangan tersebut melibatkan kolega dari penelitian PUMMA serta dosen pembimbing Teknik Elektro, Universitas Lampung. PUMMA beroperasi dengan baik dengan mengirimkan data berupa ketinggian muka air laut yang minim dari riak per detik, mengirimkan data berupa gambar dari kamera dengan interval 2 menit serta mengirimkan data berupa tegangan baterai per detik.

Pada bulan Juni tahun 2023 dilakukan penulisan proposal penelitian dan telah terlaksana seminar proposal pada bulan Juni tahun 2023, hasil dari seminar proposal tersebut adalah menambahkan pengujian dataset untuk mendapatkan nilai Mean Absolute Error (MAE), Mean Squared Error (MSE), Root Mean Squared Error (RMSE), Relative Accuracy, Spearman Correlation dan Pearson Correlation terkait data yang dihasilkan oleh PUMMA berupa ketinggian muka air laut selama 7 hari mulai tanggal 22 hingga 29 Mei 2023.

Pada bulan Juli dan Agustus tahun 2023 dilakukan pembuatan prototipe PUMMA untuk penempatan di Desa Gebang, Kecamatan Petengoran, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. Proses pembuatan PUMMA telah berlangsung di Laboratorium Baja, Universitas Lampung mulai dari desain konstruksi bangunan, perangkaian elektronik dan sistem daya sampai dengan PUMMA dapat beroperasi dan menampilkan data berupa ketinggian muka air laut dan data tegangan baterai. Dilakukan juga pengujian PUMMA Pre-installation berupa pembacaan sensor ketinggian muka air laut Max Sonar MB7366, menampilkan gambar dari kamera dan pembacaan sensor tegangan INA219.

Pada bulan Maret 2023 hingga September 2023, pasca pemasangan PUMMA untuk penempatan di Wilayah Cagar Alam Krakatau, tepatnya di pulau Panjang,

Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung, telah dilakukan penyimpanan data berupa ketinggian muka air laut, data berupa gambar dan data berupa tegangan baterai.

Pada bulan September hingga Oktober 2023 telah dilakukan pengujian dataset untuk mendapatkan nilai Mean Absolute Error (MAE), Mean Squared Error (MSE), Root Mean Squared Error (RMSE), Relative Accuracy, Spearman Correlation dan Pearson Correlation terkait data yang dihasilkan oleh PUMMA berupa ketinggian muka air laut selama 7 hari mulai tanggal 22 hingga 29 Mei 2023.

Pada bulan Oktober hingga Desember 2023 telah dilakukan penulisan laporan hasil skripsi dan dilakukan bimbingan teratur ke dosen pembimbing.

3.4. Penempatan PUMMA Panjang

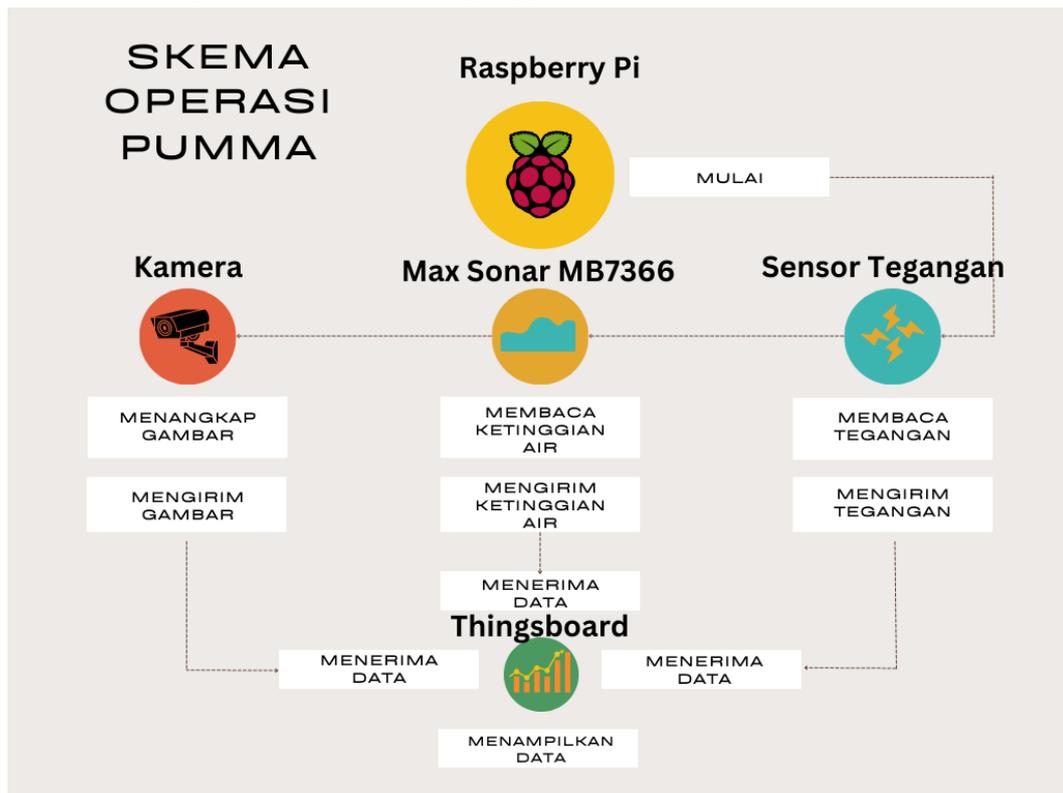


Gambar 3.2 Lokasi Penempatan PUMMA Panjang
(Sumber CNN Indonesia)

PUMMA ditempatkan di belakang pulau Sertung, berdasarkan survey yang telah dilakukan, dasar lepas pantai di pulau tersebut cukup landai, hal ini memungkinkan bangunan akan mudah dibangun dan akan lebih tahan lama. Kontur dasar lepas pantai yang landai memiliki keunggulan yaitu tidak terlalu dalam,

sehingga memungkinkan untuk dilakukan pembangunan bangunan lepas pantai. Medan yang berpasir dan berlumpur memungkinkan pondasi akan tertancap sempurna dan akan memiliki daya tahan terhadap terjangan ombak.

3.5. Skema Operasi PUMMA Panjang



Gambar 3.3 Skema Operasi Perangkat Ukur Murah Muka Air Laut (PUMMA)

PUMMA memiliki *base Raspberry pi4* dan menggunakan software *nodored* sebagai pemrogramannya. *Raspberry pi4* dapat beroperasi 24 jam tanpa henti ketika daya yang diterima tidak ada anomali. Data yang pertama diambil adalah tegangan dari baterai, menggunakan sensor *INA 219* yang dihubungkan ke jalur *power* dan *sensing* dari komponen untuk triggernya. Data tegangan kemudian ditambahkan *time stamp* untuk mendapatkan data yang *series* dan bisa diproses dengan lanjut. Data yang diambil selanjutnya adalah ketinggian air, menggunakan sensor *Max Sonar MB7366* yang menembakkan ultrasonik ke permukaan air laut. Data berupa ketinggian air laut dalam *centimeter* kemudian ditambahkan *time*

stamp untuk mendapatkan data yang *series* dan dapat diproses lebih lanjut. Untuk visualnya, kamera *Kamera* dapat mengambil data berupa gambar dengan *interval* 2 menit kemudian disimpan di dropbox dan dapat ditampilkan di *dashboard* PUMMA. Kemudian data yang telah dihasilkan oleh masing masing sensor, dikirim ke thingsboard dan dapat ditampilkan berupa grafik dan visual dari Kamera. Proses ini berulang 24 jam *non stop* jika semua komponen berjalan dengan baik dan tidak adanya anomali dalam distribusi daya.

3.6. Pengujian Alat *Pre-Installation*

3.6.1. Pengujian Sensor MB7366

Karakteristik *linieritas* sensor ultrasonik diuji agar dapat mengukur jarak ketinggian air dengan akurat. *Linieritas* merupakan salah satu karakteristik suatu sensor yang harus terpenuhi karena sensor dikatakan mampu mewakili besaran yang diukurnya jika memiliki sifat linier[10]. Pengujian ini adalah membandingkan nilai yang sebenarnya dan nilai yang dihasilkan dari sensor *Max Sonar MB7366*. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Baja Teknik Sipil Universitas Lampung, titik pengujian yaitu 50 cm, 100 cm, 150 cm, 200 cm, 250 cm, 300 cm dari objek pengukuran berupa papan tulis. Setiap titik diberi iterasi sebanyak 16 kali pada sensor untuk melakukan pembacaan, kemudian akan dibandingkan dengan nilai yang sebenarnya berupa pengukuran manual menggunakan alat meteran. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui akurasi dari sensor dalam mengukur jarak. Adapun langkah untuk pengujian sebagai berikut:

1. `import pandas as pd` sebagai library untuk dataframe
2. `import numpy as np` sebagai library untuk data processing
3. `import scipy.stats as stats` sebagai library untuk statistik
4. `df = pd.read_csv('/content/50cm.csv')`

`df`
5. `x = df['aktual']`

```
y = df['sensor']
```

6. Mencari mean absolute error

```
mae = np.mean(np.abs(x - y))
```

```
print(f"Mean Absolute Error (MAE): {mae}")
```

7. Mencari mean squared error

```
mse = np.mean((x - y)**2)
```

```
print(f"Mean Squared Error (MSE): {mse}")
```

8. Mencari root squared error

```
rmse = np.sqrt(mse)
```

```
print(f"Root Mean Squared Error (RMSE): {rmse}")
```

9. Mencari akurasi relatif

```
relative_accuracy = 1 - np.sum(np.abs(x - y)) / np.sum(np.abs(x))
```

```
print(f"Relative Accuracy: {relative_accuracy}")
```

10. Menghitung korelasi Pearson

```
correlation, p_value = pearsonr(x, y)
```

```
print(f"Korelasi Pearson: {correlation}")
```

```
print(f"P-Value: {p_value}")
```

3.6.2. Pengujian Catu Daya

Pengujian catu daya menggunakan data yang telah dihasilkan dari PUMMA Canti, dengan mengambil periode pagi hingga sore. PUMMA Canti telah beroperasi sekitar 10 bulan, data catu daya yang dihasilkan adalah dari MPPT, berupa tegangan, arus dan power dari baterai dan modul surya. Pengujian ini

menghasilkan pola harian dalam konsumsi daya dan produksi daya. Tujuan dari pengujian catu daya ini adalah untuk mengetahui produksi daya harian dari pagi hingga sore yang merupakan waktu yang tepat bagi modul surya untuk menghasilkan energi listrik dari sinar matahari

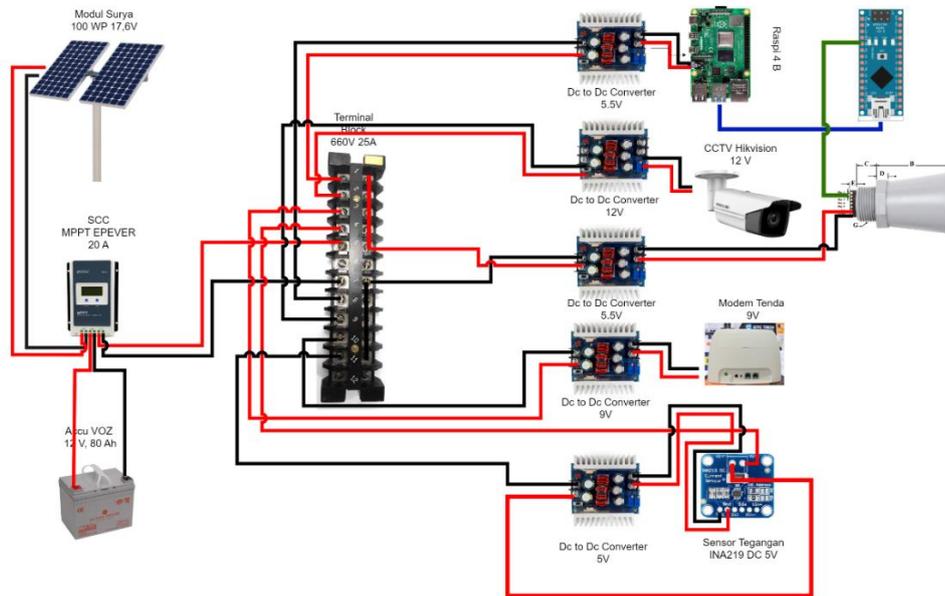
3.6.3. Pengujian Kamera

Pengujian kamera ini dilakukan di Laboratorium Baja Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung, tujuannya adalah untuk mengetahui keluaran dari kamera dan durabilitas atau ketahanan dari kamera yang bersertifikasi *rating IP 67* anti air dan debu. Pengujian sertifikasi rating tidak akan dilakukan karena quality control dari hikvision tidak perlu diragukan. Pengujian yang dilakukan yaitu mengetahui keluaran dari kamera yang berupa foto yang diambil dari kamera dan memberikan *watermark* berupa waktu pengambilan gambar. Data yang dihasilkan berupa gambar akan menjadi parameter atau tolak ukur apakah dengan pengujian yang telah dilakukan, kamera masih dapat beroperasi dengan baik atau mati.

3.7. Perancangan Sistem

PUMMA memiliki beberapa rancangan awal, sehingga pembuatan alat tersebut dapat sesuai dengan SOP rancangan yang telah ditentukan. Diantaranya adalah:

3.7.1. Rancangan Sistem Catu Daya PUMMA Panjang



Gambar 3.4 Rancangan Sistem Catu Daya PUMMA Panjang

PUMMA disuplai oleh baterai yang selalu terisi daya oleh modul surya, dengan komposisi pada gambar tersebut maka perhitungan konsumsi daya dan suplai daya sebagai berikut

1. Total konsumsi daya PUMMA

Dengan komposisi perangkat sebagai berikut

Tabel 3.2 Beban Daya Komponen PUMMA Panjang

Nama	<i>Operating Voltage</i>
Kamera	12VDC 0.4A
Raspberry Pi	5VDC 3A
Modem	9VDC 1A
MAX Sonar	5VDC 3.1mA (0.0031A)
INA219	5VDC 1mA (0.001A)

Dengan rumus mencari beban adalah $R = V \times I$ maka perhitungan mencari beban daya sebagai berikut

- Kamera

$$12VDC \times 0.4A = 4.8W$$

- Raspberry PI 4B

$$5VDC \times 3A = 15W$$

- Modem

$$9VDC \times 1A = 9W$$

- Max Sonar

$$5VDC \times 0.0031A = 0.0155W$$

- INA219

$$5VDC \times 0.001A = 0.005W$$

$$\text{Total beban daya } 4.8W + 15W + 9W + 0.0155W + 0.005W = 28.82W$$

Maka total beban yang dihasilkan dari seluruh komponen adalah 28.82 Watt

2. Ketahanan baterai terkait dengan beban alat

Kapasitas baterai adalah 120Ah, dan beban total adalah 28.82W. Untuk menghitung daya yang diperlukan oleh beban setiap hari, perlu mengalikan beban dengan waktu penggunaannya setiap hari.

Asumpsi jika komponen berfungsi dengan baik selamma 24 jam sehari, maka:

$$\text{Kamera: } 0.4 \text{ A} \times 12 \text{ V} \times 24 \text{ jam} = 115.2 \text{ Wh}$$

$$\text{Raspberry: } 3 \text{ A} \times 5 \text{ V} \times 24 \text{ jam} = 360 \text{ Wh}$$

$$\text{Modem: } 1 \text{ A} \times 9 \text{ V} \times 24 \text{ jam} = 216 \text{ Wh}$$

$$\text{Max sonar: } 3.1 \text{ mA} \times 5 \text{ V} \times 24 \text{ jam} = 0.372 \text{ Wh}$$

$$\text{Ina219: } 1 \text{ mA} \times 5 \text{ V} \times 24 \text{ jam} = 0.12 \text{ Wh}$$

Total daya yang diperlukan oleh semua beban adalah:

$$115.2 \text{ Wh} + 360 \text{ Wh} + 216 \text{ Wh} + 0.372 \text{ Wh} + 0.12 \text{ Wh} = 691.680 \text{ Wh}$$

Untuk menghitung berapa lama baterai bisa bertahan tanpa pengisian dari modul surya, kita perlu membagi kapasitas baterai dengan total daya yang diperlukan setiap hari:

$$120 \text{ Ah} \times 12 \text{ V} = 1440 \text{ Wh}$$

$$1440 \text{ Wh} / 691.680 \text{ Wh} = 2.08 \text{ hari}$$

Dengan asumsi bahwa daya beban konstan selama 24 jam sehari, maka baterai dengan kapasitas 120 Ah dan beban 28.82W dapat bertahan selama sekitar 2.08 hari atau sekitar 50 jam tanpa pengisian dari modul surya. Namun, perlu diingat bahwa faktor-faktor seperti suhu dan kondisi lingkungan dapat mempengaruhi kinerja baterai dan modul surya.

3. Skenario Charge Rate dari Modul surya saat Beban Penuh

- 25% ke 100%

Untuk menghitung waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai dari 25% hingga 100% dengan beban 28.82W menggunakan modul surya 200WP dapat menggunakan rumus :

$$\text{Waktu pengisian} = \text{Kapasitas baterai} \times (1 - \text{SOC}) / \text{Arus netto}$$

Dimana:

$$\text{Kapasitas baterai} = 120\text{Ah}$$

$$\text{SOC} = 0.75 \text{ (25\% diwakili dalam bentuk desimal)}$$

$$\text{Arus netto} = \text{Arus pengisian} - \text{Arus beban}$$

Untuk menghitung arus pengisian membutuhkan daya dari modul surya dan efisiensi pengisian sebagai berikut:

Daya modul surya = 200W Efisiensi pengisian = 0,8 (asumsi efisiensi pengisian sebesar 80%)

Sehingga, arus pengisian yang dapat dihasilkan adalah:

Arus pengisian = Daya modul surya / Tegangan baterai / Efisiensi pengisian

Arus pengisian = 200W / 12V / 0,8

Arus pengisian = 20A

Kemudian, untuk menghitung arus netto, kita perlu mengurangi arus beban dari arus pengisian:

Arus netto = Arus pengisian - Arus beban

Arus beban = 28.82 / 12V = 2.4A

Arus netto = 20A - 2.4A

Arus netto = 18.54A

Dengan memasukkan nilai-nilai ini ke dalam rumus waktu pengisian, kita dapat menghitung waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai dari 25% hingga 100% :

Waktu pengisian = 120Ah x (1 - 0.25) / 18.54A

Waktu pengisian = 5.16 jam

- 50% ke 100%

Untuk menghitung waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai dari 50% hingga 100% dengan beban 28.82W menggunakan modul surya 200WP dapat menggunakan rumus :

Waktu pengisian = Kapasitas baterai x (1 - SOC) / Arus netto

Dimana:

Kapasitas baterai = 120Ah

SOC = 0.50 (50% diwakili dalam bentuk desimal)

Arus netto = Arus pengisian - Arus beban

Untuk menghitung arus pengisian membutuhkan daya dari modul surya dan efisiensi pengisian sebagai berikut:

Daya modul surya = 200W Efisiensi pengisian = 0,8 (asumsi efisiensi pengisian sebesar 80%)

Sehingga, arus pengisian yang dapat dihasilkan adalah:

Arus pengisian = Daya modul surya / Tegangan baterai / Efisiensi pengisian

Arus pengisian = 200W / 12V / 0,8

Arus pengisian = 20A

Kemudian, untuk menghitung arus netto, kita perlu mengurangi arus beban dari arus pengisian:

Arus netto = Arus pengisian - Arus beban

Arus beban = 28.82 / 12V = 2.4A

Arus netto = 20A - 2.4A

Arus netto = 18.6A

Dengan memasukkan nilai-nilai ini ke dalam rumus waktu pengisian, kita dapat menghitung waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai dari 25% hingga 100%:

Waktu pengisian = 120Ah x (1 - 0.50) / 18.6A

Waktu pengisian = 3.62 jam

- 75% ke 100%

Untuk menghitung waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai dari 75% hingga 100% dengan beban 28.82W menggunakan modul surya 200WP dapat menggunakan rumus :

$$\text{Waktu pengisian} = \text{Kapasitas baterai} \times (1 - \text{SOC}) / \text{Arus netto}$$

Dimana:

$$\text{Kapasitas baterai} = 120\text{Ah}$$

$$\text{SOC} = 0.25 \text{ (75\% diwakili dalam bentuk desimal)}$$

$$\text{Arus netto} = \text{Arus pengisian} - \text{Arus beban}$$

Untuk menghitung arus pengisian membutuhkan daya dari modul surya dan efisiensi pengisian sebagai berikut:

$$\text{Daya modul surya} = 200\text{W} \quad \text{Efisiensi pengisian} = 0,8 \text{ (asumsi efisiensi pengisian sebesar 80\%)}$$

Sehingga, arus pengisian yang dapat dihasilkan adalah:

$$\text{Arus pengisian} = \text{Daya modul surya} / \text{Tegangan baterai} / \text{Efisiensi pengisian}$$

$$\text{Arus pengisian} = 200\text{W} / 12\text{V} / 0,8$$

$$\text{Arus pengisian} = 20\text{A}$$

Kemudian, untuk menghitung arus netto, kita perlu mengurangi arus beban dari arus pengisian:

$$\text{Arus netto} = \text{Arus pengisian} - \text{Arus beban}$$

$$\text{Arus beban} = 28.82 / 12\text{V} = 2.4\text{A}$$

$$\text{Arus netto} = 20\text{A} - 2.4\text{A}$$

$$\text{Arus netto} = 18.6\text{A}$$

Dengan memasukkan nilai-nilai ini ke dalam rumus waktu pengisian, kita dapat menghitung waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai dari 25% hingga 100%:

$$\text{Waktu pengisian} = 120\text{Ah} \times (1 - 0.25) / 18.6\text{A}$$

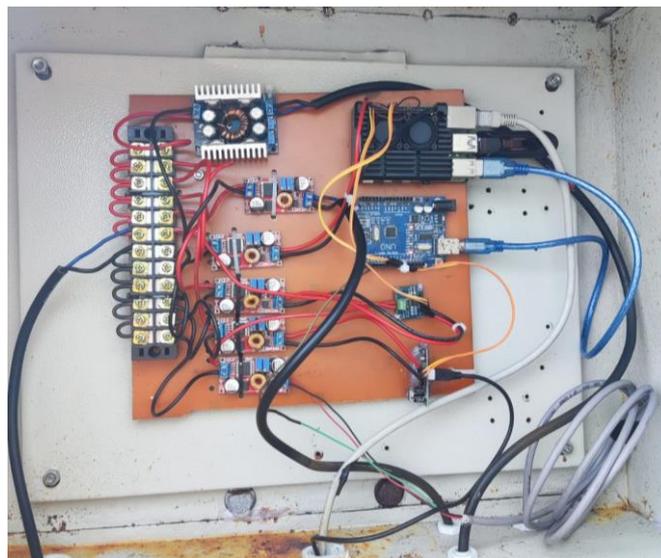
$$\text{Waktu pengisian} = 1.62 \text{ jam}$$

Tabel 3.3 Charge Rate Baterai PUMMA

Kapasitas awal	Kapasitas akhir	Waktu
25%	100%	5.16 jam
50%	100%	3.62 jam
75%	100%	1.62 jam

Jadi, waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai dari kapasitas awal hingga kapasitas akhir dengan beban 28.82W menggunakan modul surya 200WP dijelaskan pada tabel tersebut. Namun, perlu diingat bahwa faktor-faktor seperti kondisi cuaca, efisiensi sistem pengisian, dan lain-lain dapat memengaruhi waktu pengisian aktual.

3.7.2. Rancangan Papan Sirkuit



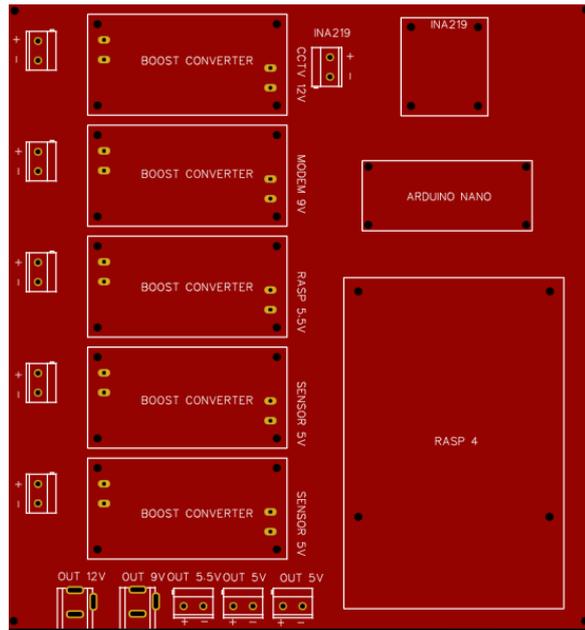
Gambar 3.5 Rancangan PUMMA Canti

Perancangan rangkaian skematik alat dilakukan untuk mempermudah proses pembuatan rangkaian komponen-komponen yang akan digunakan, sebelum implementasi komponen sesungguhnya pada alat[17]. Penting untuk mempertimbangkan aspek integrasi dan kemudahan instalasi dalam rancangan sirkuit elektronik. Jika sirkuit tidak terintegrasi dengan baik menjadi sebuah papan sirkuit, hal ini dapat mengakibatkan kesulitan saat proses instalasi perangkat dan memerlukan lebih banyak waktu untuk merakit dan mengoperasikannya. Selain itu, risiko karat dan kemungkinan terjadinya koneksi yang salah antar perangkat dapat menjadi masalah yang serius.

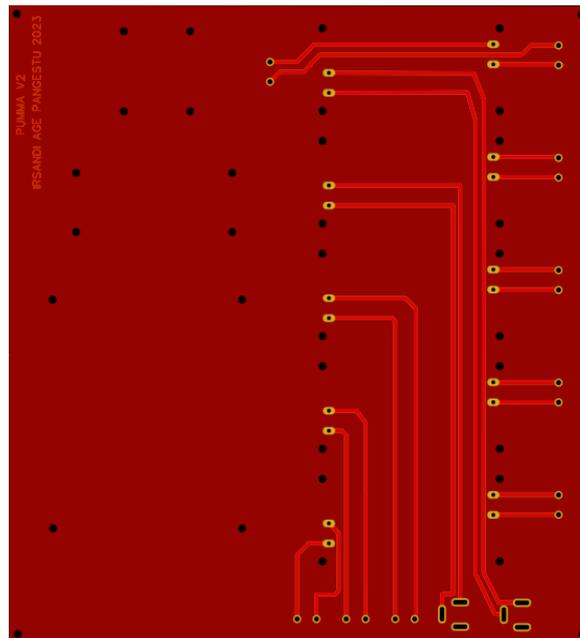
Untuk mengatasi tantangan ini, pertimbangkan untuk merancang papan sirkuit yang telah terintegrasi seefisien mungkin. Ini mencakup:

1. **Desain Terpadu:** Memastikan bahwa komponen-komponen kritis telah diintegrasikan secara baik, sehingga meminimalkan jumlah koneksi yang harus dibuat secara manual.
2. *Plug and Play:* Menerapkan pendekatan *plug and play* dalam desain sirkuit dapat memudahkan instalasi. Ini berarti komponen-komponen dapat dipasang dan dicopot dengan mudah tanpa memerlukan keterampilan khusus.
3. **Material Tahan Karat:** Pemilihan material yang tahan terhadap korosi dan karat, seperti lapisan pelindung pada komponen atau pemilihan material papan sirkuit yang sesuai, dapat meningkatkan umur pakai dan keandalan sistem.
4. *Labeling* yang Jelas: Menyediakan label yang jelas untuk setiap komponen atau jalur sirkuit dapat membantu menghindari miss connection. Label yang baik dapat memudahkan identifikasi komponen dan jalur yang diperlukan.
5. **Penggunaan PCB dengan Kualitas Tinggi:** Menggunakan PCB (*Printed Circuit Board*) dengan kualitas tinggi, seperti FR-4 yang telah dilaminasi dengan baik, dapat memberikan perlindungan terhadap kelembaban dan korosi.

Dengan memperhatikan aspek-aspek ini dalam rancangan sirkuit, diharapkan instalasi dan operasional perangkat akan menjadi lebih mudah, lebih efisien, dan lebih dapat diandalkan.



Gambar 3.6 Rancangan Papan Sirkuit Tampak Depan



Gambar 3.7 Rancangan Papan Sirkuit Tampak Belakang

Rancangan papan sirkuit dengan dimensi 150.48mm x 161.54mm dirancang dengan tujuan utama untuk memudahkan proses produksi alat pengukuran muka air laut. Dimensi yang telah ditentukan memperlihatkan perhatian terhadap efisiensi

dan kemudahan perakitan alat. Rancangan ini masih dalam bentuk *prototype* dengan fokus pada kemudahan pemasangan komponen (*plug and play*), sehingga mempercepat proses perakitan alat.

Papan sirkuit menggunakan material dasar FR-4, yang terkenal dengan ketahanannya terhadap api. FR-4 adalah jenis lembaran laminasi *epoxy* yang diperkuat oleh fiberglass, membuatnya cocok untuk berbagai aplikasi elektronik. Keberlanjutan dan keandalan bahan ini menjadi pertimbangan utama, terutama karena alat ini akan digunakan dalam lingkungan yang mungkin mengalami fluktuasi suhu dan kelembaban.

Selain dimensi dan material, pendekatan *plug and play* pada pemasangan komponen memberikan nilai tambah dalam mempercepat proses produksi. Kemudahan ini memungkinkan untuk penggunaan papan sirkuit dengan efisiensi waktu dan tenaga, serta meminimalkan kesalahan manusia selama perakitan.

Dengan kombinasi dimensi yang efisien, pemilihan material yang tahan api, dan pendekatan *plug and play*, rancangan papan sirkuit ini diharapkan dapat menjadi landasan yang solid untuk produksi alat pengukuran muka air laut yang efisien dan handal.

3.7.3. Rancangan Bangunan Tepi Laut



Gambar 3.8 Rancangan Bangunan Tepi Laut PUMMA Canti

PUMMA Canti ditempatkan pada sebuah batu karang di tengah laut dekat pantai, oleh karena itu tiang perangkat hanya membutuhkan 1 tiang. Namun tiang tersebut harus ditempatkan di atas sebuah batu, maka pembuatan plat dengan ketebalan 8 mm untuk pondasi dibutuhkan. Bahan untuk tiang dan kerangka modul surya terbuat dari galvanis, hal ini memungkinkan tiang perangkat bertahan lebih lama di lingkungan bersifat korosif tinggi. Berbeda dengan medan dari PUMMA Panjang, tidak terdapat tempat untuk tiang perangkat. Oleh karena itu pembuatan bagan tancap sementara dibutuhkan untuk penempatan perangkat PUMMA.



Gambar 3.9 Rancangan Bangunan Tepi Laut

Rancangan bangunan tepi laut untuk PUMMA Panjang ini mencerminkan pemahaman yang mendalam akan tantangan lingkungan korosif yang dihadapi, khususnya terkait dengan eksposur terhadap air laut. Pemilihan material konstruksi yang tepat menjadi kunci dalam memastikan keberlanjutan dan ketahanan bangunan terhadap dampak ekstrem, seperti hempasan gelombang air laut.

Semen komposit tipe 5 yang digunakan, khususnya semen *portland*, menunjukkan sifat tahan garam yang esensial untuk lingkungan tepi laut. Material ini mampu memberikan ketahanan terhadap korosi yang diakibatkan oleh kadar garam tinggi di udara laut. Sementara itu, penguatan menggunakan tulangan besi yang ditempatkan dalam paralon berdiameter 4 inch bertujuan untuk memberikan kekuatan struktural yang diperlukan pada pondasi.

Pendekatan pemasangan pondasi dengan kemiringan 15-30 derajat ke tengah dan penggunaan pondasi khusus untuk penempatan *box* komponen menunjukkan pertimbangan yang matang terhadap kondisi lingkungan yang penuh tantangan. Kemiringan tersebut dapat membantu mengurangi tekanan dan gaya yang dihasilkan oleh hempasan ombak air laut, menjadikan bangunan lebih stabil dan kokoh. Pada saat yang sama, pondasi khusus untuk *box* komponen memberikan perlindungan tambahan terhadap pergeseran yang mungkin terjadi akibat hempasan ombak.

Dengan demikian, rancangan ini menggabungkan aspek material dan struktural yang tahan terhadap korosi dengan perhatian khusus pada penempatan pondasi, menciptakan fondasi yang kokoh dan tahan lama untuk PUMMA di lingkungan tepi laut yang berpotensi merusak.

Komponen dan bahan tambahan perlu dipersiapkan sebelum perancangan PUMMA. Komponen yang dipakai untuk membuat PUMMA terbagi menjadi 2 yaitu *box* catu daya dan *box* elektronik.

Komponen di *box* catu daya meliputi:

1. Baterai 120Ah
2. MPPT 15A
3. Modem tenda 4G LTE

Komponen di dalam *box* elektronik meliputi:

1. *Terminal block* 12 pin 1 buah
2. *Buck converter* 5 buah
3. Sensor INA 219
4. *Raspberry pi 4B* dan *PCB (Printed Circuit Board)*
5. Sensor MB7366

3.8. Pengujian Data PUMMA Panjang

Pengujian ini menggunakan data yang telah dihasilkan PUMMA Panjang selama 7 hari dan data hasil *forecasting*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai dari *mean absolute error*, *mean squared error*, *root mean square error* dan *relative accuracy*.

3.8.1. *Import Library*

library yang dibutuhkan adalah *pandas*, *numpy* dan *scipy*. Perintah untuk mengimport sebagai berikut

1. `import pandas as pd` sebagai library untuk dataframe
2. `import numpy as np` sebagai library untuk data processing
3. `import scipy.stats as stats` sebagai library untuk statistik
4. `import matplotlib.pyplot as plt` sebagai library untuk plot grafik
5. `from prophet import Prophet` sebagai library untuk forecasting metode prophet
6. `from tensorflow.keras.layers import LSTM, Dense` sebagai library untuk forecasting metode LSTM
7. `from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler` sebagai library untuk filter dataframe minimal dan maksimal scaler
8. `from tensorflow.keras.models import Sequential` sebagai library untuk pemodelan data
9. `from sklearn.metrics import mean_squared_error` sebagai library untuk mencari mean square error
10. `from scipy.stats import pearsonr` sebagai library untuk mencari nilai korelasi pearson
11. `from scipy.stats import spearmanr` sebagai library untuk mencari nilai korelasi spearman

3.8.2. *Data Processing* Untuk Metode LSTM dan *Prophet*

Pada *data processing* menggunakan dataset yang telah disiapkan berupa nilai aktual dan nilai dari sensor. Perintah *data processing* sebagai berikut:

1. `df = pd.read_csv('/content/dataframe.csv')` untuk membaca file dataframe dalam format csv
2. `df` untuk menampilkan dataframe
3. `df['Timestamp'] = pd.to_datetime(df['Timestamp'])` mengubah format dari general ke dtype untuk timestamp
4. `df.set_index('Timestamp', inplace=True)` meniadakan index untuk timestamp
5. `df_resampled = df.resample('30T').mean()` mengubah data menjadi interval 30 menit sekali
6. `df_resampled['tinggi'] = df_resampled['tinggi'].interpolate()` untuk mencari nilai yang hilang pada rentang data yang diketahui
7. `df_resampled['tinggi'].fillna(df_resampled['tinggi'].mean(), inplace=True)` untuk mengisi nilai yang kosong dengan rata rata dari rentang data yang diketahui
8. `scaler = MinMaxScaler()` untuk normalisasi data dengan rentang 0 sampai 1
9. `df_scaled = scaler.fit_transform(df_resampled[['tinggi']])` memasukkan nilai scaler ke kolom tinggi

3.8.3. *Forecasting* data PUMMA metode LSTM

1. Split data menjadi train dan test

```
train_size = int(len(df_scaled) * 0.8)
```

```
train, test = df_scaled[0:train_size], df_scaled[train_size:]
```

2. Fungsi untuk membuat dataset dengan time steps

```
def create_dataset(dataset, time_steps=10):
```

```
    X, Y = [], []
```

```

for i in range(len(dataset)-time_steps-1):

    a = dataset[i:(i+time_steps), 0]

    X.append(a)

    Y.append(dataset[i + time_steps, 0])

return np.array(X), np.array(Y)

```

3. Membuat dataset

```

X_train, y_train = create_dataset(train, time_steps)

X_test, y_test = create_dataset(test, time_steps)

```

4. Reshape input menjadi [samples, time steps, features]

```

X_train = np.reshape(X_train, (X_train.shape[0], X_train.shape[1], 1))

X_test = np.reshape(X_test, (X_test.shape[0], X_test.shape[1], 1))

```

5. Membuat model LSTM

```

model = Sequential()

model.add(LSTM(units=50, activation='relu',
input_shape=(X_train.shape[1], 1)))

model.add(Dense(units=1))

model.compile(optimizer='adam', loss='mean_squared_error')

```

6. Melatih model

```

model.fit(X_train, y_train, epochs=1000, batch_size=32)

```

7. Prediksi 7 hari ke depan dengan interval 30 menit

```

forecast_values = []

for i in range(14*24*2): # 14 hari * 24 jam * 2 (setiap 30 menit)

```

```

current_data = df_scaled[-time_steps:]

current_data = np.reshape(current_data, (1, time_steps, 1))

prediction = model.predict(current_data)[0, 0]

forecast_values.append(prediction)

df_scaled = np.concatenate([df_scaled, [[prediction]]])

```

8. Invert scaling untuk mendapatkan hasil prediksi dalam skala awal

```

forecast_values =
scaler.inverse_transform(np.array(forecast_values).reshape(-1, 1))

```

9. Generate waktu untuk hasil prediksi

```

forecast_index = pd.date_range(df_resampled.index[-1],
periods=len(forecast_values), freq='30T')

```

10. Mengubah array prediksi menjadi 1 dimensi

```

array_one_dimensional = forecast_values.flatten()

```

11. Membuat dataframe hasil prediksi

```

forecast_df = pd.DataFrame({'Timestamp': forecast_index, 'tinggi':
array_one_dimensional})

```

```

forecast_df.set_index('Timestamp', inplace=True)

```

12. Menyimpan dataframe sebagai file CSV

```

forecast_df.to_csv('forecast_results.csv')

```

3.8.4. Forecasting Data PUMMA Metode *Prophet*

1. Persiapkan dataframe untuk Prophet

```

df_prophet = df.rename(columns={'Timestamp': 'ds', 'tinggi': 'y'})

```

2. Inisialisasi model Prophet

```
model = Prophet()
```

3. Melatih model dengan data

```
model.fit(df_prophet)
```

4. Membuat dataframe untuk forecasting 14 hari ke depan dengan interval 30 menit

```
future = model.make_future_dataframe(periods=14*24*2, freq='30T')
```

5. Melakukan forecasting

```
forecast = model.predict(future)
```

6. Menampilkan hasil forecasting

```
print(forecast[['ds', 'yhat', 'yhat_lower', 'yhat_upper']].tail())
```

7. Menyimpan hasil forecasting

```
forecast[['ds', 'yhat']].to_csv('prophet forecast panjang.csv', index=False)
```

3.8.5. Pengujian Data

Pengujian data adalah untuk mengetahui nilai dari *mean absolute error*, *mean squared error*, *root mean square error* dan *relative accuracy*. Perintah pengujian data sebagai berikut:

1. Membaca dataframe

```
df = pd.read_csv('/content/drive/MyDrive/SKRIPSI/prophet-lstm-aktual-panjang.csv')
```

2. Deskripsi variabel dengan masing masing kolom

```
x = df['tinggi_prophet']
```

```
y = df['tinggi_lstm']
```

```
z = df['tinggi_aktual']
```

3. Mencari mean absolute error

```
mae = np.mean(np.abs(x - y))
```

```
print(f"Mean Absolute Error (MAE): {mae}")
```

4. Mencari mean squared error

```
mse = np.mean((x - y)**2)
```

```
print(f"Mean Squared Error (MSE): {mse}")
```

5. Mencari root squared error

```
rmse = np.sqrt(mse)
```

```
print(f"Root Mean Squared Error (RMSE): {rmse}")
```

6. Mencari akurasi relatif

```
relative_accuracy = 1 - np.sum(np.abs(x - y)) / np.sum(np.abs(x))
```

```
print(f"Relative Accuracy: {relative_accuracy}")
```

7. Menghitung korelasi Pearson

```
correlation, p_value = pearsonr(x, y)
```

```
print(f"Korelasi Pearson: {correlation}")
```

```
print(f"P-Value: {p_value}")
```

3.9. Parameter Evaluasi Kinerja Model

Adapun parameter untuk evaluasi kinerja model menggunakan parameter berikut:

1. *Mean Absolute Error (MAE)*:

MAE berupa nilai absolut, dan penilaian terhadap "baik" atau "buruk" sangat tergantung pada besaran variabel target. Misalnya, jika memprediksi suhu dalam

derajat Celsius dan MAE sekitar 1, itu mungkin dianggap baik. Namun, jika memprediksi pendapatan dalam ribuan dolar dan MAE sekitar 1000, itu mungkin kurang baik.

2. *Mean Squared Error*

Secara umum, nilai MSE yang lebih rendah dianggap lebih baik, karena ini menunjukkan bahwa model memiliki tingkat kesalahan yang lebih kecil. Tetapi seberapa rendah MSE yang dianggap "baik" dapat bervariasi tergantung pada sifat data dan besaran variabel target.

3. *Root Mean Squared Error (RMSE):*

RMSE yang lebih rendah dianggap lebih baik. Meskipun tidak ada nilai batas baku untuk RMSE, seringkali dapat membandingkannya dengan skala data yang sebenarnya. Sebagai contoh, jika memprediksi harga saham, RMSE sekitar 1% dari harga saham mungkin dianggap baik.

4. *Relative Accuracy:*

Relative Accuracy adalah metrik relatif dan perlu diinterpretasikan dengan memahami baseline atau standar yang digunakan untuk perbandingan. Nilai yang mendekati 1 menunjukkan akurasi yang baik relatif terhadap baseline yang dipilih.

5. *Correlation Coefficients (Spearman dan Pearson):*

Nilai korelasi berkisar antara -1 dan 1. Nilai mendekati 1 menunjukkan hubungan yang lebih kuat antara variabel. Namun, perlu diingat bahwa korelasi tidak selalu mencerminkan kualitas prediksi secara keseluruhan.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan dengan judul “Rancang Bangun Perangkat Ukur Murah Muka Air Laut (PUMMA) Berbasis Internet Of Things (Iot) Sebagai Deteksi Dini Tsunami Di Wilayah Cagar Alam Krakatau” didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan sensor *Max Sonar* MB7366 pada PUMMA Panjang mendapatkan hasil yang baik dan beroperasi dengan lancar. Data hasil yang didapatkan cukup akurat dalam 7 hari pertama, namun setelah itu data yang dihasilkan terbilang memiliki banyak riak, hal ini dikarenakan permukaan sensor tersebut korosi sehingga penyebaran *beam* menjadi terhambat oleh penumpukan partikel korosi.
2. Perancangan papan PCB (*Printed Circuit Board*) memiliki koneksi yang baik antar komponen, efisiensi waktu penggunaan kabel sehingga memudahkan produksi massal.
3. Data PUMMA Panjang yang dihasilkan mempunyai dataset yang baik dan memiliki sedikit riak pada 7 hari pertama pemasangan PUMMA Panjang, dengan demikian hasil forecasting menggunakan metode *Long Short Term Memory* (LSTM) dan *Prophet* menghasilkan dataset yang tidak memiliki riak namun perbandingan dengan data aktual bulan April menghasilkan korelasi 0.0575 baik *Spearman Correlation* maupun *Pearson Correlation* dikarenakan dataset forecasting tidak dipengaruhi oleh fenomena alam seperti bulan purnama, maupun hujan badai.

5.2. Saran

Setelah melakukan penelitian tentang ‘Rancang Bangun Perangkat Ukur Murah Muka Air Laut (PUMMA) Berbasis *Internet Of Things* (Iot) Sebagai Deteksi Dini Tsunami Di Wilayah Cagar Alam Krakatau” beberapa saran diberikan sebagai berikut:

1. Melakukan *coating* terhadap permukaan sensor MB7366 agar lebih tahan terhadap korosi
2. Perlu penyempurnaan pada papan PCB (*Printed Circuit Board*) yang telah dirancang, penambahan fitur seperti konektor sensor dan *Raspberry Pi* diperlukan agar lebih memudahkan saat konfigurasi kabel sensor *Max Sonar* MB7366, kamera dan sensor tegangan baterai dengan *Raspberry Pi*
3. Data yang telah dievaluasi diharapkan dilakukan instevigasi untuk mencari penyebab perbandingan dengan data aktual bulan April menghasilkan korelasi 0.0575 baik *Spearman Correlation* maupun *Pearson Correlation*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Wayan Indra Saputra dan R. Fadly, “ANALISIS PERUBAHAN TOPOGRAFI GUNUNG ANAK KRAKATAU PASCA ERUPSI TANGGAL 22 DESEMBER 2018 MENGGUNAKAN DATA FOTO UDARA DAN DEMNAS,” *Universitas Lampung: Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro*, no. 1, hlm. 35145.
- [2] S. SUMARDI, “RANCANG BANGUN MONITORING KETINGGIAN AIR DAN SISTEM KONTROL PADA PINTU AIR BERBASIS ARDUINO DAN SMS GATEWAY,” *JURNAL TEKNIK: UNIVERSITAS MUHAMADIYAH TANGERANG*, vol. 7, no. 1, 2018.
- [3] N. Pratama, U. Darusalam, dan N. D. Nathasia, “Perancangan Sistem Monitoring Ketinggian Air Sebagai Pendeteksi Banjir Berbasis IoT Menggunakan Sensor Ultrasonik,” *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, vol. 4, no. 1, hlm. 117, Jan 2020, doi: 10.30865/mib.v4i1.1905.
- [4] S. Husrin *dkk.*, “ANALISA KINERJA IDSL/PUMMA UNTUK PERINGATAN DINI TSUNAMI DI PANGANDARAN.” [Daring]. Tersedia pada: https://webcritech.jrc.ec.europa.eu/TAD_server/
- [5] S. Marpaung, W. K. Harsanugraha, P. Pemanfaatan, dan P. Jauh -Lapan, “Deteksi Parameter Geobiofisik dan Diseminasi Penginderaan Jauh Seminar Nasional Penginderaan Jauh,” 2014.
- [6] E. Padang *dkk.*, “PERANCANGAN ALAT UKUR KETINGGIAN PERMUKAN AIR BERBASIS SENSOR ULTRASONIK MAXSONAR MB7389 DAN MIKROKONTROLER ATMega328P,” 2022.

- [7] “HRXL-MaxSonar ®-WR/WRC TM Series Precision Ultrasonic Range Sensing Warning: Personal Safety Applications HRXL-MaxSonar ®-WR TM Series,” 2005. [Daring]. Tersedia pada: www.maxbotix.com
- [8] Y. Abdan Syakur, E. Padang, B. Afkri, J. Gunung Salju, M. Barat, dan P. Barat, “RANCANG BANGUN ALAT UKUR KETINGGIAN PERMUKAAN AIR SUNGAI MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK AJ-SR04M,” 2023.
- [9] S. Mahendra Gilang, “Rancang Bangun Kontrol Pintu Air Dan Monitoring Ketinggian Air Sungai Berbasis Internet of Things (IoT),” *JTEIN: JURNAL TEKNIK ELEKTRO INDONESIA*, vol. 2, no. 1, 2021.
- [10] A. Alawiah dan A. R. Al Tahtawi, “Sistem Kendali dan Pemantauan Ketinggian Air pada Tangki Berbasis Sensor Ultrasonik,” *KOPERTIP: Jurnal Ilmiah Manajemen Informatika dan Komputer*, vol. 01, no. 01, hlm. 25–30, 2017.
- [11] J. Kuswanto, “Implementasi (GaBlind) Alat Bantu Navigasi Tunanetra Menggunakan Sensor Max Sonar Berbasis Arduino,” *INFORMATION TECHNOLOGY JOURNAL*, vol. 1, no. 4, 2019.
- [12] M. Rizki dan R. Amri, “Perancangan Kontrol dan Monitoring Level Ketinggian Air di Waduk Bagian Hulu Untuk Meningkatkan Efektifitas Kinerja PLTA Koto Panjang,” 2016.
- [13] R. Mareta, D. Rahmaningsih, dan R. Dwi Firmansyah, “PENDETEKSI KETINGGIAN AIRINTERAKTIF DENGAN APLIKASI TELEGRAM BERBASIS RASPBERRY PI,” *JURNAL SAINS DAN TEKNOLOGI*, vol. 6, no. 2, 2017.
- [14] Affandi dan Arya Nasution, “Rancang Bangun Alat Ukur pH Dan Ketinggian Air Berbasis Smartphone Guna Meningkatkan Produktifitas Budidaya Ikan Nila,” *JURNAL MESIL (MESIN ELEKTRO SIPIL)*, vol. 2, no. 2, hlm. 75–80, 2021.

- [15] F. Indra Sanjaya dan D. Heksaputra, “Prediksi Rerata Harga Beras Tingkat Grosir Indonesia dengan Long Short Term Memory,” vol. 7, no. 2, hlm. 163–174, 2020, [Daring]. Tersedia pada: <http://jurnal.mdp.ac.id>
- [16] T. Chai dan R. R. Draxler, “Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? -Arguments against avoiding RMSE in the literature,” *Geosci Model Dev*, vol. 7, no. 3, hlm. 1247–1250, Jun 2014, doi: 10.5194/gmd-7-1247-2014.
- [17] R. Dika Pratama, S. Samsugi, J. Persada Sembiring, J. Z. Pagar Alam No, L. Ratu, dan B. Lampung, “ALAT DETEKSI KETINGGIAN AIR MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK DENGAN DATABASE,” *Jurnal Teknik dan Sistem Komputer (JTIKOM)*, vol. 3, no. 1, 2022.