

**RANCANG BANGUN SISTEM TELEMETRI KONDISI AIR TAMBAK
UDANG BERBASIS *LONG RANGE ACCESS* (LoRa) DENGAN WAHANA
PERMUKAAN NIRAWAK**

(Skripsi)

Oleh :

WAHYUDI

2115031040



JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

2025

**RANCANG BANGUN SISTEM TELEMETRI KONDISI AIR TAMBAK
UDANG BERBASIS *LONG RANGE ACCESS* (LoRa) DENGAN WAHANA
PERMUKAAN NIRAWAK**

Oleh :
WAHYUDI

Skripsi

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

**Pada
Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2025

ABSTRAK

RANCANG BANGUN SISTEM TELEMETRI KONDISI AIR TAMBAK UDANG BERBASIS *LONG RANGE ACCESS* (LoRa) DENGAN WAHANA PERMUKAAN NIRAWAK

Oleh

WAHYUDI

Budidaya udang vannamei merupakan salah satu sektor perikanan dengan nilai ekonomis tinggi di Indonesia. Salah satu faktor utama keberhasilan budidaya adalah kualitas air, yang ditentukan oleh parameter seperti suhu, salinitas, pH, oksigen terlarut, dan kekeruhan. Penelitian ini merancang dan mengembangkan sistem telemetri pemantauan kualitas air tambak udang berbasis mikrokontroler Mappi32 dengan komunikasi *Long Range Access* (LoRa) yang diintegrasikan pada wahana permukaan nirawak. Sistem ini menggabungkan beberapa sensor, yaitu sensor suhu DS18B20, sensor pH, sensor TDS (salinitas), sensor turbiditas, serta sensor dissolved oxygen, yang kemudian datanya dikirim secara real-time ke dashboard pemantauan. Pengujian dilakukan di dua lokasi, yaitu Embung Rusunawa Universitas Lampung dan PT. Sumur Maju Tambak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh sensor berhasil terintegrasi dengan tingkat keberhasilan 100%, sedangkan transmisi data menggunakan LoRa mencapai tingkat keberhasilan 99,49% dari 390 data yang dikirim. Kapal nirawak yang dirancang juga terbukti mampu bergerak dan bermanuver secara efektif pada seluruh titik pengukuran tanpa hambatan. Dengan demikian, sistem ini terbukti handal dan layak digunakan sebagai solusi pemantauan kualitas air tambak udang secara efisien, real-time, dan berkelanjutan, meskipun masih diperlukan pengembangan lebih lanjut terkait pemilihan sensor turbiditas dan TDS agar hasil pengukuran lebih akurat.

Kata kunci: telemetri, LoRa, kualitas air, tambak udang, Mappi32, wahana permukaan nirawak

ABSTRACT

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A TELEMETRY SYSTEM FOR SHRIMP POND WATER CONDITION BASED ON LONG RANGE ACCESS (LoRa) USING AN UNMANNED SURFACE VEHICLE

By

WAHYUDI

Vannamei shrimp farming is one of the fisheries sectors with high economic value in Indonesia. One of the main factors for successful farming is water quality, which is determined by parameters such as temperature, salinity, pH, dissolved oxygen, and turbidity. This study designed and developed a microcontroller-based Mappi32 water quality monitoring telemetry system for shrimp ponds using Long Range Access (LoRa) communication integrated into an unmanned surface vehicle. This system combines several sensors, namely the DS18B20 temperature sensor, pH sensor, TDS (salinity) sensor, turbidity sensor, and dissolved oxygen sensor, whose data is then sent in real-time to the monitoring dashboard. Testing was conducted at two locations, namely the Rusunawa Reservoir at the University of Lampung and PT. Sumur Maju Tambak. The results of the study showed that all sensors were successfully integrated with a success rate of 100%, while data transmission using LoRa achieved a success rate of 99.49% from 390 data sent. The designed unmanned vessel was also proven to be able to move and maneuver effectively at all measurement points without obstacles. Thus, this system has been proven to be reliable and suitable for use as an efficient, real-time, and sustainable solution for monitoring shrimp pond water quality, although further development is still needed regarding the selection of turbidity and TDS sensors to ensure more accurate measurement results.

Keywords: telemetry, LoRa, water quality, shrimp ponds, Mappi32, unmanned surface vehicle

Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN SISTEM
TELEMETRI KONDISI AIR TAMBAK
UDANG BERBASIS LONG RANGE
ACCESS (LoRa) DENGAN WAHANA
PERMUKAAN NIRAWAK**

Nama Mahasiswa : **Wahyudi**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2115031040**

Program Studi : **Teknik Elektro**

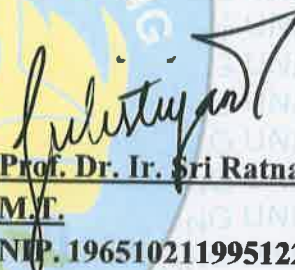
Fakultas : **Teknik**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Herlinawati, S.T., M.T.
NIP.197103141999032001



Prof. Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti,
M.T.
NIP. 196510211995122001

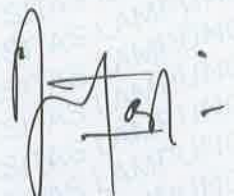
2. Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ketua Program Studi S1 Teknik Elektro



Herlinawati, S.T., M.T.
NIP.197103141999032001



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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Herlinawati, S.T.,M.T.**



Sekretaris : **Prof. Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, M.T.**



Penguji Utama : **Dr. Eng FX Arinto Setyawan, S.T.,M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T.,M.Sc. }

NIP.197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 05 Agustus 2025

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini yang berjudul **“DESAIN SISTEM TELEMETRI BERBASIS LONG RANGE ACCESS (LoRa) UNTUK MEMONITOR KONDISI AIR DI KEBUN UDANG MENGGUNAKAN KENDARAAN PERMUKAAN TANPA AWAK”** tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat atas diterbitkannya oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan dalam daftar Pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri. Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi akademik sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 05 Agustus

2025



Wahyudi

NPM. 2115031040

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Bukittinggi pada tanggal 16 Oktober 2002. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Rahmat Hidayat dan Ibu Adriyani.

Penulis lulus Sekolah Dasar di SD Negeri 05 Bukittinggi pada tahun 2015, lulus Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 3 Bukittinggi pada tahun 2018, dan lulus Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 4 Bukittinggi pada tahun 2021. Penulis diterima di Program Studi Teknik Elektro Universitas Lampung pada tahun 2021 melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam kegiatan organisasi yaitu Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO) sebagai anggota departemen Pengembangan Teknologi selama dua periode (2022-2023). Penulis juga pernah berpartisipasi dalam Kontes Robot Terbang Indonesia (KRTI) sebagai peserta wilayah *technology development (Airframe Innovation)* yang diselenggarakan oleh Pusat Prestasi Nasional pada tahun 2023. Penulis juga pernah berpartisipasi dalam Kontes Kapal Cepat Tak Berawak (KKCTBN) yang diselenggarakan oleh Pusat Prestasi Nasional pada tahun 2023. Di semester 5 penulis memilih konsentrasi Elektronika dan kendali, dan terpilih menjadi asisten Laboratorium Teknik Elektronika periode 2023-2025. Penulis juga melaksanakan kerja praktik Perusahaan Listrik Negara (Unit Bisnis Pembangkitan PT. PLN Indonesia Power) periode Juli- Agustus 2024. Perjalanan pendidikan ini mencerminkan komitmen penulis terhadap pengembangan diri, kontribusi dalam bidang teknologi, dan partisipasi aktif dalam kehidupan kampus. Penulis berharap dapat terus berkontribusi dalam meningkatkan kualitas dan eksplorasi di dunia teknologi melalui perjalanan akademis dan kegiatan organisasi yang saya jalani.



PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan Ridho Allah SWT

Teriring Shalawat kepada Nabi Muhammad SWT

Karya tulis ini ku persembahkan untuk:

Ayah dan Ibuku Tercinta

Kakak Tersayang

Dan seluruh keluarga besarku yang tidak bisa disebutkan satu persatu

.

Terima kasih untuk semua dukungan dan doa selama ini,

Sehingga aku dapat menyelesaikan hasil karyaku ini.

MOTTO

"Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya."

(QS. Al-Baqarah: 286)

"Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan."

(QS. Al-Insyirah: 6)

"Life is not the amount of breaths you take, it's the moments that take your breath away."

(Hitch-2005)

"Don't let anyone ever make you feel like you don't deserve what you want."

(10 Things I Hate About You -1999)

"I am the master of my fate, I am the captain of my soul."

(William Ernest Henley – “Invictus”)

SANWACANA

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala karunia, hidayah, serta inayah-Nya kepada penulis, sehingga laporan skripsi ini yang berjudul **“IMPLEMENTASI CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) UNTUK PENGENALAN TULISAN TANGAN HURUF UTAMA AKSARA LAMPUNG”** dapat selesai tepat pada waktunya. Yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung. Penulis mendapatkan bantuan pemikiran maupun dorongan moril dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Ibu Herlinawati, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung sekaligus dosen pembimbing utama, Dengan penuh rasa hormat dan ketulusan, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu, selaku dosen pembimbing penulis. Terima kasih atas bimbingan, arahan, kesabaran, serta ilmu yang telah Ibu berikan selama proses penyusunan skripsi ini. Dukungan dan masukan yang Ibu berikan sangat berarti dan menjadi motivasi besar bagi penulis untuk terus belajar dan menyelesaikan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya. Penulis sangat menghargai setiap waktu dan perhatian yang Ibu luangkan, meskipun di tengah kesibukan yang luar biasa. Semoga segala kebaikan dan ilmu yang telah Ibu tanamkan menjadi amal jariyah dan membawa keberkahan. Sekali lagi, terima kasih atas segala bimbingan dan dedikasinya.
4. Bapak Sumadi, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.

5. Prof. Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, M.T. selaku dosen pembimbing kedua, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas arahan dan bimbingan selama penyusunan skripsi ini. Bimbingan yang Ibu berikan telah membantu penulis dalam melihat berbagai sudut pandang, menyempurnakan isi tulisan, dan memperkuat kualitas penelitian ini. Penulis sangat menghargai setiap arahan dan perhatian yang telah Ibu berikan, yang menjadi bagian penting dalam keberhasilan tugas akhir ini. Semoga segala ilmu dan kebaikan yang telah Ibu bagikan mendapatkan balasan terbaik dari Tuhan Yang Maha Esa. Terima kasih atas dedikasi dan dukungan Ibu selama proses ini.
6. Bapak Dr. Eng FX Arinto Setyawan, S.T., M.T. selaku dosen penguji, penulis mengucapkan terima kasih atas masukan dan arahan dalam proses penyusunan skripsi ini.
7. Bapak Noer Soedjarwanto, IR, M.T. selaku dosen pembimbing akademik, terima kasih atas bimbingan dan dukungan selama proses perkuliahan.
8. Bapak Syaiful Alam, S.T., M.T. selaku kepala Laboratorium Teknik Elektronika, dan Kak Yudi Eka Putra, S.T., M.T. selaku PLP laboratorium Teknik Elektronika, terima kasih karena telah memberikan tempat dan pengalaman berharga menjadi asisten di laboratorium Teknik Elektronika.
9. Seluruh dosen dan staff jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung atas ilmu dan jasa yang telah diberikan kepada penulis selama penulis menjalani masa perkuliahan.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
DAFTAR TABEL	vi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Hipotesis.....	5
1.7 Sistematika Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.2 Udang	10
2.3 Kualitas Air Tambak Udang	11
2.4 Perangkat Keras Alat Pemantau Kualitas Air Tambak Udang	13
2.4.1 Mikrokontroller Mappi 32.....	13
2.4.2 Sensor Kekeruhan Air	14
2.4.3 Sensor <i>Total Dissolved Solid</i>	15
2.4.4 Sensor pH.....	16
2.4.5 Sensor Kadar Oksigen.....	17
2.4.6 Sensor DS18B20	19
2.4.7 OLED	19
2.4.8 Baterai <i>Lithium-Ion</i> (Li-Ion)	20
2.5 Perangkat Lunak Penyusun Alat Pemantau Kualitas Air.....	21

2.5.1	Arduino IDE.....	21
2.6	Kalibrasi Sensor	22
2.7	Kapal Tanpa Awak (<i>Unmanned Surface Vehicle</i>)	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		25
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	25
3.2	Alat dan Bahan.....	25
3.3	Prosedur Penelitian.....	27
3.4	Perancangan Alat	28
3.5.1	Diagram Blok Perancangan Alat.....	28
3.5.2	Perancangan Prototipe.....	29
3.5	Pengujian Sistem.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		31
4.1	Data Hasil Pengujian Sensor.....	31
4.1.1	Data Hasil Pengujian Sensor Kekeruhan Turbiditas	31
4.1.2	Data Hasil Pengujian Sensor TDS	36
4.1.3	Data Hasil Pengujian Sensor pH.....	40
4.1.4	Data Hasil Pengujian Sensor Dissolved Oxygen	44
4.1.5	Data Hasil Pengujian Sensor Suhu.....	48
4.1.6	Data Hasil Pengujian LoRa.....	53
4.2	Data Hasil Pengujian Kapal Tanpa Awak (<i>Unmanned Surface Vehicle</i>) ...	54
4.2.1	Model Kapal Tanpa Awak	54
4.2.2	Pengujian Sistem Propulsi.....	55
4.2.3	Pengujian Sistem Kemudi.....	56
4.3	Data Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem.....	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		108
5.1	Kesimpulan	108
5.2	Saran.....	109
DAFTAR PUSTAKA		110

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Udang (<i>Litopenaeus Vannamei</i>).....	10
Gambar 2. 2. Mikrokontroller Mappi 32.....	13
Gambar 2. 3. Sensor Kekeruhan DFROBOT.....	14
Gambar 2. 4. Sensor TDS DFROBOT (Salinitas)	15
Gambar 2. 5. Sensor DFRobot SEN0161.....	17
Gambar 2. 6. Sensor Dissolved Oxygen (DO) DFRobot.....	18
Gambar 2. 7. Sensor Suhu DS18B20 DFRobot.....	19
Gambar 2. 8. OLED	20
Gambar 2. 9. Baterai Li-Ion 21700 4500mAh	21
Gambar 2. 10. Tampilan Arduino IDE.....	21
Gambar 2. 11. Perahu Rawa Dengan Propulsi Udara	24
Gambar 3. 1. Diagram Alir Prosedur Penelitian	27
Gambar 3. 2. Diagram Blok Perancangan Alat.....	28
Gambar 3. 3. Diagram Alir Perancangan Prototipe	29
Gambar 4. 1 Rangkaian Pengujian Sensor Turbiditas	31
Gambar 4. 2 Alat Pengujian Sensor Turbiditiy	32
Gambar 4. 3 Visualisasi Regresi Linear Sensor Turbiditas	34
Gambar 4. 4 Rangkaian Pengujian Sensor TDS	36
Gambar 4. 5 Alat Pengujian Sensor TDS.....	37
Gambar 4. 6 Visualisasi Regresi Linear Sensor TDS	39
Gambar 4. 7 Skematik Pengujian Sensor pH.....	41
Gambar 4. 8 Alat Pengujian Sensor pH	42
Gambar 4. 9 Visualisasi Regresi Linear Sensor pH.....	43
Gambar 4. 10 Rangkaian Pengujian Sensor Dissolve Oxygen	45
Gambar 4. 11 Alat Pengujian Sensor DO	46
Gambar 4. 12 Visualisasi Regresi Linear Sensor Dissolve Oxygen	47
Gambar 4. 13 Rangkaian Pengujian Sensor Suhu.....	49
Gambar 4. 14 Alat Pengujian Sensor Suhu.....	50
Gambar 4. 15 visualisasi hubungan antara nilai pembacaan sensor suhu DS18B20 dan nilai suhu ..	51
Gambar 4. 16 Proses Penerimaan Data Menggunakan LoRa di Mappi32	54
Gambar 4. 17 Plan Kapal Tanpa Awak.....	55
Gambar 4. 18 Realisasi Kapal Tanpa Awak	55
Gambar 4. 19 Sistem Propulsi Udara Pada Kapal Tanpa Awak	56
Gambar 4. 20 Sistem Kemudi Udara Pada Kapal Tanpa Awak	56

Gambar 4. 21 Hasil Alat Sistem Pemantau Kualitas Air Tambak Udang	58
Gambar 4. 22 Program Arduino.....	59
Gambar 4. 23 Hasil Tampilan Penyimpanan Data Secara Otomatis Melalui Spreadsheet	59
Gambar 4. 24 Lokasi Pengambilan Data di Embung Rusunawa Pada Sisi Tepian	64
Gambar 4. 25 Lokasi Pengambilan Data di Embung Rusunawa Pada Sisi Tengah ...	67
Gambar 4. 26 Lokasi Pengambilan Data di Embung Rusunawa Pada Sisi Timur	69
Gambar 4. 27 Lokasi Pengambilan Data di Embung Rusunawa Pada Sisi Barat.....	72
Gambar 4. 28 Lokasi Pengambilan Data di Embung Rusunawa Pada Sisi Tengah ...	75
Gambar 4. 29 Lokasi Pengambilan Data di PT. Maju Tambak Sumur Sisi Dermaga Blok A Kolam 1	77
Gambar 4. 30 Lokasi Pengambilan Data di PT. Maju Tambak Sumur Sisi Tepian Blok A Kolam 1	80
Gambar 4. 31 Lokasi Pengambilan Data di PT. Maju Tambak Sumur Dermaga Sisi Tengah Blok A Kolam 2	83
Gambar 4. 32 Trend Data Pemntauan Kualitas Air Di Embung Rusunawa Unila	98
Gambar 4. 33 Trend Data Pemntauan Kualitas Air Di PT.Sumur Maju Tambak	106

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	8
Tabel 2. 2 Taksonomi Udang (Litopenaeus Vannamei)	11
Tabel 2. 3 Nilai Parameter Optimal Kualitas Air Tambak Udang.....	12
Tabel 2. 4. Upaya Menjaga Nilai Parameter Optimal Kualitas Air Tambak Udang ..	12
Tabel 2. 5. Spesifikasi Mikrokontroller Mappi32.....	13
Tabel 2. 6. Spesifikasi Sensor Kekeruhan.....	14
Tabel 2. 7. Spesifikasi Sensor Salinitas DFROBOT.....	15
Tabel 2. 8. Sensor pH DFRobot SEN0161	17
Tabel 2. 9. Spesifikasi Sensor Dissolved Oxygen (DO) DFRROBOT	18
Tabel 2. 10. Spesifikasi Sensor DS18B20	19
Tabel 3.2 Alat dan Bahan.....	25
Tabel 4. 1 Koneksi Pin Sensor Turbiditas dengan Mappi32.....	32
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian ADC Sensor Turbiditas	33
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Sensor Turbiditas Setelah Kalibrasi.	35
Tabel 4. 4 Koneksi Pin Sensor TDS dengan Mappi32	36
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian ADC Sensor TDS	38
Tabel 4. 6 Perbandingan Hasil Pengujian Sensor TDS.....	40
Tabel 4. 7 Koneksi Pin Sensor pH dengan Mappi32	41
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Sensor pH	42
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Sensor pH Setelah Kalibrasi	44
Tabel 4. 10 Koneksi Pin Sensor Dissolved Oxygen dengan Mappi32	45
Tabel 4. 11 Hasil Pengujian ADC Sensor Dissolve Oxygen	46
Tabel 4. 12 Hasil Pengujian Sensor Dissolved Oxygen Setelah Kalibrasi	48
Tabel 4. 13 Koneksi Pin Sensor Suhu dengan Mappi32.....	49
Tabel 4. 14 Perbandingan Antara Hasil Pengukuran Dari Kedua Alat.....	50
Tabel 4. 15 Hasil Perbandingan Sensor dan Termometer.....	53
Tabel 4. 16 Data Hasil Pengujian Sistem Pemantauan Kualitas Air Embung Rusunawa Ditepian	61
Tabel 4. 17 Data Hasil Pengujian Sistem Pemantauan Kualitas Air Embung Rusunawa Ditengah	65
Tabel 4. 18 Data Hasil Pengujian Sistem Pemantauan Kualitas Air Embung Rusunawa Disisi Timur.....	67
Tabel 4. 19 Data Hasil Pengujian Sistem Pemantauan Kualitas Air Embung Rusunawa Disisi Barat.	70

Tabel 4. 20 Data Hasil Pengujian Sistem Pemantauan Kualitas Air Embung Rusunawa Ditengah Pada Malam Hari	72
Tabel 4. 21 Data Hasil Pengujian Sistem Pemantauan Kualitas Air tambak Udang Didermaga Kolam 1	76
Tabel 4. 22 Data Hasil Pengujian Sistem Pemantauan Kualitas Air tambak Udang Ditepian Kolam 1	78
Tabel 4. 23 Data Hasil Pengujian Sistem Pemantauan Kualitas Air tambak Udang Ditengah Kolam 2	80
Tabel 4. 24 Data Hasil Keseluruhan Pengujian Sistem Pemantauan Kualitas Air Embung Rusunawa Unila.....	84
Tabel 4. 25 Data Hasil Keseluruhan Pengujian Sistem Pemantauan Kualitas Air Tambak Udang.....	100

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI) dikenal sebagai negara kepulauan terbesar di dunia. Sebagai negara kepulauan, Indonesia terdiri dari banyak pulau yang terhubung oleh wilayah perairan. Hal ini sejalan dengan ketentuan dalam Konvensi Hukum Laut UNCLOS 1982, yang mengatur sejumlah aspek hukum laut bagi negara kepulauan [1]. Menurut hukum laut, suatu negara berhak menetapkan zona laut teritorial sejauh 12 mil laut dari garis dasar pantainya. Selain itu, negara juga berhak menentukan zona ekonomi eksklusif hingga 200 mil laut dari garis dasar tersebut. Dalam zona ini, negara memiliki wewenang untuk mengeksploitasi dan melestarikan sumber daya alam, termasuk ikan, minyak bawah laut, dan landas kontinen [2]. Dengan ketentuan ini, Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki peluang untuk mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya hayati dan nonhayati di wilayah perairannya.

Perairan Indonesia yang luas menyimpan kekayaan sumber daya alam yang melimpah. Salah satu sumber daya bernilai ekonomi tinggi yang terdapat di laut Indonesia adalah udang (*vannamei*) [2]. Udang menjadi komoditas unggulan di sektor perikanan karena memiliki nilai ekonomis yang tinggi serta potensi ekspor yang sangat menjanjikan [3]. Salah satu upaya untuk mengoptimalkan potensi udang di Indonesia adalah melalui budidaya di tambak. Budidaya ini memegang peranan penting karena menghasilkan data pemantauan kualitas air tambak, yang menjadi salah satu faktor kunci dalam pengambilan keputusan untuk mendukung keberhasilan produksi [4].

Dalam budidaya tambak udang, perhatian khusus harus diberikan pada parameter kualitas air, karena hal ini berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan dan perkembangan udang. Parameter tersebut mencakup suhu, salinitas, pH, kadar oksigen, serta tingkat kekeruhan air tambak [5]. Parameter optimal untuk mendukung pertumbuhan udang meliputi suhu air antara 26-32°C, salinitas 30-35 ppt, pH pada kisaran 7,6-8,3, tingkat kekeruhan atau turbiditas 11-24 NTU, dan kadar oksigen terlarut lebih dari 4 mg/L [6]. Parameter tersebut dapat dipantau menggunakan sensor yang telah divalidasi keakuratannya. Proses validasi dilakukan dengan menguji sensor dan membandingkan hasil pembacaannya dengan alat ukur konvensional yang sudah terkalibrasi. Sensor yang memenuhi standar akan memastikan pengukuran parameter berlangsung secara tepat, sehingga mendukung keberhasilan budidaya udang.

Sensor-sensor tersebut akan diintegrasikan dengan teknologi digital berbasis *Long Range Access* (LoRa) untuk mendukung pemantauan kualitas air tambak udang. LoRa adalah teknologi yang memungkinkan perangkat untuk menerima dan mengirim data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi langsung antara manusia maupun dengan komputer [7]. Dengan LoRa, nilai parameter yang terukur oleh sensor dapat dipantau secara *real-time*. Teknologi ini menawarkan solusi yang efektif dan efisien untuk meningkatkan keberhasilan budidaya tambak udang.

Dengan menggunakan kapal sebagai platform pengangkut sensor, pemantauan kualitas air dapat dilakukan dengan lebih fleksibel dan efisien, mencakup area yang lebih luas tanpa keterbatasan fisik dari instalasi sensor tetap. Penggunaan kapal ini akan mempermudah petani tambak untuk mengakses informasi kualitas air dalam waktu nyata, membantu mereka mengambil keputusan yang lebih cepat dan tepat terkait pengelolaan tambak udang [8].

Penerapan sistem ini diharapkan dapat meningkatkan produktivitas budidaya udang dengan meminimalkan risiko kerusakan akibat perubahan kualitas air yang tidak terdeteksi, serta mengoptimalkan penggunaan sumber daya alam yang ada. Melalui

rancang bangun kapal pemantau ini, diharapkan proses budidaya udang dapat berjalan lebih efisien dan berkelanjutan.

Berdasarkan pada modernisasi sistem budidaya udang di Indonesia, khususnya dalam aspek pemantauan kualitas air. Sistem ini dirancang untuk mengatasi keterbatasan metode pemantauan manual yang masih banyak digunakan, seperti efisiensi waktu, jangkauan pengukuran, dan akurasi data. Penggunaan MAPPI32 sebagai pengendali utama memungkinkan integrasi teknologi sensor dengan kemampuan pemrosesan yang andal, sementara LoRa memberikan solusi komunikasi jarak jauh dengan konsumsi daya rendah. Dengan menerapkan sistem ini pada kapal tanpa awak, pemantauan kualitas air dapat dilakukan secara *real-time* dan mencakup area tambak yang lebih luas. Selain itu, inovasi ini sejalan dengan kebutuhan akan teknologi yang mendukung efisiensi dan keberlanjutan dalam sektor perikanan, sehingga diharapkan mampu memberikan kontribusi nyata dalam mendukung pertumbuhan industri budidaya udang di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana cara mengintegrasikan sensor sensor pemantau kualitas air tambak udang?
2. Bagaimana merancang prototipe untuk pengiriman data hasil pemantauan kualitas air tambak udang?
3. Bagaimana cara merancang dan membuat kapal pemantau kualitas air tambak?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Mengintegrasikan sensor-sensor pemantau kualitas air tambak udang ke dalam sebuah sistem yang mampu mengumpulkan data pengukuran secara langsung dan *real-time* di tambak udang.
2. Mengirimkan data hasil pengukuran sensor-sensor ke dashboard sederhana menggunakan protokol *Long Range Access* (LoRa).
3. Dapat merancang kapal pemantau kualitas air yang fleksibel dan efektif untuk melakukan pemantauan kualitas air tambak udang.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang ditetapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hanya membuat prototipe alat untuk memantau kualitas air tambak udang yang dapat membaca parameter suhu, salinitas, kekeruhan, kadar oksigen, dan pH.
2. Pengambilan data dilakukan di tambak dengan ukuran panjang 10 meter, lebar 10 meter dengan kedalaman 3 meter, yang akan mendapatkan suatu *treatment* seperti penambahan larutan garam, larutan detergen, dan air tawar untuk melihat tanggapan dari penanganan otomatis yang sudah dirancang dalam sistem pemantauan kualitas air tambak udang.
3. Hanya membahas hingga pengiriman data sensor-sensor yang terbaca pada sistem *Long Range Access* (LoRa) menggunakan *Frequency* 915 MHz.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang didapatkan dalam penelitian ini adalah dihasilkannya alat pemantau kualitas air tambak udang yang mengintegrasikan sensor-sensor pada protokol IoT *Long Range Access* (LoRa) agar mempermudah pengukuran dan pemantauan secara *real-time*.

1.6 Hipotesis

Hipotesis penelitian ini adalah terintegrasinya sensor-sensor pada sistem pemantau kualitas air tambak udang melalui mikrokontroller Mappi32 dengan teknologi *Long Range Access* (LoRa) sehingga dapat dilakukan pemantauan secara *real-time*.

1.7 Sistematika Penelitian

Sistematika penulisan yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi pendahuluan, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, hipotesis, dan sistematika penulisan laporan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi tentang teori pendukung dan referensi materi yang diperoleh dari berbagai sumber.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisi tempat, alat dan bahan, metode penelitian, dan pelaksanaan serta pengamatan dalam pengerjaan penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi tentang perancangan peralatan dan pembahasan data hasil pengujian alat yang dibuat.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

pada bab ini berisi Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian yang dilakukan dan saran berdasarkan hasil penelitian untuk perbaikan dan pengembangan yang lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

Bab ini berisi referensi yang digunakan dalam penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian oleh Bagus Hendrawan dkk (2024) bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan kualitas air tambak udang berbasis IoT menggunakan Mappi32. Sistem ini mampu memantau parameter seperti TDS, suhu, pH, turbiditas, dan oksigen terlarut (DO), dengan rata-rata error sensor antara 0,14% hingga 8,84%. Data dipantau melalui dashboard Node-Red menggunakan protokol MQTT, dengan rata-rata latensi sebesar 593,3 ms, menghasilkan akurasi sebesar 93,34% selama pengujian 10 hari.

Meilinda Putri dkk (2023) mengembangkan prototipe sistem pengendalian oksigen terlarut (DO) untuk tambak lobster berbasis IoT. Sistem ini menggunakan sensor DO dan komunikasi LoRa untuk mengirim data ke Thingspeak. Kincir air diaktifkan otomatis jika $DO < 6 \text{ mg/L}$ dan dimatikan jika $DO > 8 \text{ mg/L}$. Pengujian menunjukkan error sebesar 5,60% dengan akurasi 94,39%.

Penelitian oleh Lukita Sofiana Nawawi dkk (2023) merancang alat pemantauan suhu dan salinitas tambak lobster menggunakan sensor suhu DS18B20 dan sensor salinitas berbasis IoT. Hasil pengujian menunjukkan kesalahan rata-rata sebesar 0,17% untuk suhu dan 1,5% untuk salinitas, dengan data dapat diakses secara real-time melalui Thingspeak.

A. Paripurna dkk (2019) meneliti desain optimasi perahu rawa berbasis propulsi udara untuk meningkatkan kinerja patroli TNI AL. Prototipe perahu memiliki kecepatan maksimum 30 knot dengan mesin diesel 275 HP dan daya dorong optimal

menggunakan propeller Whisper Tip 2. Penelitian ini menekankan pentingnya desain dan perhitungan daya dorong dalam pengembangan perahu.

Penelitian oleh Yudi Eka Putra dkk (2018) mengembangkan sistem akuisisi data untuk memantau suhu dan pH di perairan menggunakan Unmanned Surface Vehicle (USV). Sistem berbasis Arduino Mega 2560 ini menggunakan sensor DS18B20 dan modul pH meter, dengan galat kalibrasi sebesar 0,3% untuk suhu dan perubahan pH sebesar 0,09 untuk kenaikan suhu 1°C.

Akhirnya, M. Jerry Jeliandra Suja dkk (2018) merancang sistem navigasi autopilot pada USV untuk pemantauan perairan dengan firmware APM 2.5. USV dapat beroperasi dalam mode Auto, Manual, Guided, dan Hold dengan error navigasi rata-rata 2,2 meter, dilengkapi dengan sensor GPS dan IMU serta sistem First-Person View (FPV) untuk pemantauan visual yang lebih baik. Penelitian ini bertujuan meningkatkan efektivitas pemantauan lingkungan perairan.

Adapun penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut :

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

Penulis	Judul Penelitian	Topik Penelitian
Bagus Hendrawan dkk (2024)	Rancang Bangun Sistem Pemantau Kualitas Air Tambak Udang Menggunakan Mappi32 Berbasis IoT	Penelitian ini mengintegrasikan sensor untuk pemantauan kualitas air tambak udang secara <i>real-time</i> menggunakan IoT. Alat ini menggunakan Mappi32 dan menghasilkan nilai galat pada sensor: TDS 5,39%, suhu 0,14%, pH 2,85%, turbiditas 5,14%, dan DO 8,84%. Pemantauan dilakukan melalui dashboard <i>Node-Red</i> dengan protokol MQTT dan rata-rata <i>latency</i> 593,3 ms. Dari pengujian 10 hari (pagi, siang, malam), didapatkan galat 6,66% dan akurasi 93,34% [9].
Meilinda Putri dkk (2023)	<i>Prototype</i> Sistem Pemantau Dan Pengendali Oksigen Terlarut Pada Tambak Lobster Menggunakan Sensor <i>Dissolved Oxygen</i> (Do) Berbasis Iot	Penelitian ini mengembangkan prototype sistem pemantau dan pengendali oksigen terlarut (DO) pada tambak lobster berbasis IoT. Sistem ini menggunakan sensor DO, mikrokontroler Mappi32, dan komunikasi LoRa untuk mengirimkan data ke <i>Thingspeak</i> . Alat ini secara otomatis mengaktifkan kincir air atau aerator saat kadar DO < 6 mg/L dan mematikannya saat DO > 8 mg/L, menjaga kadar oksigen terlarut dalam kisaran normal (6-8 mg/L). Hasil penelitian menunjukkan sistem bekerja sesuai rancangan dengan rata-rata selisih nilai sensor DO sebesar 0,24 mg/L, rata-rata error 5,60%, dan akurasi 94,39%. Kadar oksigen terlarut dapat dipantau secara <i>real-time</i> melalui IoT [10].
Lukita Sofiana	Rancang Bangun Alat Pemantau	Penelitian ini merancang perangkat pemantauan suhu dan salinitas untuk tambak lobster menggunakan sensor suhu DS18B20 dan

Penulis	Judul Penelitian	Topik Penelitian
Nawawi dkk (2023)	Suhu Dan Salinitas Pada Tambak Lobster Menggunakan Mappi32 Berbasis <i>Internet Of Things</i> (Iot)	sensor salinitas, berbasis <i>Internet of Things</i> (IoT). Perangkat ini menampilkan data pada layar OLED dan memungkinkan pemantauan secara real-time melalui situs <i>Thingspeak</i> . Dalam percobaan yang dilakukan di akuarium 25 liter yang mensimulasikan kondisi kolam, sensor suhu menunjukkan perbedaan rata-rata 0,08°C dan kesalahan 0,17%, sedangkan sensor salinitas menunjukkan perbedaan rata-rata 0,2 ppt dan kesalahan 1,5%. Proyek ini bertujuan untuk meningkatkan manajemen kualitas air dalam budidaya lobster, mengurangi upaya manual yang diperlukan untuk pemantauan [11].
A. Paripurna dkk (2019)	Perancangan Daya Gerak Perahu Rawa Berbasis Propulsi Udara Guna Meningkatkan Kinerja Wahana Patroli TNI AL	Penelitian ini membahas optimasi desain perahu rawa untuk meningkatkan kinerja wahana patroli TNI AL. Melalui kerjasama antara TNI-AL, BPPT, dan galangan BUMS-MPE, dilakukan pembangunan dan pengujian prototip perahu rawa yang memiliki dimensi 5,8 x 2,1 x 0,25 m dan bobot maksimum 2000 kg. Pengujian menunjukkan perahu mampu mencapai kecepatan hingga 30 knot, melebihi persyaratan kecepatan minimum 20 knot, dengan daya dorong yang dibutuhkan untuk mencapai kecepatan 50 knot sekitar 238-268 HP. Mesin diesel yang digunakan memiliki daya 275 HP. Desain perahu menggunakan propeller Whisper Tip 2 yang ringan dan cocok untuk operasi di perairan dangkal. Metodologi optimasi meliputi penentuan dimensi dan bobot perahu, perhitungan tahanan dan daya dorong, pengujian prototip, dan analisis kinerja. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja perahu melalui pertimbangan desain dan rekayasa yang cermat [12].
Yudi Eka Putra dkk (2018)	Sistem Akuisisi Data Pemantauan Suhu dan Kadar Keasaman (pH) Lingkungan Perairan dengan Menggunakan <i>Unmanned Surface Vehicle</i>	Penelitian ini membahas pengembangan sistem akuisisi data untuk memantau suhu dan pH lingkungan perairan menggunakan <i>Unmanned Surface Vehicle</i> (USV). Sistem ini menggunakan sensor suhu DS18B20, modul pH meter, dan Arduino Mega 2560, serta mengirimkan data secara nirkabel melalui sistem telemetri. Hasil pengujian menunjukkan galat kalibrasi sensor sebesar 0,3% untuk suhu dan perubahan nilai pH sebesar 0,09 untuk setiap kenaikan suhu 1°C. Sistem berhasil berfungsi dengan baik, memberikan pengukuran yang akurat dan dapat diandalkan, serta menunjukkan bahwa suhu mempengaruhi kadar keasaman air [13].
M. Jerry Jeliandra Suja dkk (2018)	Sistem Navigasi pada <i>Unmanned Surface Vehicle</i> untuk Pemantauan Daerah Perairan	Penelitian ini membahas pengembangan sistem autopilot untuk <i>Unmanned Surface Vehicle</i> (USV) yang dirancang untuk pemantauan perairan, khususnya sungai, guna mencegah kerusakan lingkungan. USV ini menggunakan firmware APM 2.5 dan dapat beroperasi dalam beberapa mode, yaitu <i>Auto</i> , <i>Manual</i> , <i>Guided</i> , dan <i>Hold</i> . Pengujian menunjukkan bahwa USV dapat menavigasi ke <i>waypoint</i> yang ditentukan dengan rata-rata Error Radius sebesar 2,2 meter. Sistem dilengkapi dengan sensor seperti GPS dan IMU, serta menggunakan sistem <i>First-Person View</i> (FPV) untuk pemantauan yang lebih mudah. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan sistem navigasi untuk pemantauan kondisi air yang efektif dan menekankan pentingnya pemantauan berkala untuk memberikan peringatan dini terhadap abnormalitas kondisi air [14].

Pada penelitian tugas akhir ini memiliki perbedaan dengan referensi di atas yaitu dari sisi pengambilan data. Dimana, pada penelitian ini monitoring kualitas air tambak dilakukan menggunakan *Unmanned Surface Vehicle* (USV) dengan parameter kekeruhan air, salinitas, pH terlarut, kadar oksigen terlarut, dan suhu air. Parameter-parameter yang diperoleh tersebut akan dikirimkan melalui protokol *Long Range Access* (LoRa) menggunakan *Frequency* 915 MHz yang nantinya akan dilakukan perlakuan khusus terhadap air tambak.

2.2 Udang

Udang *Litopenaeus vannamei* adalah sumber protein hewani yang memiliki prospek cerah dalam industri perikanan. Komoditas ini dikenal memiliki laju pertumbuhan yang cepat karena mudah dibudidayakan, sehingga waktu pemeliharaannya dapat dipersingkat. Keunggulan lainnya termasuk daya tahan yang tinggi terhadap penyakit, kemampuan beradaptasi pada rentang salinitas yang luas, serta toleransi terhadap suhu rendah dengan tingkat kelangsungan hidup yang baik. Ditambah dengan permintaan pasar yang besar, udang *vanamei* memiliki nilai jual yang tinggi, menjadikannya penting untuk terus mengembangkan potensinya dalam budidaya [2].



Gambar 2. 1 Udang (*Litopenaeus Vannamei*)

Udang secara ilmiah dalam taksonomi dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2. 2 *Taksonomi Udang (Litopenaeus Vannamei)*

Kingdom	<i>Animalia</i>
Fillum	<i>Arthropoda</i>
Kelas	<i>Crustacea</i>
Sub Kelas	<i>Malacostraca</i>
Ordo	<i>Decaphoda</i>
Famili	<i>Penaeidae</i>
Genus	<i>Penaeus</i>
Spesies	<i>Litopenaeus vannamei Boone</i>

2.3 Kualitas Air Tambak Udang

Kualitas air memegang peranan penting dalam kehidupan organisme akuatik karena berdampak langsung pada proses reproduksi, pertumbuhan, dan kelangsungan hidupnya. Agar proses fisiologis udang *vaname* berjalan dengan baik, diperlukan kondisi lingkungan perairan yang optimal. Oleh karena itu, dalam operasional tambak udang, menjaga kualitas air pada kondisi terbaik menjadi hal yang krusial untuk mendukung kesehatan serta produktivitas perkembangbiakannya.

Kualitas air dalam tambak udang dipengaruhi oleh sejumlah parameter utama, seperti pH, suhu, salinitas, kadar oksigen terlarut, dan tingkat kekeruhan. Parameter pH menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan air, suhu mencerminkan tingkat panas atau dinginnya air, salinitas mengindikasikan konsentrasi garam yang terkandung, kadar oksigen terlarut menunjukkan jumlah oksigen yang tersedia dalam air, dan kekeruhan mengukur keberadaan partikel tersuspensi, seperti sisa pakan, kotoran udang, atau bahan organik lainnya. Setiap parameter ini memiliki pengaruh besar terhadap kesehatan udang dalam tambak. Dengan melakukan pemantauan rutin, petambak dapat mengambil langkah korektif yang diperlukan untuk menjaga kualitas air tetap optimal [6].

Standarisasi dari nilai parameter optimal kualitas air tambak ini dapat dilihat pada Tabel 2.3 [6]

Tabel 2. 3 Nilai Parameter Optimal Kualitas Air Tambak Udang

Suhu Air	26 – 32 °C
Salinitas	20 – 35 ppt
Kekeruhan	11 - 24 NTU
Kadar Oksigen	> 4 mg/L
pH	7,6 – 8,3

Upaya untuk mendukung nilai parameter optimal untuk menjaga kualitas air tambak ini dapat dilihat pada Tabel 2.4 [6]

Tabel 2. 4. Upaya Menjaga Nilai Parameter Optimal Kualitas Air Tambak Udang

Parameter	Upaya Perbaikan
Suhu	
>32 °C	• Menaikkan ketinggian air • Pergantian air • Memasang shading net
<26 °C	• Memasukkan air pada malam hari dari penampung • Menurunkan ketinggian air pada siang hari
Salinitas	
> 35 ppt	• Menambah air tawar • Meningkatkan frekuensi pergantian air
< 20 ppt	Menambah air laut
Kekeruhan	
> 24 NTU	Pergaantian/Penambahan air
< 11 NTU	Penumbuhan / inokulasi plankton (fitoplankton)
Kadar Oksigen	
< 4 mg/L	• Pergantian air • Menambahkan alat untuk menambahkan oksigen
pH	
> 8,3	• Menambahkan molase, fermentasi • Pergantian air
< 7,6	Pengaplikasian pemberian kapur

2.4 Perangkat Keras Alat Pemantau Kualitas Air Tambak Udang

2.4.1 Mikrokontroller Mappi 32

Mappi32 merupakan sebuah development board IoT yang dikeluarkan oleh KMTek (Karya Merapi Teknologi Indonesia). *Development board* ini telah dilengkapi dengan chip *LoRa* bawaan dan dapat digunakan dengan cara yang mirip dengan Arduino. Mappi32 memanfaatkan frekuensi radio untuk mengirimkan data, dengan rentang frekuensi operasi 920–923 MHz, yang merupakan frekuensi legal untuk implementasi *LoRa* di Indonesia. Agar komunikasi antara Mappi32 dan *LoRa gateway* dapat berjalan dengan baik, keduanya harus disetel pada frekuensi yang sama[15] .



Gambar 2. 2. Mikrokontroller Mappi 32

Spesifikasi Mikrokontroller Mappi32 dapat dilihat pada Tabel 2.5 [15]

Tabel 2. 5. Spesifikasi Mikrokontroller Mappi32

Processor	ESP WROOM-32E
Cores	2
Architecture	32 bit
CPU Frekuensi	240 MHz
Flash Memory	16 MB
Connectivity on Board	<i>WiFi, Bluetooth, LoRa</i>
Port Input	USB Type C, Power Jack, DC JST PH 2.0 mm
Voltage (DC)	7-12 V
Operating	3.3-5 V

2.4.2 Sensor Kekeruhan Air

Kekeruhan adalah parameter yang memanfaatkan efek cahaya untuk menilai kualitas air. Salah satu perangkat yang dapat mengukur tingkat kekeruhan adalah sensor yang mendeteksi sifat optik air melalui interaksi sinar. Sensor ini membandingkan intensitas cahaya yang dipantulkan dengan cahaya yang diterima. Kekeruhan menggambarkan kondisi air yang tidak jernih akibat partikel tersuspensi (*suspended solids*) yang umumnya tidak terlihat oleh mata. Semakin tinggi jumlah partikel dalam air, semakin tinggi pula tingkat kekeruhannya. Pada sensor turbiditas, peningkatan tingkat kekeruhan air akan menyebabkan perubahan pada tegangan output yang dihasilkan oleh sensor[18].



Gambar 2. 3. Sensor Kekeruhan DFROBOT

Spesifikasi Turbiditas sensor dapat dilihat pada Tabel 2.6 [18]

Tabel 2. 6. Spesifikasi Sensor Kekeruhan

Operating Voltage	3,3 – 5,0 V DC
Operating Current	40mA (MAX)
Response Time	<500 ms
Insulation Resistance	100M (Min)
Output Method	Analog output: 0-4.5V
	Digital Output: High/Low level signal
Operating Temperature	5 C ~ 90C
Storage Temperature	-10 C ~ 90C
Weight	30g
Adapter Dimensions	38mm*28mm*10mm/1.5inches *1.1inches*0.4inches

2.4.3 Sensor *Total Dissolved Solid*

Sensor *Total Dissolved Solid* (TDS) adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur konsentrasi garam terlarut dalam air. Sensor ini berfungsi dengan mendeteksi jumlah padatan terlarut, yang mencakup konsentrasi ion kation bermuatan positif dan anion bermuatan negatif, melalui pengukuran konduktivitas listrik pada air. Data tersebut kemudian digunakan untuk menentukan nilai *Total Dissolved Solid* (TDS) [19].



Gambar 2. 4. Sensor TDS DFROBOT (Salinitas)

Spesifikasi yang dimiliki oleh Sensor Salinitas DFRobot dapat dilihat pada Tabel 2.7 [19].

Tabel 2. 7. Spesifikasi Sensor Salinitas DFROBOT

<i>Signal Transmitter</i>	
<i>Board Input Voltage</i>	3.3 ~ 5.5V
<i>Output Voltage</i>	0 ~ 2.3V
<i>Working Current</i>	3 ~ 6mA
<i>TDS Measurement Accuracy</i>	± 10% F.S. (25 °C)
<i>Module Size</i>	42 * 32mm
<i>Module Interface</i>	PH2.0-3P
<i>Electrode Interface</i>	XH2.54-2P

<i>Signal Transmitter</i>	
<i>TDS Board</i>	
<i>Number of Needle</i>	2
<i>Total Length</i>	83 CM
<i>Connection Interface</i>	XH2.54-2P
<i>Colour</i>	Black
<i>Outher</i>	Waterproof Probe
<i>Board Overview</i>	
Pin -	Power GND
Pin +	Power VCC (3.3 ~ 5.5V)
Pin A	Analog Signal Output
Pin TDS	TDS Probe Connector
Pin LED	Power Indicator Basic Tutorial

2.4.4 Sensor pH

Derajat keasaman atau pH digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan suatu zat, larutan, atau benda. Nilai pH normal berada pada angka 7, di mana nilai $\text{pH} > 7$ menunjukkan sifat basa, sedangkan $\text{pH} < 7$ menunjukkan sifat asam. Nilai pH 0 menggambarkan tingkat keasaman yang sangat tinggi, sementara pH 14 mencerminkan kebasaan tertinggi.

Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip dua elektroda, yaitu elektroda kaca dan elektroda referensi. Elektroda kaca, yang ujungnya berbentuk bulat, berfungsi sebagai tempat pertukaran ion positif (H^+). Ujung elektroda tersebut dibuat dari lapisan kaca setebal 0,1 mm dan mampu bertukar ion H^+ dengan larutan yang diukur. Elektroda ini dipasang pada tabung silinder berbahan kaca atau plastik yang diisi dengan larutan HCl [20].



Gambar 2. 5. Sensor DFRobot SEN0161

Spesifikasi dari Sensor pH 4502c adalah seperti Tabel 2.8 [20].

Tabel 2. 8. Sensor pH DFRobot SEN0161

Module Power	3,3-5V
Circuit Board Size	43mm×32mm
pH Measuring Range	0-14
Measuring Temperature	0-60 C
Accuracy	± 0.1pH (25 C)
Response Time	≤ 1min
Power Indicator	LED

2.4.5 Sensor Kadar Oksigen

Oksigen terlarut merupakan salah satu parameter penting untuk menentukan kualitas air. Kadar oksigen terlarut yang rendah dalam air dapat menyebabkan kesulitan bernapas bagi organisme akuatik, yang berpotensi mengancam kelangsungan hidupnya. *Dissolved Oxygen (DO)*, atau oksigen terlarut, dibutuhkan oleh semua makhluk hidup untuk proses respirasi, menghasilkan energi, serta mendukung pertumbuhan dan reproduksi.

Sensor DO yang digunakan adalah *Gravity Analog Dissolved Oxygen*, yang terdiri dari dua komponen utama yaitu *board signal transmitter* dan *probe*. *Board signal transmitter* menghasilkan output sinyal analog dengan rentang 0 ~ 3,0 volt, memerlukan tegangan sumber (VCC) sebesar 3,3 ~ 5,5 volt, dan memiliki terminal *ground*. *Board* ini juga dilengkapi konektor *probe* (BNC) yang terhubung ke probe sensor. Pada ujung probe terdapat cairan yang berisi larutan NaOH dengan konsentrasi 0,5 mol/L [21].



Gambar 2. 6. Sensor *Dissolved Oxygen* (DO) DFRrobot

Spesifikasi yang dimiliki oleh sensor *Dissolved Oxygen* (DO) DFRrobot adalah pada Tabel 2.9 [21]

Tabel 2. 9. Spesifikasi Sensor *Dissolved Oxygen* (DO) DFRROBOT

<i>Dissolved Oxygen Probe Type</i>	
<i>Galvanic Probe Detection Range</i>	0~20mg/L
<i>Response Time</i>	Up to 98% full response, within 90 seconds (25°C)
<i>Pressure Range</i>	0~50PSI
<i>Electrode Service Life</i>	1 year (normal use)
<i>Maintenance Period</i>	<i>Membrane Cap Replacement Period:</i> • 1~2 months (in muddy water) • 4~5 months (in clean water) <i>Filling Solution Replacement Period</i> • Once every month
<i>Cable Length</i>	2 meters
<i>Probe Connector</i>	BNC
<i>Signal Converter Board</i>	
<i>Operating Voltage</i>	3.3~5.5V
<i>Output Signal</i>	0~3.0V
<i>Cable Connector</i>	BNC
<i>Signal Connector</i>	Gravity Analog Interface (PH2.0-3P)
<i>Dimension</i>	42mm * 32mm

2.4.6 Sensor DS18B20

Sensor DS18B20 merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur suhu. Keunikan sensor ini terletak pada kemampuannya untuk dihubungkan secara paralel menggunakan satu input. Dengan kata lain, pengguna dapat mengintegrasikan beberapa sensor DS18B20 sekaligus, namun semua output-nya cukup disambungkan ke satu pin mikrokontroler. Selain itu, sensor ini bersifat tahan air (waterproof), sehingga cocok untuk digunakan dalam pengukuran dan pengendalian suhu pada pemanas air[22].



Gambar 2. 7. Sensor Suhu DS18B20 DFRrobot

Spesifikasi yang dimiliki oleh sensor DS18B20 dapat dilihat pada Tabel 2.10 [22].

Tabel 2. 10. Spesifikasi Sensor DS18B20

Power supply	3V – 5,5 V
Konsumsi arus	1 mA
Range suhu	-55 s.d. 1250C
Akurasi	±0,5%
Resolusi	9 – 12 bit
Waktu Konversi	< 750 ms

2.4.7 OLED

Organic Light-Emitting Diode (OLED) adalah komponen elektronik yang berfungsi sebagai layar atau monitor untuk menampilkan data dalam bentuk karakter, angka, huruf, maupun grafik. Teknologi ini dirancang untuk menghasilkan tampilan

yang luas, fleksibel, dan ekonomis, sehingga menjadi pilihan efisien untuk berbagai aplikasi. Dengan fitur pengaturan kontras, OLED memberikan kualitas visual yang optimal. Selain itu, OLED dilengkapi dengan antarmuka *I2C*, yang mempermudah pengguna dalam proses pengoperasiannya [23].



Gambar 2. 8. OLED

2.4.8 Baterai *Lithium-Ion* (Li-Ion)

Baterai *Lithium-Ion* (Li-Ion) merupakan salah satu jenis baterai yang paling populer digunakan dalam peralatan elektronik portabel dan kendaraan listrik. Baterai ini memiliki kepadatan energi yang tinggi, tidak mengalami efek memori, dan kehilangan isi yang lambat saat tidak digunakan, menjadikannya pilihan yang baik untuk aplikasi yang memerlukan efisiensi tinggi.

Dalam konteks kendaraan listrik, baterai Li-Ion menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan dengan baterai *Lead Acid*, terutama dalam situasi iklim panas, meskipun biaya awalnya lebih tinggi. Secara keseluruhan, baterai *Lithium-Ion* merupakan pilihan yang sangat baik untuk aplikasi modern, tetapi pemahaman tentang kelebihan dan kekurangan serta faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihannya sangat penting untuk pengembangan lebih lanjut dalam teknologi baterai [24].



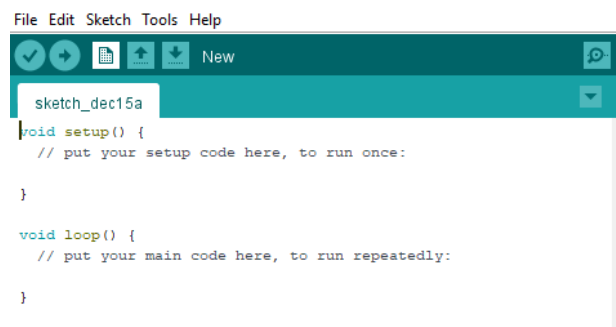
Gambar 2. 9. Baterai Li-Ion 21700 4500mAh

2.5 Perangkat Lunak Penyusun Alat Pemantau Kualitas Air

Perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini untuk menyusun alat pemantau kualitas air ini adalah sebagai berikut:

2.5.1 Arduino IDE

Arduino IDE adalah perangkat lunak yang digunakan untuk membuat sketsa pemrograman, atau dengan kata lain, berfungsi sebagai platform pemrograman bagi board Arduino yang akan diprogram. Arduino IDE memungkinkan pengguna untuk membuat, mengedit, dan mengunggah program ke board yang dipilih, serta merancang program sesuai kebutuhan. Perangkat lunak ini dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman JAVA dan dilengkapi dengan pustaka C++, yang mempermudah pengelolaan operasi input/output [17]. Dalam penelitian ini, digunakan Arduino IDE, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.10



Gambar 2. 10. Tampilan Arduino IDE

2.6 Kalibrasi Sensor

Hasil pengukuran yang baik dapat dilihat dari tingkat presisi dan akurasi yang tercapai. Akurasi mengacu pada seberapa dekat hasil pengukuran dengan nilai yang sebenarnya. Untuk menilai akurasi, kita perlu mengetahui nilai sebenarnya dari parameter yang diukur, kemudian dapat ditentukan seberapa besar tingkat akurasinya. Oleh karena itu, kalibrasi sensor menjadi penting. Kalibrasi ini juga berfungsi untuk menjaga kestabilan pembacaan sensor, yang pada gilirannya mengurangi galat atau kesalahan dalam pembacaan sensor. Inilah salah satu tujuan dari proses kalibrasi pada sensor.

Sebelum melakukan kalibrasi, hal yang perlu diperhatikan adalah mengetahui nilai galat dari setiap percobaan. Galat dalam suatu pengukuran atau perhitungan adalah selisih antara nilai yang sesungguhnya dengan nilai yang diperoleh melalui pengukuran atau perhitungan. Secara matematis, galat dapat dinyatakan dalam Persamaan 2.1.

$$\begin{aligned}
 E &= |a - a^*| \\
 e &= \frac{E}{a} = \frac{|a - a^*|}{a} \\
 \xi a &= e \cdot 100\%
 \end{aligned}
 \tag{2.1}$$

Keterangan:

E = Galat Mutlak (Error)

a = Nilai Eksak

a^* = Nilai Perkiraan

e = Galat Relatif

ξa = Persentase Galat (%)

Salah satu metode yang digunakan dalam proses kalibrasi adalah regresi linier. Regresi linier adalah teknik analisis yang mempelajari hubungan antara satu variabel terikat dan variabel bebas. Melalui analisis ini, kita dapat menghitung sejauh mana perubahan pada satu variabel mempengaruhi variabel lainnya. Regresi linier juga dapat

menggambarkan hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat secara linier. Regresi linear ini dapat dituliskan melalui persamaan secara matematika seperti Persamaan 2.2

$$Y = a + b \times x \quad (2.2)$$

Dengan:

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{\sum y - b (\sum x)}{n}$$

Dari kedua variabel tersebut dapat dilihat hubungannya berdasarkan koefisien determinasi. Koefisien determinasi menunjukkan sejauh mana kontribusi variabel bebas dalam model regresi mampu menjelaskan variasi dari variabel terikatnya. Koefisien determinasi ini dapat dihitung menggunakan hubungan koefisien korelasi. Koefisien korelasi adalah ukuran statistik yang menunjukkan sejauh mana dua variabel berubah bersama-sama dan seberapa kuat hubungan linear antara dua variabel tersebut. Persamaan matematis dapat dilihat pada Persamaan 2.3.

$$R^2 = r^2 \quad (2.3)$$

Dengan:

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{((n \sum x^2 - (\sum x)^2)((n \sum y^2 - (\sum y)^2))}}$$

Keterangan:

R = Koefisien Determinasi

r = Koefisien Korelasi

y = variabel dependen (variabel terikat)

x = variabel independen (variabel bebas)

a = konstanta

b = koefisien regresi

2.7 Kapal Tanpa Awak (*Unmanned Surface Vehicle*)

Definisi dan Konsep Unmanned Surface Vehicle (USV) adalah wahana permukaan yang tidak berawak yang dapat beroperasi di atas air. USV dapat dikendalikan secara otomatis dengan memberikan perintah berupa waypoint melalui Ground Control Station (GCS) maupun dikendalikan secara manual menggunakan gelombang radio. USV dapat digunakan pada berbagai aplikasi, termasuk pemantauan kualitas air, survei, dan penelitian lingkungan [13]. Pengendalian Unmanned Surface Vehicle (USV) secara manual memungkinkan operator untuk mengendalikan wahana secara penuh tanpa menggunakan sistem otomatis. Dalam mode manual, operator dapat mengarahkan USV sesuai keinginan dan kebutuhan, memberikan fleksibilitas dalam navigasi dan pengambilan keputusan di lapangan. Mode ini sangat berguna dalam situasi di mana kontrol langsung diperlukan, seperti saat menghadapi kondisi perairan yang sulit atau saat melakukan inspeksi yang memerlukan perhatian khusus [14].

Pada pengendalian manual menggunakan *Radio control* (RC) sebagai teknologi yang memungkinkan pengguna mengendalikan perangkat atau kendaraan dari jarak jauh menggunakan sinyal radio. Teknologi ini umumnya diterapkan pada kendaraan, pesawat terbang, dan berbagai perangkat elektronik yang mampu menerima sinyal radio dan menerjemahkannya menjadi instruksi untuk dijalankan[25]. *Swamp boat*, atau perahu rawa, merupakan kendaraan taktis yang dirancang untuk beroperasi di perairan dangkal dan bervegetasi. Desain perahu ini umumnya menggunakan bahan aluminium alloy dengan struktur lambung datar, yang memungkinkan navigasi dan manuver yang efisien di lingkungan tersebut [12].



Gambar 2. 11. Perahu Rawa Dengan Propulsi Udara

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tugas akhir ini akan dilaksanakan pada bulan Desember 2024 -- Agustus 2025, di Lingkungan Laboratorium Teknik Elektronika, Laboratorium Terpadu Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung dan di PT. Maju Tambak Sumur.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut:

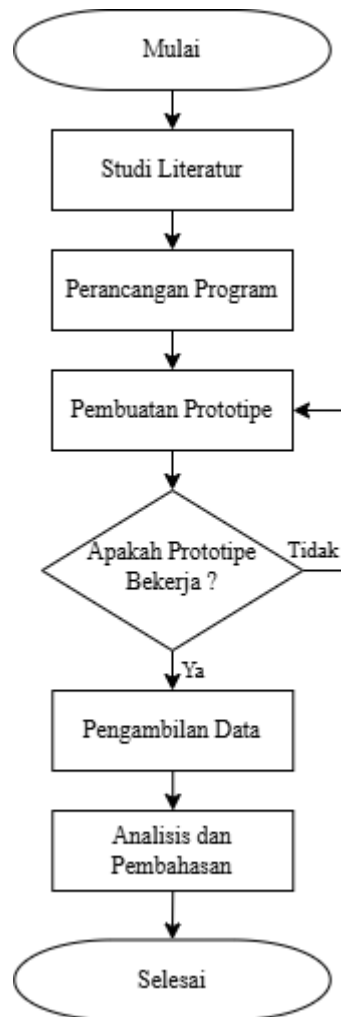
Tabel 3.1 Alat dan Bahan

No	Alat dan Bahan	Spesifikasi
1	Laptop Intel® Core™ i3	Laptop dengan spesifikasi setara Intel® Core™ i3 digunakan untuk studi literatur, merancang program, analisis data, dan membuat laporan penelitian.
2	Mikrokontroler Mappi 32	Mikrokontroler Mappi 32 digunakan untuk mengintegrasikan fungsi komponen yang digunakan pada alat yang dibuat.
3	Sensor Suhu DS18B20 DFROBOT	Sensor Suhu DS18B20 DFROBOT digunakan sebagai alat untuk mengukur suhu dalam air tambak udang.
4	Sensor <i>Total Dissolve Solids</i> DFROBOOT	Sensor <i>Total Dissolve Solids</i> DFROBOOT SEN0244 digunakan sebagai alat untuk mengukur jumlah kadar garam dalam air tambak udang.
5	Sensor Turbiditas DFROBOOT	Sensor Turbiditas DFROBOOT SEN0189 digunakan sebagai alat untuk mengukur nilai kekeruhan dalam air tambak udang.
6	Sensor <i>Dissolved Oxygen</i> DFROBOOT	Sensor <i>Dissolved Oxygen</i> DFROBOOT SEN0237 digunakan sebagai alat untuk mengukur kadar oksigen yang terlarut pada air tambak udang.

No	Alat dan Bahan	Spesifikasi
7	Sensor pH V.2 DFROBOT	Sensor pH V.2 DFROBOT digunakan sebagai alat untuk mengukur kadar pH terlarut dalam air tambak udang.
8	OLED 124 x 64	OLED digunakan sebagai media untuk menampilkan informasi mengenai notifikasi LoRa, dan nilai-nilai dari hasil pengukuran sensor yang terbaca.
9	Kabel USB Tipe C	Kabel USB Tipe C digunakan sebagai media penghubung untuk memasukkan pemrograman dari laptop ke Mikrokontroler Mappi32.
10	Baterai 21700 4500mAh	Baterai 21700 4500mAh digunakan untuk menyuplai energi listrik DC bagi komponen elektronik tanpa harus tersambung ke listrik.
11	<i>Remote Control</i> RadioLink RC4Gs	<i>Remote Control</i> RadioLink RC4Gs digunakan untuk mengendalikan USV dari jarak jauh.
12	<i>Electric Speed Controller</i> SKY WALKER 60A V2	<i>Electric Speed Controller</i> SKY WALKER 60A V2 digunakan untuk menggerakkan motor <i>brushless</i> .
13	Servo SURRPASS Hobby 25g	Servo SURRPASS Hobby 25g digunakan untuk mengendalikan pergerakan USV.
14	Motor <i>Brushless</i> DYS 3530 1100kv	Motor <i>Brushless</i> DYS 3530 1100kv digunakan untuk memutar propeller.
15	Propeller 1170 3 Blade	Propeller 1170 3 Blade digunakan untuk menghasilkan gaya dorong untuk pergerakan kapal.

3.3 Prosedur Penelitian

Diagram alir dari prosedur penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3. 1. Diagram Alir Prosedur Penelitian

Penelitian diawali dengan melakukan studi literatur terhadap referensi penelitian seperti jurnal ilmiah, artikel, dan referensi bacaan lainnya. Setelah mendapatkan referensi berupa pengetahuan secara teoritis maka dilanjutkan dengan perancangan program. Setelah program berhasil dirancang maka dilanjutkan dengan pembuatan prototipe alat dari perancangan tersebut. Selanjutnya, pengujian prototipe tersebut, jika dalam pengujian prototipe ini tidak bekerja maka kembali ke pembuatan prototipe

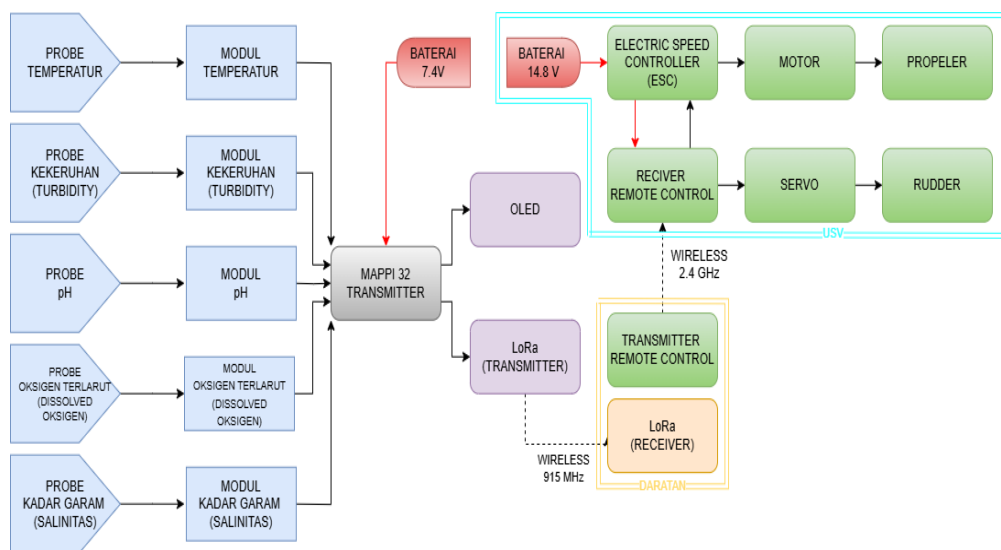
untuk memastikan bahwa prototipe yang dibuat sudah sesuai dengan perancangan. Jika prototipe ini sudah bekerja, maka selanjutnya yaitu pengambilan data. Setelah pengambilan data ini selesai, data tersebut di analisis dan dibahas berdasarkan pemahaman teoritis dari studi literatur lalu selesai.

3.4 Perancangan Alat

Perancangan alat pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.5.1 Diagram Blok Perancangan Alat

Diagram blok perancangan alat penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.2.



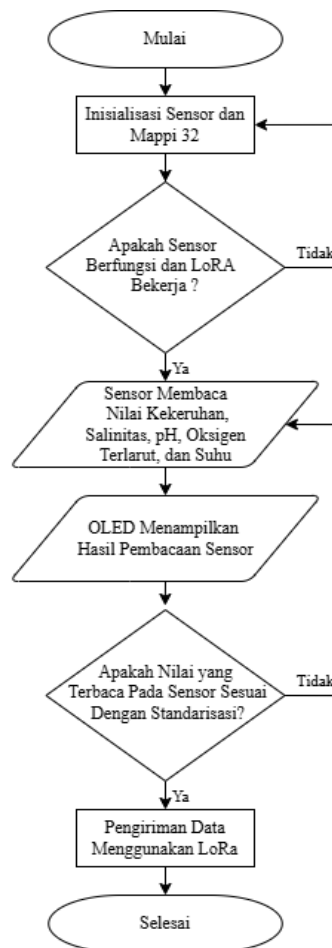
Gambar 3. 2. Diagram Blok Perancangan Alat

Diagram blok tersebut menggambarkan sistem yang terdiri dari beberapa sensor, seperti sensor kekeruhan, salinitas, pH, oksigen terlarut, dan suhu untuk mengukur parameter lingkungan yang relevan. Data dari sensor ini diolah oleh Mappi 32, yang merupakan mikrokontroler utama. Hasil pengolahan data kemudian dapat ditampilkan melalui OLED dan dikirimkan menggunakan komunikasi LoRa untuk pemantauan jarak jauh.

Perangkat ini menggunakan dua sumber daya yaitu baterai 7,4 V untuk mendukung mikrokontroler dan sensor, serta baterai 14,8 V untuk menggerakkan *Electric Speed Controller* (ESC). ESC mengatur kecepatan motor brushless yang menggerakkan baling-baling atau propeller sebagai penggerak utama. Sistem kontrol arah dilengkapi dengan servo yang terhubung ke kemudi atau rudder, yang menerima sinyal kendali secara nirkabel dari *receiver*. Keseluruhan sistem dirancang untuk beroperasi secara mandiri sambil tetap dapat dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh.

3.5.2 Perancangan Prototipe

Diagram alir untuk perancangan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3. Diagram Alir Perancangan Prototipe

Diagram alir tersebut menjelaskan proses kerja sistem monitoring berbasis Mappi 32 yang diawali dengan inisialisasi mikrokontroler dan sensor-sensor yang mendeteksi kekeruhan, salinitas, pH, oksigen terlarut, dan suhu. Sistem kemudian memeriksa apakah semua sensor dan modul komunikasi LoRa berfungsi dengan baik. Jika tidak, proses akan kembali ke inisialisasi. Setelah memastikan sensor bekerja, sistem membaca data dari lingkungan dan menampilkannya di layar OLED untuk pemantauan langsung. Selanjutnya, sistem memeriksa apakah nilai yang terbaca sesuai dengan standar atau rentang yang diharapkan. Jika nilai tidak sesuai, pembacaan diulang. Namun, jika sesuai, data dikirimkan melalui modul LoRa untuk pemantauan jarak jauh. Setelah pengiriman selesai, sistem kembali ke awal untuk memulai siklus berikutnya. Proses ini memastikan keakuratan data sekaligus mendukung pengiriman informasi secara *real-time*.

3.5 Pengujian Sistem

Proses pengujian sistem pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan kalibrasi sensor yang akan digunakan dalam sistem alat yang dirancang sebagai salah satu upaya untuk memvalidasi nilai yang terukur terhadap nilai pada alat konvensional yang memiliki standarisasi.
2. Meletakkan sensor pada USV yang dikendalikan dengan *Remote Control* dengan *frequency* 2.4 GHz dari jarak jauh. Kemudian, akan dilakukan pengukuran, pemantau, dan pengamatan terhadap nilai dari sensor suhu, salinitas, *turbiditas*, pH, dan kadar oksigen yang terukur.
3. Menampilkan hasil pembacaan sensor pada layer OLED dan melakukan pengiriman hasil pembacaan sensor menggunakan protokol LoRa dengan *frequency* 915 MHz.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Integrasi sensor-sensor pemantau kualitas air ke dalam sebuah sistem monitoring *real-time* pada tambak udang merupakan langkah strategis dalam mendukung produktivitas dan keberlanjutan budidaya perikanan. Dengan adanya sistem ini, data parameter penting seperti suhu, pH, salinitas, oksigen terlarut, dan kekeruhan air dapat dikumpulkan secara langsung dan terus-menerus di lokasi tambak. Dengan tingkat keberhasilan dari terintegrasinya semua sensor ini mencapai 100%. Hal ini dibuktikan dengan terbacanya hasil keseluruhan dari semua sensor yang terintegrasi.
2. Pengiriman data hasil pengukuran sensor ke dashboard pemantauan menggunakan protokol Long Range Access (LoRa) memberikan solusi komunikasi data yang efisien dan hemat energi, terutama pada lingkungan tambak udang yang memiliki area luas dan minim infrastruktur jaringan. Tingkat keberhasilan dari pemantauan dengan menggunakan protokol Long Range Access (LoRa) mencapai 99.49% yang dibuktikan oleh 390 data yang diperoleh hanya terdapat 2 data yang tidak dapat dimonitoring.
3. Perancangan kapal pemantau kualitas air yang fleksibel dan efektif memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan efisiensi pemantauan kualitas air di tambak udang. Dengan desain yang adaptif terhadap kondisi perairan tambak, kapal ini mampu bergerak secara leluasa untuk menjangkau berbagai titik pengukuran, baik di tengah, tepi, maupun sisi dermaga tambak. Dengan tingkat

keberhasilan 100% yang dibuktikan dengan tidak adanya hambatan saat melakukan manuver saat perpindahan posisi pengambilan data.

5.2 Saran

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil pengukuran kadar garam menggunakan refraktometer yang menunjukkan nilai sebesar 31 ppt atau setara dengan 31.000 ppm, diketahui bahwa sensor TDS yang digunakan dalam penelitian ini tidak mampu melakukan pengukuran hingga rentang tersebut. Oleh karena itu, disarankan untuk melakukan studi literatur ulang dalam pemilihan jenis sensor TDS sesuai, agar mampu mengakomodasi kebutuhan pengukuran salinitas pada air tambak dengan lebih akurat.
2. Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan sensor turbiditas, diperoleh bahwa pembacaan nilai kekeruhan tidak akurat karena dipengaruhi oleh keberadaan fitoplankton sebagai komponen utama penyebab kekeruhan pada air tambak udang. Kondisi ini menyebabkan hasil pengukuran mengalami fluktuasi yang signifikan dan tidak merepresentasikan kondisi sebenarnya. Oleh karena itu, disarankan untuk melakukan studi literatur lebih lanjut dalam pemilihan jenis sensor kekeruhan yang lebih tepat dan sesuai dengan karakteristik air tambak, khususnya dalam mendeteksi keberadaan partikel biologis seperti fitoplankton secara lebih akurat.
3. Berdasarkan kondisi di lapangan, penggunaan kapal tanpa awak sebagai media transportasi sensor dinilai kurang efektif. Hal ini disebabkan perpindahan kapal tanpa awak dari satu kolam ke kolam lainnya berpotensi menjadi media penyebaran penyakit menular pada udang. Oleh karena itu, disarankan untuk mengganti media transportasi sensor dengan sistem buoy yang mengapung di permukaan kolam. Penggunaan satu buoy untuk setiap kolam dinilai lebih aman dan efisien dalam mengurangi risiko penyebaran penyakit, sekaligus menjaga stabilitas dan keberlanjutan sistem pemantauan kualitas air tambak.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Wiliawati, D. Danial, and F. Muin, “Eksistensi UNCLOS 1982 dalam Upaya Penegakan Hukum Laut Internasional di Perairan Negara Pantai,” *Sultan Jurisprud. J. Ris. Ilmu Huk.*, vol. 2, no. 2, p. 286, 2022, doi: 10.51825/sjp.v2i2.17064.
- [2] S. Prawitasari and M. Rafiqie, “Potensi Usaha Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) Sistem Intensif dan Konvensional dalam Tinjauan Analisis Finansial,” *Samakia J. Ilmu Perikan.*, vol. 13, no. 1, pp. 71–80, 2022, doi: 10.35316/jsapi.v13i1.1585.
- [3] M. F. Arianto, “Jurnal Geografi: Geografi dan Pengajarannya,” *J. Geogr. Geogr. dan Pengajarannya*, vol. 3, no. 1, pp. 1–7, 2020.
- [4] A. Zamzami, O. Fransisco, I. Irwan, and M. I. Nugraha, “Sistem Monitoring Kualitas Air Tambak Udang Berbasis Internet of Things (IoT),” *Semin. Nas. Inov. Teknol. Terap.*, pp. 1–7, 2021.
- [5] M. M. Hemal *et al.*, “An Integrated Smart Pond Water Quality Monitoring and Fish Farming Recommendation Aquabot System,” *Sensors*, vol. 24, no. 11, pp. 1–22, 2024, doi: 10.3390/s24113682.
- [6] A. Kurniaji, I. Effendi, D. P. Renitasari, S. Supryady, Y. Yunarty, and M. I. Awaluddin, “EVALUASI KEGIATAN BUDIDAYA UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*) SECARA INTENSIF DI PT. DEWI LAUT AQUACULTURE GARUT, JAWA BARAT,” *J. Perikan. Unram*, vol. 13, no.

4, pp. 958–970, 2024, doi: 10.29303/jp.v13i4.654.

- [7] M. Huda, F. Imansyah, J. Marpaung, and R. R. Yacoub, “Rancang Bangun Sistem Komunikasi Monitoring Level Air Pada Water Barrel Covid-19 Menggunakan Lora Dengan Model Point To Point,” *J. SI Tek. Elektro Untan*, vol. 2, no. 1, pp. 1–11, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/48647>
- [8] H. A. Nugroho, S. Raharjo, and ..., “Design of Hybrid Propulsion Fishing Boat,” *Proceeding Lawang ...*, vol. 1, no. November, pp. 92–102, 2022, [Online]. Available: <https://prosiding.unimus.ac.id/index.php/lewis/article/viewFile/1426/1440>
- [9] T. Pipit Mulyah, Dyah Aminatun, Sukma Septian Nasution, Tommy Hastomo, Setiana Sri Wahyuni Sitepu, “~~濟無~~No Title No Title No Title,” *J. GEEJ*, vol. 7, no. 2, 2020.
- [10] A. A. SHELEMO, “No Titleليب,” *Nucl. Phys.*, vol. 13, no. 1, pp. 104–116, 2023.
- [11] L. S. Nawawi, “Rancang Bangun Alat Pemantau Suhu dan Salinitas Pada Tambak Lobster Menggunakan Mappi32 Berbasis Internet of Things (IoT),” *Skripsi, Univ. Lampung*, pp. 1–48, 2023.
- [12] A. Paripurna, R. Kharis, H. Suyanto, S. L. Wahana, P. Labu, and J. Selatan, “Perancangan Daya Gerak Perahu Rawa Wahana Patroli Tni Al Swamp Boat Air Propulsion Based Power Design To Improve Vehicle Performance of Tni Al”.
- [13] Y. E. Putra, S. R. Sulistiyanti, and M. Komarudin, “Sistem Akuisisi Data Pemantauan Suhu dan Kadar Keasaman (pH) Lingkungan Perairan dengan Menggunakan Unmanned Surface Vehicle,” *Electrician*, vol. 12, no. 3, p. 84, 2018, doi: 10.23960/elc.v12n3.2090.
- [14] M. J. J. Suja, S. R. Sulistiyanti, and M. Komarudin, “Sistem Navigasi pada

Unmanned Surface Vehicle untuk Pemantauan Daerah Perairan,” *Electr. Rekayasa dan Teknolgi Elektro*, vol. 11, no. 1, pp. 32–43, 2017, [Online]. Available: <https://electrician.unila.ac.id/index.php/ojs/article/view/2013>

- [15] A. K. Permana and A. Rachmawan, “Studi Komparasi Platform Open-Source Internet of Things,” *J. Teknol. dan Manaj.*, vol. 21, no. 1, pp. 43–48, 2023, doi: 10.52330/jtm.v21i1.38.
- [16] Anggara Trisna Nugraha, Ahmad Arief Dwi Cahya Lumintang, Rini Indarti, Edy Prasetyo Hidayat, and Salsabila Ika Yuniza, “RANCANG BANGUN PENDETEKSI KEBAKARAN DINI PADA KAPAL IKAN BERBASIS IoT DENGAN KOMUNIKASI LoRa,” *J. 7 Samudra*, vol. 8, no. 1, pp. 15–26, 2023, doi: 10.54992/7samudra.v8i1.136.
- [17] E. D. Widiyanto, “Menggunakan Arduino Dan Lora Berbasis Jaringan Sensor Nirkabel,” *No*, vol. 1, no. 1, pp. 6–14, 2020.
- [18] K. S. Bu’u, N. Nachrowie, and E. Sonalitha, “Monitoring Kualitas Air pada Aquarium Berbasis Internet of Things (IoT),” *Blend Sains J. Tek.*, vol. 2, no. 2, pp. 184–190, 2023, doi: 10.56211/blendsains.v2i2.321.
- [19] P. W. Yumandana, C. W. Priananda, and L. P. Rahayu, “Sistem Wireless Sensor Network untuk Kontrol Salinitas Air Menggunakan Metode Logika Fuzzy Mamdani pada Tambak Ikan Mujair,” *J. Tek. ITS*, vol. 12, no. 2, 2023, doi: 10.12962/j23373539.v12i2.114398.
- [20] A. Rianto, J. Kusanti, R. Agus, and T. Sudalyo, “Perancangan Monitoring Limbah Air Sungai Bengawan Solo di Kalurahan Sewu,” *J. Pengabd. Kpd. Masy. Univ. Darul Ulum*, vol. 2, no. 2, pp. 88–95, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.32492/dimas-undar.v2i2.2205>
- [21] R. V. Yuliantari, D. Novianto, M. A. Hartono, and T. R. Widodo, “Pengukuran Kejenuhan Oksigen Terlarut pada Air menggunakan Dissolved Oxygen

Sensor,” *J. Fis. Flux J. Ilm. Fis. FMIPA Univ. Lambung Mangkurat*, vol. 18, no. 2, p. 101, 2021, doi: 10.20527/flux.v18i2.9997.

- [22] D. Mayasari and D. Titisari, “e-Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (CC BY-SA 4.0) How to cite: Dianti Mayasari, Syaifuddin, Dyah Titisari,” *J. Teknokes*, vol. 16, no. 1, pp. 14–20, 2023.
- [23] M. A. Salam, W. Aribowo, M. Widyartono, and A. L. Wardani, “Monitoring dan Kendali Charger Accu Berbasis Node-RED,” *J. Tek. Elektro*, vol. 13, pp. 14–19, 2024.
- [24] M. T. Afif and I. A. P. Pratiwi, “Analisis Perbandingan Baterai Lithium-Ion, Lithium-Polymer, Lead Acid Dan Nickel-Metal Hydride Pada Penggunaan Mobil Listrik,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 6, no. 2, pp. 95–99, 2015.
- [25] D. Rika Widianita, "Autonomous Surface Vehicle Sebagai Alat Pemantau Lingkungan", vol. VIII, no. I. 2023.
- [26] R. Aulana, “Pengujian Imu Dan Gnss Pada Navigasi Rover Berbasis Pixhawk 2.1,” *Tugas Akhir. Univ. Islam Sultan Agung Semarang*, 2022.