

**RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN KUALITAS AIR
BUDIDAYA UDANG (*Litopenaeus vannamei*) MENGGUNAKAN MAPPI32
BERBASIS *INTERNET of THINGS* (IoT)**

Skripsi

Oleh

DIMAS ARIF KURNIAWAN

1815031074



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN KUALITAS AIR BUDIDAYA UDANG (*Litopenaeus vannamei*) MENGGUNAKAN MAPPI32 BERBASIS *INTERNET of THINGS* (IoT)

Oleh :

Dimas Arif Kurniawan

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) merupakan komoditas perikanan bernilai ekonomi tinggi yang mengalami pertumbuhan signifikan di Indonesia. Tingginya permintaan global, baik dalam bentuk segar maupun olahan, telah mendorong pengembangan budidaya udang ini. Kualitas air tambak, yang dipengaruhi oleh faktor fisis maupun kimiawi berperan penting untuk pertumbuhan udang. Namun, pemantauan kualitas air secara manual sering kali menghadapi kendala dalam hal tenaga kerja dan biaya operasional. Dengan perkembangan teknologi, sistem pemantauan berbasis *Internet of Things* (IoT) menjadi solusi inovatif untuk memantau kualitas air secara *real-time*. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun suatu sistem pemantauan kualitas air tambak udang menggunakan MAPPI32 berbasis IoT yang memantau parameter suhu, *Potential Hydrogen* (pH), dan tingkat kekeruhan (*turbidity*) air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini berfungsi dengan baik, dengan nilai akurasi dan presisi masing-masing sebesar 96,35% dan 96,75% untuk sensor kekeruhan, 98,29% dan 98,45% untuk sensor pH, serta 98,64% dan 98,77% untuk sensor suhu. Sistem juga dapat mengirimkan data hasil pengukuran ke *web dashboard* menggunakan protokol *Messaging Queuing Telemetry Transport* (MQTT) dengan rata-rata nilai *latency* sebesar 439,00 ms.

Kata Kunci : *Litopenaeus vannamei*, *Internet of Things* (IoT), MAPPI32, MQTT

ABSTRACT

DESIGN OF A WATER QUALITY MONITORING SYSTEM FOR SHRIMP (*Litopenaeus vannamei*) FARMING USING MAPPI32 BASED ON INTERNET OF THINGS (IoT)

By :
Dimas Arif Kurniawan

Vaname shrimp (*Litopenaeus vannamei*) is a high-value fisheries commodity that has experienced significant growth in Indonesia. The high global demand, both in fresh and processed form, has encouraged the development of shrimp farming. Pond water quality, which is influenced by physical and chemical factors, plays an important role in shrimp growth. However, manual water quality monitoring often faces constraints in terms of labor and operational costs. With the development of technology, an Internet of Things (IoT) based monitoring system is an innovative solution to monitor water quality in real-time. This research aims to design and build a shrimp pond water quality monitoring system using IoT-based MAPPI32 that monitors temperature, Potential Hydrogen (pH), and turbidity parameters. The results showed that the system functions well, with accuracy and precision values of 96.35% and 96.75% for the turbidity sensor, 98.29% and 98.45% for the pH sensor, and 98.64% and 98.77% for the temperature sensor, respectively. The system can also send measurement data to the web dashboard using the Messaging Queuing Telemetry Transport (MQTT) protocol with an average latency value of 439.00 ms.

Keyword : *Litopenaeus vannamei*, Internet of Things (IoT), MAPPI32, MQTT

**RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN KUALITAS AIR
BUDIDAYA UDANG (*Litopenaeus vannamei*) MENGGUNAKAN MAPPI32
BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT)**

**Oleh
DIMAS ARIF KURNIAWAN**

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**

Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN KUALITAS AIR BUDIDAYA UDANG (*Litopenaeus vannamei*) MENGGUNAKAN MAPPI32 BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)**

Nama Mahasiswa : ***Dimas Arif Kurniawan***

Nomor Pokok Mahasiswa : **1815031074**

Jurusan : **Teknik Elektro**

Fakultas : **Teknik**



1. Komisi Pembimbing

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

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

2. Mengetahui

Ketua Jurusan
Teknik Elektro

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

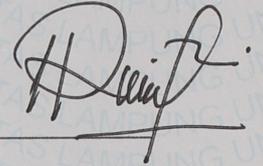
Ketua Program Studi
S1 Teknik Elektro

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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

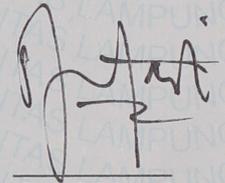
Ketua : **Herlinawati, S.T., M.T.**



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



Penguji Bukan Pembimbing : **Sumadi, S.T., M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik

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



Tanggal lulus ujian skripsi : **02 Juni 2025**

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dimas Arif Kurniawan

NPM : 1815031074

Fakultas : Teknik

Program Studi : S1 Teknik Elektro

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

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

Bandar Lampung, 16 Juni 2025



Dimas Arif Kurniawan
NPM. 1815031074

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Dimas Arif Kurniawan, dilahirkan di Seputih Banyak, 10 April 2000, sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Suyono dan Ibu Suranti. Pendidikan formal penulis dimulai pada Pendidikan Taman Kanak - Kanak (TK) Aisyah Tanjung Harapan yang diselesaikan pada tahun 2006, Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SD Negeri 1 Tanjung Harapan pada tahun 2012, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 1 Seputih Banyak dan lulus pada tahun 2015, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 1 Seputih Banyak dan lulus pada tahun 2018. Mulai tahun 2018, Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa, Penulis aktif di Organisasi Kemahasiswaan yaitu pernah terdaftar sebagai anggota Departemen Pengembangan Keteknikan Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Lampung (HIMATRO) Periode 2018 – 2020. Pada semester 5 Penulis memilih konsentrasi Teknik Elektronika dan Kendali sebagai fokus dalam perkuliahan dan penelitian. Pada tahun 2021, penulis mengikuti program Magang dan Studi Independen (MSIB) yang diselenggarakan oleh Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia (Kemendikbud-Ristek RI) di PT. Orbit Ventura Indonesia pada program *Artificial Intelligence for Startup* dan kemudian dilanjutkan pada tahun 2022 di PT. Arah Dunia Televisi (ADiTV) dalam program *Multimedia Entrepreneurship Program* (MEP) sebagai *Engineering Support*. Penulis mengikuti proyek jangka panjang dari dosen tentang sistem pemantauan berbasis *Internet of Things* (IoT) yang kemudian salah satu proyeknya diangkat menjadi Skripsi penulis.

PERSEMBAHAN

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

Kedua orang tuaku tercinta,

Bapak Suyono dan Ibu Suranti

Kedua kakakku tersayang,

Asih Wulanika dan Nina Tania Safitri

Kakek dan nenekku yang sangat aku cintai,

Alm. Mbah Slamet, Almh. Mbah Suminah, Mbah Supio, dan Mbah Lasiem

Paman, tante, adik sepupu, dan adik keponakan yang selalu aku banggakan dan aku sayangi.

Sahabat dan rekan-rekan seperjuangan Teknik Elektro Universitas Lampung angkatan 2018

Serta almamaterku tercinta **“UNIVERSITAS LAMPUNG”**

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Swt. atas segala karunia, hidayah, serta nikmat yang diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Air Budidaya Udang (*Litopenaeus vannamei*) Menggunakan MAPPI32 Berbasis *Internet of Things* (IoT)”** yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Terwujudnya skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat, penulis ucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung dan sebagai Dosen Pembimbing Pendamping yang telah memberikan bimbingan, arahan, masukan, serta motivasi kepada penulis di setiap kesempatan dengan baik dan ramah.
2. Ibu Herlinawati, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung dan sebagai Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan, arahan, masukan, serta motivasi kepada penulis di setiap kesempatan dengan baik dan ramah.
3. Bapak Wahyu Eko S, S.T., M.Sc. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.
4. Bapak Sumadi, S.T., M.T. selaku ketua Program Studi S1 Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung dan sebagai Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun kepada penulis.
5. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis selama menempuh pendidikan perkuliahan.

6. Kedua Orang Tua saya yang sangat saya sayangi, kakak yang sangat saya banggakan serta semua keluarga yang telah mendukung penuh sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.
7. Teman-teman Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung khususnya angkatan 2018, atas semangat dan kebersamaannya selama menempuh pendidikan.
8. Seluruh pihak yang telah membantu penulis menyelesaikan skripsi ini.

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

Bandar Lampung, 16 Juni 2025

Penulis,

Dimas Arif Kurniawan

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	v
LEMBAR PENGESAHAN	vi
SURAT PERNYATAAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
PERSEMBAHAN	ix
SANWACANA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Rumusan Masalah.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
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 Lingkungan Hidup Udang Vaname (<i>Litopenaeus vannamei</i>).....	8
2.3 Sistem Pemantauan Kualitas Air Berbasis <i>Internet of Things</i> (IoT).....	10

2.4 Perangkat Keras (<i>Hardware</i>) Pada Sistem Pemantauan Kualitas Air.....	11
2.4.1 Mappi32 <i>Development Board</i>	11
2.4.2 Sensor <i>Turbidity</i> (Kekeruhan).....	13
2.4.3 Sensor <i>Potential Hydrogen</i> (pH).....	15
2.4.4 Sensor Suhu.....	18
2.5 Perangkat Lunak (<i>Software</i>) Pada Sistem Pemantauan Kualitas Air.....	21
2.5.1 <i>Arduino Integrated Development Environment</i> (Arduino IDE).....	21
2.5.2 <i>Messaging Queuing Telemetry Transport</i> (MQTT).....	23
2.5.3 <i>Web Dashboard</i> Berbasis Node – RED.....	24
2.6 Kalibrasi Sensor.....	26
III. METODE PENELITIAN.....	28
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	28
3.2 Alat dan Bahan.....	28
3.3 Tahapan Penelitian.....	29
3.4 Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	31
3.4.1 Rangkaian Mappi32 dengan Sensor <i>Turbidity</i> DFRobot.....	32
3.4.2 Rangkaian Mappi32 dengan Sensor pH Meter 4502C.....	33
3.4.3 Rangkaian Mappi32 dengan Sensor Suhu DS18B20.....	34
3.4.4 Rangkaian Keseluruhan Sensor dan Mappi32.....	35
3.4.5 Desain <i>Layout PCB</i> (<i>Printed Circuit Board</i>).....	36
3.5 Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	38
3.6 Prosedur Pengujian Sensor dan Pengambilan Data.....	39
3.6.1 Pengujian Sensor <i>Turbidity</i> DFRobot.....	39
3.6.2 Pengujian Sensor pH Meter 4502C.....	40
3.6.3 Pengujian Sensor Suhu DS18B20.....	40
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	42
4.1 Realisasi Perangkat Keras.....	42
4.1.1 Perangkat Keras Bagian Pengontrol.....	43
4.1.2 Perangkat Keras Bagian Sensor.....	44
4.2 Data Hasil Kalibrasi Sensor.....	46

4.2.1 Data Hasil Kalibrasi Sensor <i>Turbidity</i>	46
4.2.2 Data Hasil Kalibrasi Sensor pH.....	47
4.2.3 Data Hasil Kalibrasi Sensor Suhu.....	48
4.3 Data Hasil Pengujian Sensor.....	50
4.3.1 Data Hasil Pengujian Sensor <i>Turbidity</i>	50
4.3.2 Data Hasil Pengujian Sensor pH.....	53
4.3.3 Data Hasil Pengujian Sensor Suhu.....	56
4.4 Data Hasil Pengujian <i>Web Dashboard</i>	59
4.4.1 Tampilan <i>Web Dashboard</i>	59
4.4.2 Data Hasil Pengujian <i>Latency Server MQTT</i>	62
4.5 Pengambilan Data dan Analisis Sistem Secara Keseluruhan.....	64
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	69
5.1 Kesimpulan.....	69
5.2 Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA.....	70
LAMPIRAN.....	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bentuk Fisik Udang Vaname (<i>Litopenaeus vannamei</i>).....	8
Gambar 2.2	Tampilan Fisik Mappi32 <i>Development Board</i>	11
Gambar 2.3	Pinout Mappi32 <i>Development Board</i>	12
Gambar 2.4	Sensor Kekerusuhan (<i>Turbidity</i>) DFRobot SEN0189	13
Gambar 2.5	Rangkaian Internal Sensor <i>Turbidity</i> DFRobot SEN0189.....	14
Gambar 2.6	Sensor pH 4502C - BNC.....	15
Gambar 2.7	Material Penyusun Elektroda Kaca Sensor pH.....	16
Gambar 2.8	Ilustrasi Pertukaran Ion H ⁺ pada Elektroda Kaca.....	17
Gambar 2.9	Ilustrasi Elektroda Referensi dan Elektroda Kaca.....	17
Gambar 2.10	Sensor Suhu DS18B20.....	18
Gambar 2.11	Mode Eksternal <i>Supply</i> Sensor Suhu DS18B20.....	20
Gambar 2.12	Mode <i>Parasite Supply</i> Sensor Suhu DS18B20.....	20
Gambar 2.13	Tampilan Antarmuka <i>Software</i> Arduino IDE.....	22
Gambar 2.14	Arsitektur <i>Client – Server</i> MQTT.....	24
Gambar 2.15	Tampilan <i>Workspace</i> Node-RED.....	25
Gambar 2.16	Tampilan <i>Web Dashboard</i> IoT Berbasis Node-RED.....	26
Gambar 3.1	Langkah - Langkah Penelitian.....	30
Gambar 3.2	Diagram Blok Sistem.....	32
Gambar 3.3	Rangkaian Mappi32 dengan Sensor <i>Turbidity</i>	32
Gambar 3.4	Rangkaian Mappi32 dengan Sensor pH.....	33
Gambar 3.5	Rangkaian Mappi32 dengan Sensor Suhu DS18B20.....	34
Gambar 3.6	Rangkaian Keseluruhan Sensor dengan Mappi32.....	35
Gambar 3.7	Desain Jalur PCB.....	36
Gambar 3.8	Desain <i>Footprints</i> dan <i>Layout</i> PCB.....	37
Gambar 3.9	Desain Tiga Dimensi <i>Layout</i> PCB.....	37

Gambar 3.10 Diagram Alir Perancangan Perangkat Lunak.....	38
Gambar 3.11 Format Tabel Data Pengujian Sensor <i>Turbidity</i>	39
Gambar 3.12 Format Tabel Data Pengujian Sensor pH.....	40
Gambar 3.13 Format Tabel Data Pengujian Sensor Suhu.....	41
Gambar 4.1 Realisasi dan Pembagian Perangkat Keras.....	42
Gambar 4.2 Perangkat Keras Bagian Pengontrol.....	43
Gambar 4.3 Perangkat Keras Bagian Sensor.....	45
Gambar 4.4 Data Kalibrasi Sensor <i>Turbidity</i>	46
Gambar 4.5 Data Kalibrasi Sensor pH.....	47
Gambar 4.6 Data Kalibrasi Sensor Suhu.....	48
Gambar 4.7 Tampilan <i>Workflow</i> Node-RED.....	59
Gambar 4.8 Tampilan <i>Web Dashboard</i> Node-RED.....	61
Gambar 4.9 Pengujian <i>Latency</i> Server MQTT.....	62
Gambar 4.10 Kolam Penelitian.....	64
Gambar 4.11 Implementasi Perangkat Keras.....	65
Gambar 4.12 Implementasi <i>Web Dashboard</i>	65
Gambar 4.13 Grafik Pemantauan <i>Turbidity</i>	66
Gambar 4.14 Grafik Pemantauan pH.....	67
Gambar 4.15 Grafik Pemantauan Suhu.....	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kualitas Air Ideal Untuk Udang (<i>Litopenaeus vannamei</i>).....	9
Tabel 2.2	Spesifikasi Mappi32 <i>Development Board</i>	12
Tabel 2.3	Spesifikasi Sensor <i>Turbidity</i> DFRobot SEN0189.....	14
Tabel 2.4	Spesifikasi Sensor pH Analog 4502C-BNC.....	18
Tabel 2.5	Spesifikasi Sensor Suhu DS18B20.....	21
Tabel 3.1	Alat dan Bahan.....	28
Tabel 3.2	Koneksi Pin Mappi32 dengan Sensor <i>Turbidity</i>	33
Tabel 3.3	Koneksi Pin Mappi32 dengan Sensor pH.....	34
Tabel 3.4	Koneksi Pin Mappi32 dengan Sensor Suhu.....	35
Tabel 3.5	Koneksi Pin Data Sensor dengan Mappi32.....	36
Tabel 4.1	Data Pengujian Sensor <i>Turbidity</i>	50
Tabel 4.2	Data Perhitungan Akurasi Sensor <i>Turbidity</i>	51
Tabel 4.3	Data Perhitungan Presisi Sensor <i>Turbidity</i>	52
Tabel 4.4	Data Pengujian Sensor pH.....	53
Tabel 4.5	Data Perhitungan Akurasi Sensor pH.....	54
Tabel 4.6	Data Perhitungan Presisi Sensor pH.....	55
Tabel 4.7	Data Pengujian Sensor Suhu.....	56
Tabel 4.8	Data Perhitungan Akurasi Sensor Suhu.....	57
Tabel 4.9	Data Perhitungan Presisi Sensor Suhu.....	58
Tabel 4.10	Data Hasil Pengujian <i>Latency</i> Server MQTT.....	63

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) adalah jenis udang yang memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan banyak dibudidayakan di Indonesia. Jenis udang ini termasuk jenis udang yang memiliki pertumbuhan yang relatif cepat, sehingga banyak pengelola tambak memilih udang vaname untuk dibudidayakan. Budidaya udang vaname merupakan salah satu sektor perikanan yang mengalami pertumbuhan signifikan dan berperan penting dalam memenuhi kebutuhan global akan produk perikanan [1]. Permintaan akan udang terus meningkat sejalan dengan peningkatan konsumsi masyarakat, baik dalam bentuk udang segar maupun produk olahan udang. Hal ini dapat dilihat pada data Badan Pusat Statistik (BPS) Republik Indonesia yang mencatat adanya kenaikan ekspor udang vaname (termasuk bibit dan olahan lainnya) pada tahun 2020 dibandingkan dengan tahun 2016 yang mencapai US\$ 131 juta atau setara dengan Rp 2 triliun (kurs Rp 15.000/US\$ 1) dengan total 25 ribu ton udang vaname [2].

Pengembangan budidaya udang vaname sendiri telah diatur dalam Peraturan Menteri Kelautan Dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 75/PERMEN-KP/2016 Tentang Pedoman Umum Pembesaran Udang Windu (*Penaeus monodon*) dan Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*). Kondisi air sebagai tempat tinggal bagi hewan yang dibudidayakan merupakan faktor yang sangat penting dan tak terelakkan dalam kegiatan budidaya. Kualitas air yang berhubungan dengan faktor fisis maupun kimiawi akan sangat berpengaruh terhadap laju pertumbuhan hewan yang dipelihara. Terutama untuk budidaya sistem kolam (*onland farming*), maka sumber air (kuantitas dan kualitas) harus mendapat perhatian utama dan harus

memiliki kualitas air yang baik dan stabil. Maka dari itu, pemantauan kualitas air tambak udang menjadi salah satu hal yang penting dalam memelihara dan mengembangkan usaha pemeliharaan udang. Namun, pemantauan kualitas air tambak udang secara manual cukup sulit dilakukan karena berhubungan dengan banyaknya tenaga kerja yang dibutuhkan serta biaya operasional yang besar [3].

Seiring berkembangnya teknologi, banyak solusi yang dapat digunakan untuk memantau kualitas air tambak udang, salah satunya adalah sistem pemantauan kualitas air tambak udang berbasis *Internet of Things* (IoT). Pengembangan teknologi IoT memberikan solusi yang inovatif, serta memungkinkan pemantauan kualitas air tambak udang secara *real-time* dan lebih efisien. Sistem ini menggunakan perangkat IoT seperti sensor, perangkat pengontrol, dan jaringan Internet untuk memantau kualitas air tambak udang secara *real-time*. Sistem pemantauan kualitas air tambak udang berbasis IoT dapat memantau beberapa parameter kualitas air secara langsung seperti suhu, pH, dan tingkat kekeruhan air (*turbidity*), dimana parameter - parameter ini berhubungan erat dengan nafsu makan dan pertumbuhan udang itu sendiri [4]. Data yang dikumpulkan dapat dianalisis dan dipantau melalui aplikasi atau *web dashboard* secara langsung.

Berdasarkan pada latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pemantauan kualitas air budidaya udang (*Litopenaeus vannamei*) menggunakan MAPPI32 berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem ini diharapkan dapat memberikan manfaat berlipat ganda, termasuk pemantauan yang lebih akurat, tindak lanjut yang lebih cepat, dan potensi penghematan yang signifikan. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi penting dalam meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan industri budidaya udang vaname, serta mendukung upaya untuk menjaga kualitas air dan kualitas hidup udang dalam lingkungan budidaya, sehingga menghasilkan produk udang berkualitas tinggi yang memenuhi standar global dan menjaga lingkungan budidaya yang berkelanjutan.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang dan membangun sebuah sistem pemantauan kualitas air tambak udang berbasis *Internet of Things* (IoT) yang terhubung dengan *web dashboard*.
2. Mengamati hasil pembacaan nilai parameter yang dihasilkan oleh sistem dan membandingkannya serta melakukan kalibrasi dengan instrumen alat ukur yang telah terkalibrasi.
3. Menganalisis kinerja sistem *web dashboard* pemantauan kualitas air tambak udang berbasis *Internet of Things* (IoT) dalam memantau kualitas air.

1.3 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara membuat sebuah sistem pemantauan kualitas air tambak udang berbasis *Internet of Things* (IoT)?
2. Bagaimana kinerja sistem pemantauan kualitas air tambak udang berbasis *Internet of Things* (IoT) dalam memantau kualitas air?

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini hanya difokuskan pada pembuatan dan pengujian sistem pemantauan kualitas air tambak udang berbasis *Internet of Things* (IoT) pada skala kecil dan belum diimplementasikan pada skala besar.
2. Penelitian ini akan difokuskan pada pemantauan tiga parameter kualitas air yaitu *turbidity* (kekeruhan), Suhu, dan *Potential Hydrogen* (pH) dalam air.
3. Penelitian ini hanya akan membuat sebuah sistem pemantauan kualitas air tambak udang berbasis *Internet of Things* (IoT) tanpa disertai dengan aksi perbaikan parameter secara otomatis.
4. Penelitian ini tidak membahas mengenai aspek ekonomi dari penggunaan sistem pemantauan kualitas air tambak udang berbasis *Internet of Things* (IoT).

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu dapat memberikan solusi inovatif dalam memantau kualitas air tambak udang secara *real-time* dan lebih efisien menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT) sehingga tidak perlu melakukan pengukuran parameter kualitas air secara manual.

1.6 Hipotesis

Sistem pemantauan kualitas air tambak udang berbasis IoT dapat menampilkan parameter kualitas air yaitu tingkat *turbidity* (kekeruhan), suhu, serta *Potential Hydrogen* (pH) dengan akurat secara *real-time* tanpa harus melakukan pengukuran kualitas air secara manual.

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan laporan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

BAB I – PENDAHULUAN

Menjelaskan mengenai latar belakang, tujuan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, manfaat penelitian, hipotesis, dan sistematika penulisan laporan tugas akhir.

BAB II – TINJAUAN PUSTAKA

Menjelaskan tinjauan pustaka secara teoritis mengenai landasan dalam penelitian ini dan berisi literatur penelitian terdahulu.

BAB III – METODE PENELITIAN

Menjelaskan waktu, tempat penelitian, alat dan bahan yang di gunakan dalam penelitian, dan langkah - langkah pelaksanaan penelitian.

BAB IV – HASIL DAN PEMBAHASAN

Menjelaskan mengenai perancangan sistem dan analisis dari hasil pengujian.

BAB V – PENUTUP

Menjelaskan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan dan saran-saran mengenai perbaikan dan pengembangan lebih lanjut agar didapatkan hasil lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Yovi May Sambora pada tahun 2016 telah melakukan penelitian dengan judul “Monitoring Kualitas Air Budidaya Udang Berbasis Atmega328 yang Terkonfigurasi Bluetooth HC-05”. Penelitian ini menggunakan dua buah sensor untuk mengetahui parameter kualitas air, yaitu sensor salinitas (kadar garam) dan sensor suhu. Sistem ini berkomunikasi menggunakan Bluetooth dengan memanfaatkan modul Bluetooth HC-05, yang kemudian menampilkan data pada telepon pintar dan dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Uno. Parameter salinitas dikategorikan baik apabila berada pada rentang 10–33 ppt, sedangkan suhu dianggap baik apabila berada pada rentang 26–30 °C. Apabila parameter kualitas air tidak memenuhi standar atau berada di luar rentang yang ditentukan, maka sistem akan memberikan peringatan berupa suara yang dihasilkan oleh *buzzer* [5].

Rizqi Agung Dwi Nugraha, Rakhmadhany Primananda, dan Agung Setia Budi telah melakukan penelitian dengan judul “Implementasi Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam Lele Menggunakan Komunikasi Bluetooth Low Energy (BLE) Berdasarkan Parameter Suhu dan pH” pada tahun 2022. Penelitian ini menggunakan dua buah sensor untuk mengetahui parameter kualitas air, yaitu sensor pH (derajat keasaman dan kebasaan) dan sensor suhu. Sistem komunikasi dalam penelitian ini menggunakan Bluetooth Low Energy (BLE) dan NodeMCU ESP32 sebagai pengendali, serta menerapkan metode *multi-node*, di mana terdapat tiga *node slave* dan satu *node master*. Pada masing-masing *node slave* terdapat dua buah sensor yang akan mengirimkan data secara bergantian ke *node master*. Setelah

itu, data yang terkumpul pada *node master* dikirimkan ke internet melalui koneksi Wi-Fi. Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai akurasi sistem dalam membaca parameter kualitas air, yaitu 97,88% untuk parameter suhu dan 98,53% untuk parameter pH. Komunikasi BLE mampu menjangkau hingga 25 meter dengan waktu tunda sebesar 2815,8 ms [6].

Zaryanti Zainuddin, Asmawaty Azis, dan Ridwan Idris telah melakukan penelitian dengan judul “Sistem Monitoring Kualitas Air pada Budidaya Udang *Vannamei* Berbasis *Wireless Sensor Network* di Dusun Taipa, Kecamatan Mappakasunggu, Kabupaten Takalar” pada tahun 2018. Penelitian ini menggunakan tiga sensor, yaitu sensor pH, sensor *turbidity*, dan sensor suhu DS18B20, yang kemudian dikendalikan dan diolah menggunakan Atmega328 sebagai pengendali. Masing-masing hasil pembacaan dari sensor dikirimkan melalui modul XBee menuju ke *receiver* yang menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai perangkat penghubung ke internet. Pengujian sensor dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran dari sistem dengan alat ukur yang telah terkalibrasi. Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh akurasi sensor pH sebesar 98,84%, sensor *turbidity* sebesar 99,73%, dan sensor suhu DS18B20 sebesar 97,75% [7].

Gagasan modifikasi dari penelitian ini, yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Air Budidaya Udang (*Litopenaeus vannamei*) Menggunakan Mappi32 Berbasis *Internet of Things* (IoT)”, memiliki konsep yang sama dengan referensi ketiga. Perbedaannya terletak pada penggunaan perangkat pengendali, sistem komunikasi, dan penerapan *web dashboard* yang berbeda. Pada penelitian ini, digunakan Mappi32 sebagai pengendali dan pengolah data sensor, yang kemudian dikirimkan ke *web dashboard* melalui server MQTT. Referensi pertama dan kedua menggunakan komunikasi Bluetooth, sedangkan dalam penelitian ini digunakan komunikasi Wi-Fi yang terhubung langsung dengan internet (*Internet of Things*) dan menampilkan data pada *web dashboard*.

2.2 Lingkungan Hidup Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*), yang juga dikenal sebagai udang putih Pasifik, berasal dari wilayah subtropis di pesisir barat Amerika. Habitatnya mencakup daerah mulai dari Teluk California di bagian utara Meksiko, menjalar hingga ke pesisir barat Guatemala, El Salvador, Nikaragua, dan Kosta Rika di Amerika Tengah, serta terus ke Peru di Amerika Selatan. Jenis udang ini telah diperkenalkan dan memiliki nilai ekonomi yang tinggi karena tidak hanya dikonsumsi secara nasional, tetapi juga diekspor ke pasar Amerika dan dunia. Pada tahun 2001, udang ini diperkenalkan dan mulai dibudidayakan oleh masyarakat di Indonesia. Udang ini menjadi alternatif yang lebih populer karena produksi udang windu menurun akibat serangan penyakit virus *white spot syndrome virus* (WSSV) yang menghambat pertumbuhannya. Bentuk fisik udang vaname ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Bentuk Fisik Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)

Klasifikasi udang vaname adalah sebagai berikut :

Kingdom : Animalia
Sub kingdom : Metazoa
Filum : Arthropoda
Sub filum : Crustacea
Kelas : Malacostraca
Sub kelas : Eumalacostraca
Super ordo : Eucarida
Ordo : Decapoda
Sub ordo : Dendrobrachiata
Infra Ordo : Penaeidea
Super famili : Penaeioidea
Famili : Penaeidae
Genus : *Litopenaeus*
Spesies : *Litopenaeus vannamei* [8]

Sumber dan kualitas dari air yang digunakan untuk memelihara udang merupakan salah satu dari beberapa hal yang sangat penting untuk diperhatikan karena kualitas air berhubungan dengan cepat atau lambatnya pertumbuhan dan perkembangan udang itu sendiri. Beberapa parameter yang berhubungan dengan kualitas air yaitu derajat keasaman (pH), temperatur air, kandungan amoniak (NH₃), oksigen terlarut (DO), dan kekeruhan (*turbidity*) [4]. Parameter kualitas air yang ideal untuk budidaya udang vaname ditunjukkan pada Tabel 2.1[8].

Tabel 2.1 Kualitas Air Ideal Untuk Udang (*Litopenaeus vannamei*)

No.	Parameter Air	Satuan	Nilai Ideal
1.	Temperatur	°C	27–31
2.	Derajat Keasaman (pH)	-	7–8,5
3.	Kekeruhan (<i>Turbidity</i>)	NTU	< 20
4.	Salinitas	ppt	10–30
5.	Oksigen Terlarut (DO)	mg/l	> 3

2.3 Sistem Pemantauan Kualitas Air Berbasis *Internet of Things* (IoT)

Sistem pemantauan (*monitoring*) adalah sebuah sistem yang dirancang untuk memberikan umpan balik (*feedback*) pada saat program sedang beroperasi. *Feedback* yang dimaksud bertujuan untuk memberikan informasi tentang situasi sistem pada saat itu. Sistem pemantauan juga dapat diartikan sebagai serangkaian langkah dan aplikasi yang dirancang untuk mengumpulkan dan mengirimkan data berdasarkan informasi yang diperoleh, dengan tujuan untuk memantau dan menganalisis informasi tersebut [9]. Berdasarkan pernyataan tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem pemantauan adalah serangkaian fitur yang memberikan informasi yang bermanfaat tentang kejadian yang terjadi pada sistem yang sedang dipantau.

Internet of Things (IoT) adalah sebuah sistem yang menghubungkan objek fisik yang dapat diidentifikasi secara khusus, yang memiliki kemampuan pemrosesan, sensoris, dan tindakan yang berbeda-beda, tetapi dapat saling bekerja sama dan berkomunikasi melalui internet sebagai platform utama. Dengan demikian, tujuan utama *IoT* adalah untuk memungkinkan objek terhubung dengan objek lain, individu, kapan saja atau di mana saja menggunakan jaringan, jalur, atau layanan apa pun. Potensi penerapan *IoT* cukup beragam karena meresap ke dalam hampir semua aspek kehidupan sehari-hari individu, institusi, dan masyarakat. Penerapan *IoT* mencakup bidang yang luas termasuk manufaktur atau sektor industri, sektor kesehatan, pertanian, kota pintar, dan lain-lain [10].

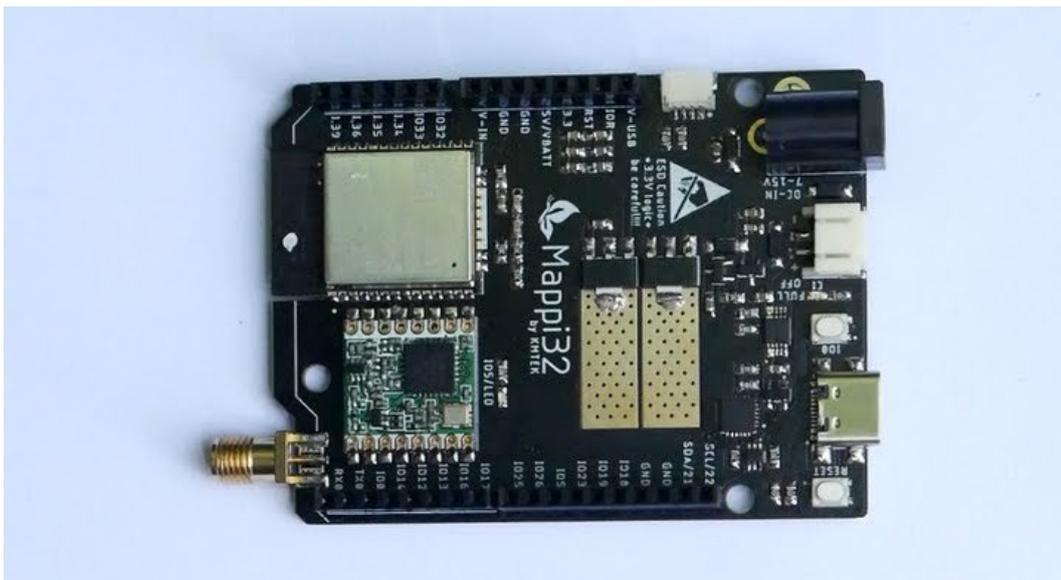
Pemantauan kualitas air merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mengetahui kondisi atau keadaan parameter yang berhubungan dengan kualitas air. Pemantauan kualitas air sangat bermanfaat untuk mendapatkan informasi secara faktual (nyata) mengenai kondisi kualitas air. Pemanfaatan teknologi *Internet of Things (IoT)* dalam sistem pemantauan kualitas air merupakan solusi yang inovatif dan efisien. Pengguna dapat memantau kualitas air secara *real-time* kapan pun dan di mana pun selama pengguna dapat terhubung dengan internet [11].

2.4 Perangkat Keras (*Hardware*) Pada Sistem Pemantauan Kualitas Air

Dalam sistem pemantauan kualitas air terdapat beberapa komponen atau perangkat keras utama yang digunakan untuk membuat sistem tersebut, antara lain Mappi32 *Development Board* sebagai perangkat pengontrol, sensor *turbidity* (kekeruhan) untuk mengetahui parameter tingkat kekeruhan dalam air, sensor pH untuk mengetahui nilai parameter pH dalam air (tingkat asam dan basa), dan sensor suhu untuk mengetahui nilai parameter temperatur dalam air.

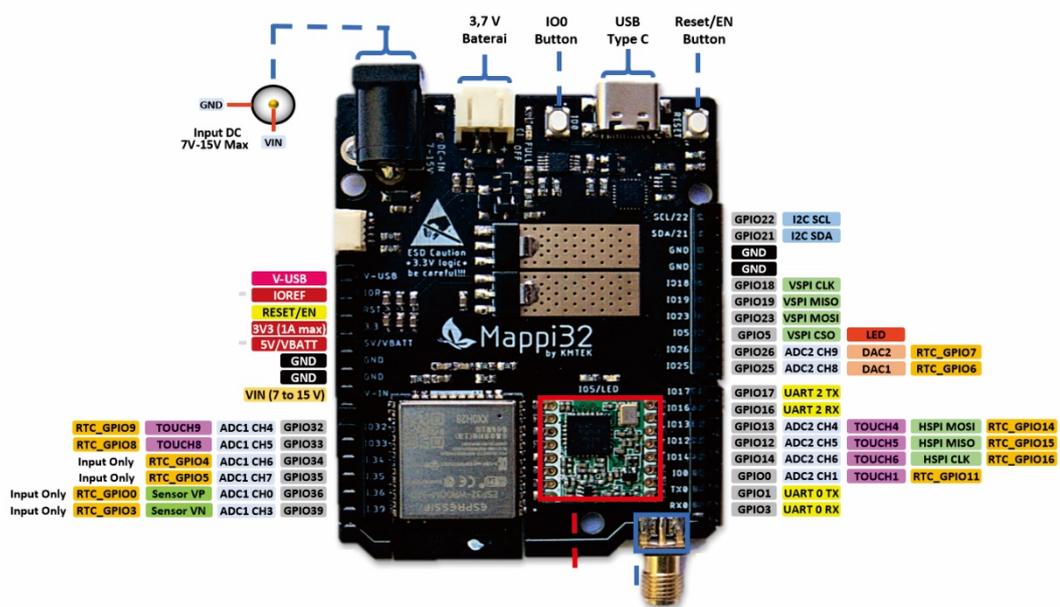
2.4.1 Mappi32 *Development Board*

Mappi32 *development board* adalah sebuah jenis papan sirkuit yang diproduksi di Yogyakarta, Indonesia. Mappi32 dilengkapi dengan fitur-fitur terbaru yang memungkinkan penggunaan yang lebih mudah, terutama untuk pengolahan data dalam jumlah besar. Mappi32 merupakan produk yang dikembangkan oleh KMTek untuk memberikan dukungan pada kegiatan implementasi *Internet of Things* (IoT) baik di daerah terpencil maupun perkotaan, serta bertujuan untuk memfasilitasi perkembangan teknisi muda Indonesia [12]. Tampilan fisik Mappi32 *development board* ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Tampilan Fisik Mappi32 *Development Board* [12]

Mappi32 dilengkapi dengan berbagai sistem komunikasi seperti Wi-Fi, Bluetooth, dan *long range* (LoRa). LoRa merupakan salah satu sistem komunikasi *wireless* yang memiliki kemampuan koneksi dengan jarak cukup jauh yaitu mencapai 15 km pada saat kondisi *Line of Sight* (LOS) dan dengan menggunakan daya yang cukup rendah [13]. Mappi32 memiliki beberapa pin dengan fungsi dan kegunaan yang bervariasi. Konfigurasi pin dan spesifikasi Mappi32 *Development Board* masing – masing ditunjukkan pada Gambar 2.3 dan Tabel 2.2.



Gambar 2.3 Pinout Mappi32 *Development Board* [12]

Tabel 2.2 Spesifikasi Mappi32 *Development Board*

Parameter	Spesifikasi
Tegangan <i>Input</i>	5–15 VDC
Cores	2 (<i>Dual Core</i>)
<i>Processor</i>	ESP WROOM – 32E 240Mhz 32 Bit <i>Processor</i>
Konektivitas	Wi-Fi, Bluetooth, LoRa RMF95 920 – 923 Mhz
Bluetooth	Bluetooth Low Energy (BLE) V4.2
Memori	16 MB <i>Flash Memory</i>
<i>Port Input</i>	USB <i>Type C</i> , <i>Power Jack</i> DC, JST PH 2.0 mm

2.4.2 Sensor *Turbidity* (Kekeruhan)

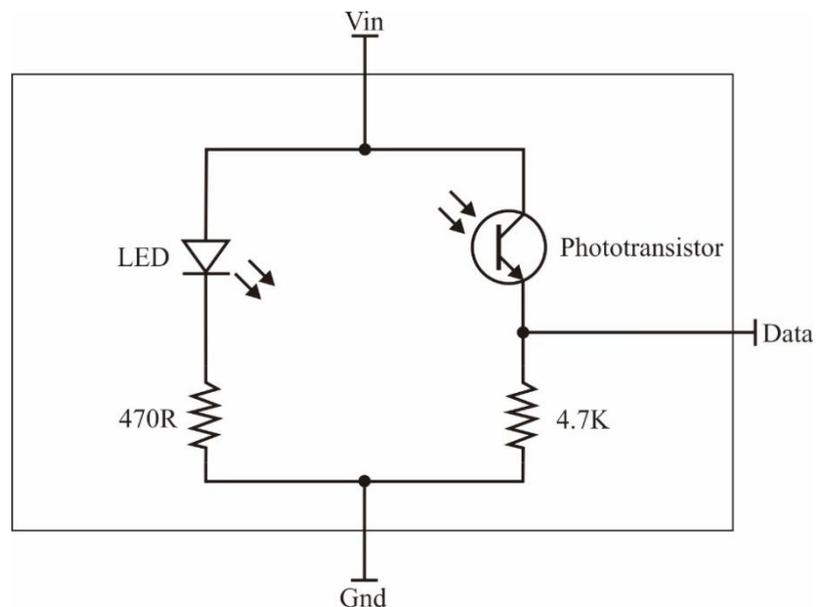
Tingkat kekeruhan (*turbidity*) merupakan salah satu indikator bahwa suatu cairan telah terkontaminasi. *Turbidity* dinyatakan dalam satuan *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU). Dalam proses pengujian, kekeruhan air umumnya diukur dengan metode pengambilan sampel. Agar kualitas air tetap terjaga, diperlukan alat yang dapat memantau dan mengukur tingkat kekeruhan air secara *real-time*. Salah satu perangkat yang berperan penting adalah sensor *turbidity*. Sensor *turbidity* merupakan alat yang digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan air atau jumlah partikel yang terlarut di dalamnya. Sensor ini menggunakan *phototransistor* dan *light emitting diode* (LED) untuk mengukur jumlah cahaya yang diteruskan dari LED menuju *phototransistor* ketika digunakan untuk mendeteksi dan menghitung tingkat kekeruhan air [14]. Tampilan fisik dari sensor *turbidity* ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Sensor Kekeruhan (*Turbidity*) DFRobot SEN0189

Prinsip kerja dari sensor ini didasarkan pada prinsip bahwa ketika cahaya diteruskan dari LED ke *phototransistor* dalam air, jumlah cahaya yang diteruskan melalui air

tergantung pada jumlah partikel yang terlarut dalam air, jika jumlah partikel terlarut dalam air bertambah maka jumlah cahaya yang dipancarkan oleh LED menuju *phototransistor* akan berkurang karena terhalang oleh partikel tersebut. Mekanisme kerja rangkaian ini adalah saat sensor dimasukkan ke dalam air, maka sensor akan memberikan data analog yang akan bertambah kecil seiring dengan meningkatnya tingkat kekeruhan pada air. Data analog tersebut akan dibaca oleh perangkat pengontrol sebagai sinyal analog untuk diubah menjadi tegangan keluaran sensor sebagai hasil pengukuran [15]. Rangkaian internal dan spesifikasi sensor *turbidity* DFrobot SEN0189 masing-masing ditunjukkan pada Gambar 2.4 dan Tabel 2.3.



Gambar 2.5 Rangkaian Internal Sensor *Turbidity* DFrobot SEN0189

Tabel 2.3 Spesifikasi Sensor *Turbidity* DFrobot SEN0189

Parameter	Spesifikasi
Tegangan Kerja	3,3 - 5 VDC
Arus	40 mA (Maks.)
<i>Response Time</i>	<500ms
<i>Output Method</i>	<i>Analog Output, Digital Output High/Low Level with Threshold Adjustment</i>
Suhu Kerja	5°C-90°C
Dimensi Adapter	38mm x 28mm x 10mm

2.4.3 Sensor *Potential Hydrogen* (pH)

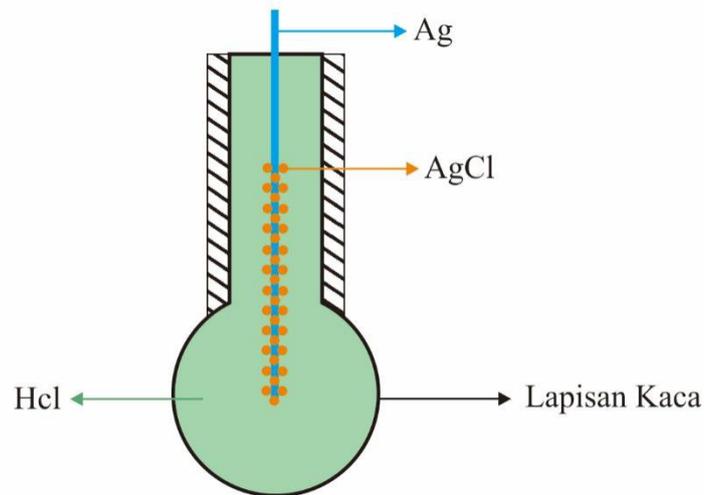
Potential Hydrogen atau pH adalah satuan ukuran yang menggambarkan tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan dan dinyatakan dalam skala 0 – 14. Tingkat pH juga dapat diartikan sebagai konsentrasi ion hidrogen di dalam suatu larutan atau cairan. Jika suatu larutan memiliki konsentrasi ion H^+ yang tinggi, maka larutan tersebut akan bersifat asam, sedangkan jika larutan tersebut memiliki konsentrasi ion OH^- yang lebih tinggi, maka larutan tersebut akan bersifat basa. Rentang pH dalam bidang kimia berkisar antara 1 hingga 14. Jika suatu larutan memiliki nilai pH sebesar 1, maka larutan tersebut akan memiliki tingkat keasaman yang sangat tinggi. Sebaliknya, jika suatu larutan memiliki nilai pH sebesar 14, maka larutan tersebut akan bersifat sangat basa [16].



Gambar 2.6 Sensor pH 4502C - BNC

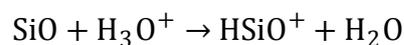
Sensor pH adalah sebuah sensor yang dapat mengukur tingkat keasaman dan kebasaan suatu larutan atau cairan. Prinsip kerja dari sensor ini menggunakan dua buah elektroda yaitu elektroda kaca dan elektroda referensi. Elektroda kaca memiliki ujung berbentuk bulat dan digunakan sebagai tempat pertukaran ion positif (H^+). Ujung dari elektroda kaca terbuat dari lapisan kaca setebal 0.1mm yang berbentuk bulat dan memiliki kemampuan untuk bertukar ion positif (H^+) dengan larutan terukur, yang kemudian dipasang pada silinder kaca atau plastik

dengan bentuk memanjang dan diisi dengan larutan HCl. Dalam larutan HCl terdapat sebuah kawat memanjang berbahan perak yang terendam dan membentuk senyawa seimbang AgCl. Ilustrasi penyusun elektroda kaca dapat dilihat pada Gambar 2.7.



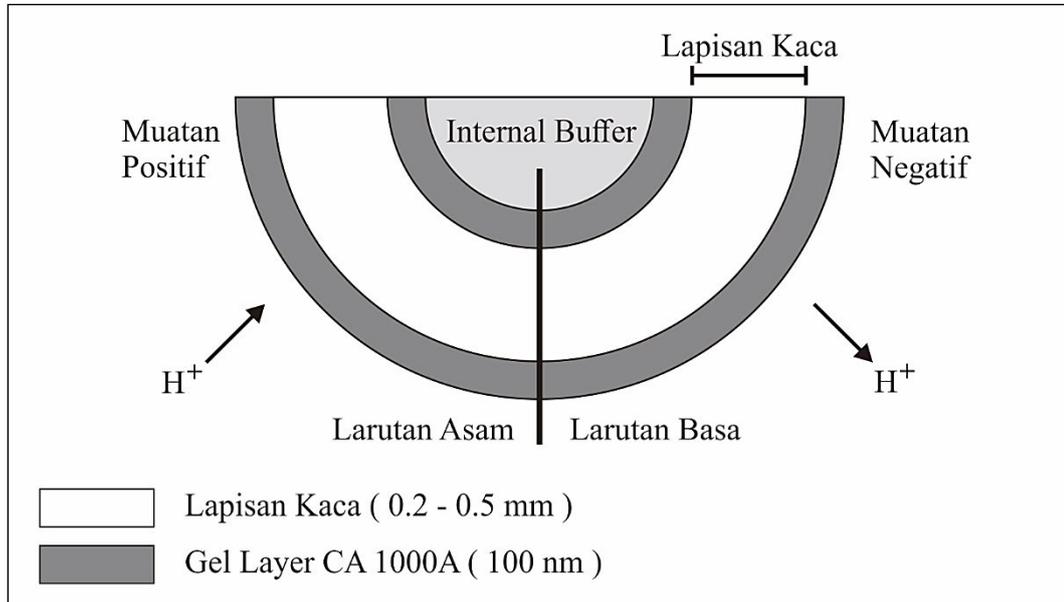
Gambar 2.7 Material Penyusun Elektroda Kaca Sensor pH

Jumlah larutan HCl yang konstan pada sistem ini akan membuat elektroda Ag/AgCl memiliki nilai potensial yang stabil. Kaca tersusun dari sejumlah ikatan logam alkali dan molekul silikon dioksida (SiO). Saat ujung elektroda kaca ini terkena larutan, akan terjadi protonasi membentuk membran tipis HSiO^+ sesuai dengan reaksi berikut.

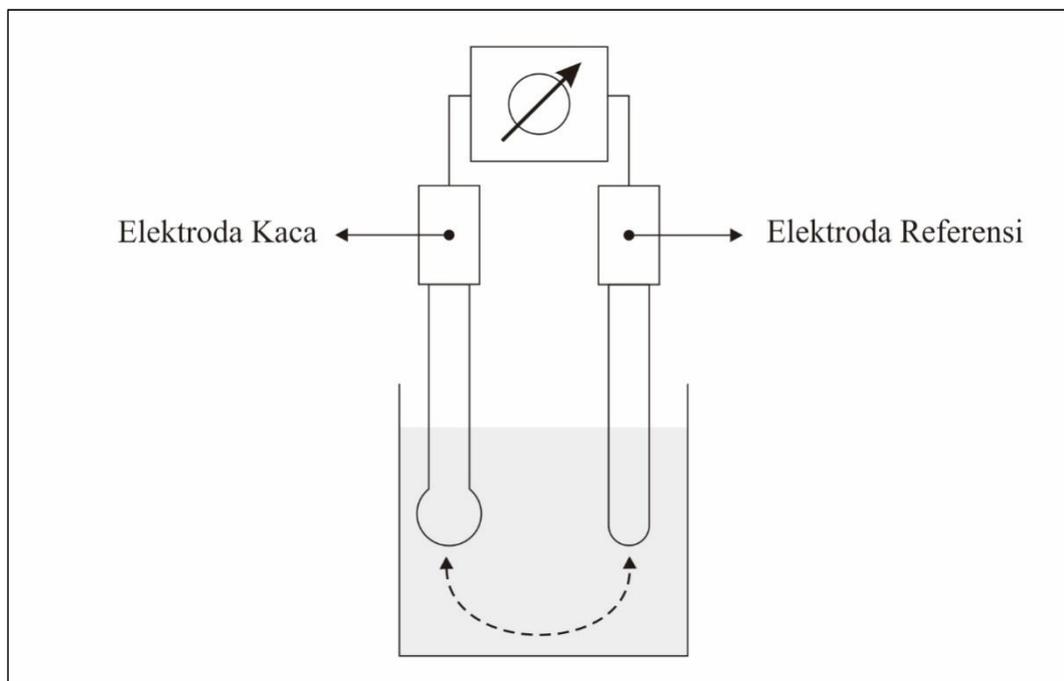


Pada permukaan kaca terbentuk lapisan semacam “gel” yang menjadi tempat pertukaran ion positif (H^+). Pada saat dimasukkan pada larutan yang bersifat asam, maka ion (H^+) akan terikat ke permukaan kaca dan akan menyebabkan muatan positif terkumpul pada lapisan “gel” dan sebaliknya saat dimasukkan pada cairan yang bersifat basa. Pertukaran antara ion positif (H^+) ini akan menyebabkan munculnya beda potensial antara kedua elektroda sehingga sensor dapat menghasilkan pembacaan nilai positif ataupun negatif [17]. Ilustrasi pertukaran ion

(H⁺) pada kaca ditunjukkan pada Gambar 2.8 dan ilustrasi kombinasi elektroda referensi dan elektroda kaca ditunjukkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2.8 Ilustrasi Pertukaran Ion H⁺ pada Elektroda Kaca



Gambar 2.9 Ilustrasi Elektroda Referensi dan Elektroda Kaca

Kemudian untuk spesifikasi umum sensor pH analog ditunjukkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Spesifikasi Sensor pH Analog 4502C-BNC

Parameter	Spesifikasi
Tegangan Kerja	5.0 VDC
Range Pengukuran	0 - 14
Response Time	$\leq 60s$
Akurasi	$\pm 0.1 (25^{\circ}C)$
Suhu Kerja	0°C- 60°C
Power Indicator	LED
Dimensi Modul	43mm x 32mm

2.4.4 Sensor Suhu

Sensor suhu berfungsi untuk mengonversi besaran panas menjadi besaran listrik, atau secara sederhana, sensor suhu berfungsi untuk mengubah besaran fisis menjadi nilai tegangan listrik. Data tegangan tersebut akan diolah oleh perangkat pengontrol sehingga hasilnya dapat ditampilkan pada perangkat keluaran. Sensor suhu yang cukup populer digunakan dalam sistem pemantauan kualitas air adalah sensor suhu DS18B20, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.10 [18].

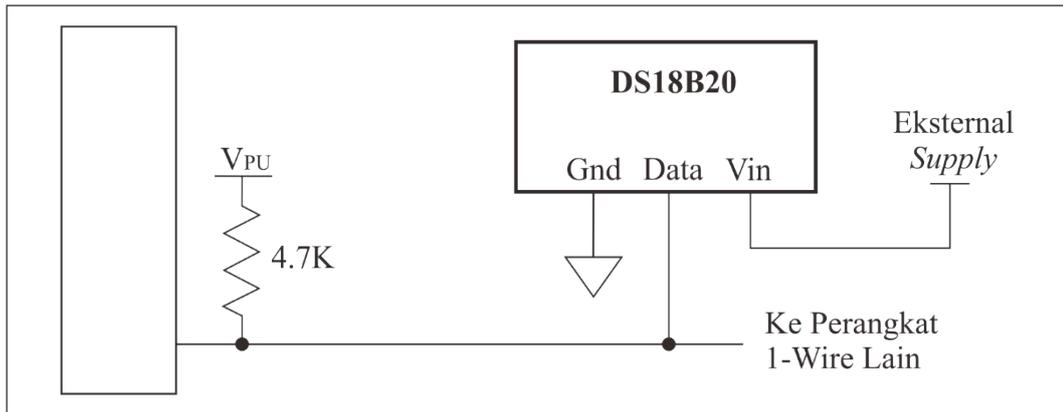


Gambar 2.10 Sensor Suhu DS18B20

Sensor suhu DS18B20 merupakan sensor suhu digital yang menggunakan sinyal *output* digital. Setiap unit DS18B20 memiliki kode serial 64-bit yang unik, sehingga memungkinkan beberapa sensor DS18B20 berfungsi pada *bus one wire* yang sama. Dengan demikian, sensor ini hanya memerlukan satu mikrokontroler untuk mengendalikan banyak sensor DS18B20 yang tersebar di area yang luas. Fitur ini memberikan fleksibilitas dan efisiensi dalam implementasi sistem pemantauan. Aplikasi yang dapat memanfaatkan keunggulan ini meliputi sistem pemantauan suhu di dalam bangunan, peralatan, atau mesin, serta sistem pemantauan dan pengendalian berbasis jaringan.

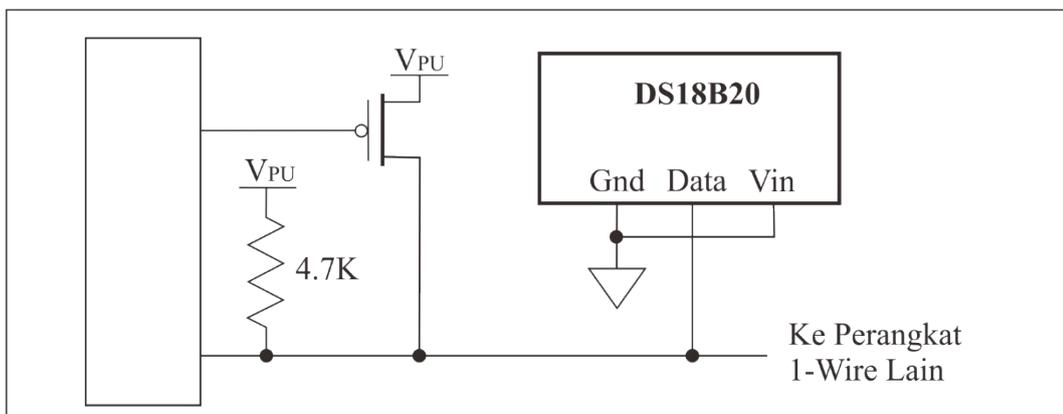
Sensor suhu DS18B20 memiliki tingkat akurasi sebesar $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pada rentang pengukuran antara -10°C hingga 85°C . Untuk dapat berfungsi dengan optimal, sensor ini memerlukan sebuah resistor *pull-up* berukuran $4,7\text{ k}\Omega$ yang dipasang antara pin tegangan dan pin data. DS18B20 menggunakan protokol komunikasi *one-wire*, yang memungkinkan koneksi beberapa sensor pada satu jalur data secara bersamaan. Hal ini memberikan fleksibilitas dalam pemasangan dan efisiensi penggunaan pin pada perangkat pengontrol. Kemampuan ini sangat bermanfaat dalam sistem pemantauan suhu berskala luas, seperti pada lingkungan industri, perairan budidaya, atau bangunan otomatisasi [18].

Sensor suhu DS18B20 dapat dihubungkan pada *power supply* dengan dua jenis mode, yaitu mode *external supply* dan mode *parasite supply*. Mode *external supply* digunakan dengan memanfaatkan pin V_{in} pada sensor. Pada mode *parasite supply* memungkinkan sensor suhu DS18B20 berfungsi tanpa *external supply* pada pin V_{in} yaitu dengan menghubungkan *supply* pada pin Data melalui sebuah *Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor* (MOSFET). *Parasite supply* sangat berguna untuk aplikasi yang memerlukan pemantauan suhu jarak jauh atau ruang terbatas. Rangkaian untuk mode eksternal *supply* ditunjukkan pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Mode Eksternal *Supply* Sensor Suhu DS18B20

Pada Gambar 2.12 menunjukkan rangkaian kontrol mode *parasite supply* sensor suhu DS18B20, yang "mengambil" daya dari *bus one-wire* melalui pin data ketika *bus* dalam keadaan tinggi. Energi yang diambil memberi daya pada DS18B20 saat *bus* dalam keadaan *high*, dan sebagian dari energi disimpan pada kapasitor daya parasit untuk memberikan daya saat *bus* dalam keadaan *low*. Ketika DS18B20 digunakan dalam mode *parasite supply*, pin Vin pada sensor suhu DS18B20 harus dihubungkan ke *ground*.



Gambar 2.12 Mode *Parasite Supply* Sensor Suhu DS18B20

Sensor suhu DS18B20 dapat bekerja pada tegangan DC 3V sampai dengan 5V dan dapat mengukur suhu pada rentang -55°C sampai dengan 125°C . Selanjutnya untuk spesifikasi umum dari sensor suhu DS18B20 ditunjukkan pada Tabel 2.5

Tabel 2.5 Spesifikasi Sensor Suhu DS18B20

Parameter	Spesifikasi
Tegangan Kerja	3.0 – 5.5 VDC
Range Pengukuran	-55°C s/d 125°C
Resolusi	9 – 12 bit
Akurasi	± 0.5°C (-10°C s/d 85°C)
Power Mode	Parasite supply dan Eksternal Supply
Response time	<750 ms

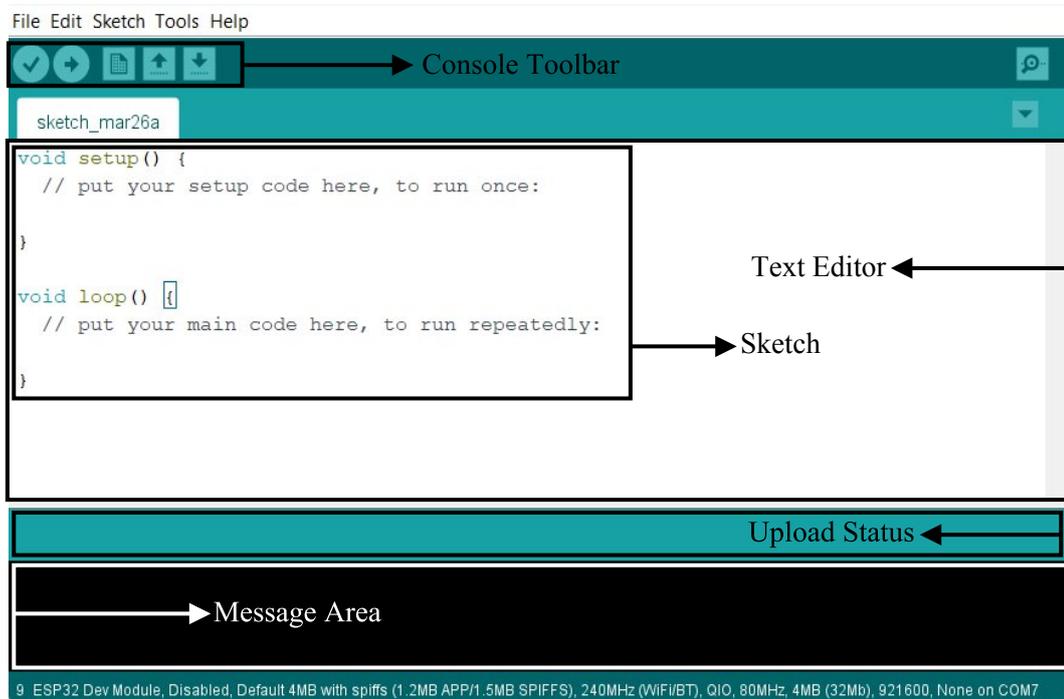
2.5 Perangkat Lunak (*Software*) Pada Sistem Pemantauan Kualitas Air

Dalam perancangan sistem pemantauan kualitas air, terdapat beberapa perangkat lunak yang dibutuhkan untuk membangun sistem tersebut. Perangkat lunak yang dibutuhkan yaitu *Arduino Integrated Development Environment* (Arduino IDE) yang digunakan sebagai tempat untuk menuliskan *source code* dan untuk mengunggah *source code* pada perangkat pengontrol, selain itu juga digunakan aplikasi Node-RED dan MQTT *Broker* yang digunakan untuk membuat sistem *web dashboard* yang berisikan informasi nilai parameter kualitas air secara *real-time*.

2.5.1 *Arduino Integrated Development Environment* (Arduino IDE)

Sketch atau *source code* merupakan kode program yang ditulis untuk sebuah perangkat pengontrol. *Software* yang digunakan untuk mengembangkan dan menulis *sketch* tersebut dikenal dengan nama *Arduino IDE (Integrated Development Environment)* [19]. *Arduino IDE* merupakan suatu *software development environment* yang dirancang agar mudah digunakan bagi para pemula bahkan yang tidak memiliki pengetahuan dasar tentang bahasa pemrograman, karena *arduino IDE* menggunakan bahasa C++ yang telah disederhanakan melalui *library* yang telah disediakan. *Software IDE (Integrated Development Environment)* adalah *software* yang sangat penting dalam proses penulisan program karena berfungsi untuk melakukan kompilasi dan menghasilkan kode biner yang

dapat di unggah ke dalam memori perangkat pengontrol [20]. Tampilan antarmuka *software* Arduino IDE ditunjukkan pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Tampilan Antarmuka *Software* Arduino IDE

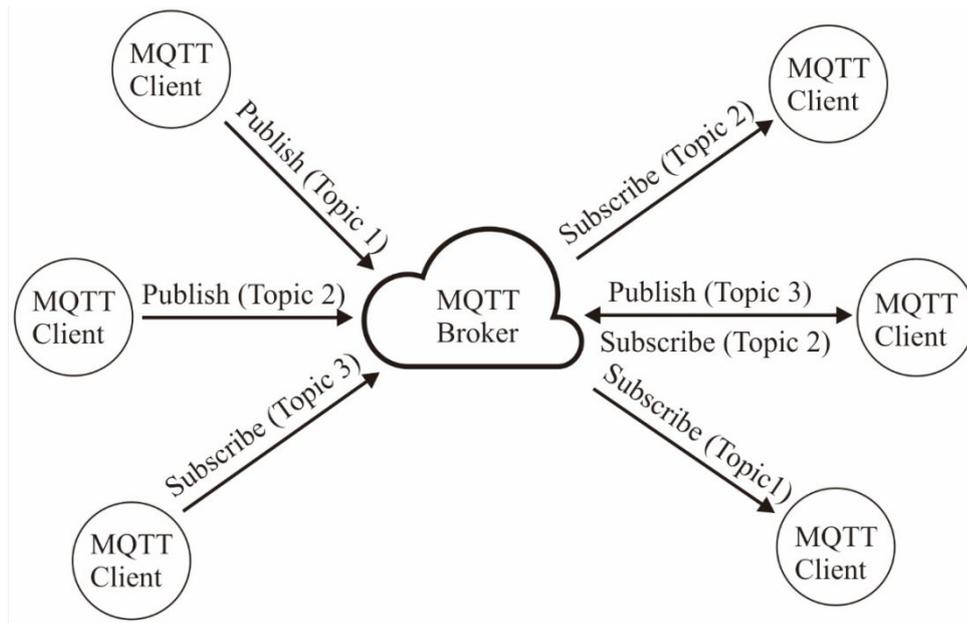
Berdasarkan Gambar 2.13 Tampilan Antarmuka *Software* Arduino IDE, terdapat beberapa bagian pada tampilan arduino IDE :

- Console Toolbar*, toolbar ini berisi beberapa tombol yaitu *Verify*, *Upload*, *New File*, *Open File*, *Save File* dan *Serial Monitor*. Pada bagian sudut kanan bawah jendela menampilkan model *Development Board* dan *Port Serial* yang sedang digunakan.
- Text Editor*, merupakan tempat penulisan kode dengan bahasa pemrograman C++ yang telah disederhanakan.
- Sketch*, merupakan kode program yang ditulis untuk mengendalikan suatu perangkat pengontrol.
- Upload Status*, merupakan jendela yang berfungsi untuk melihat status perintah *upload* dan *compile* kode program, apakah perintah tersebut berhasil atau gagal.

- e) *Message Area*, merupakan jendela yang menampilkan kondisi *error* dari suatu kode program serta memberikan *feedback* saat proses menyimpan dan ekspor kode program [19].

2.5.2 Messaging Queuing Telemetry Transport (MQTT)

MQTT (*Messaging Queuing Telemetry Transport*) adalah sebuah protokol komunikasi yang efisien dengan pengiriman pesan yang ringan dan menggunakan pola *publish – subscribe* serta beroperasi di atas protokol TCP/IP. Protokol MQTT dirancang untuk memungkinkan koneksi pada jaringan dengan keterbatasan *bandwidth* [21]. Protokol MQTT adalah salah satu protokol yang dapat diterapkan dalam komunikasi antara perangkat yang berbasis *Internet of Things* (IoT). Pola *publish - subscribe* dirancang agar mudah diimplementasikan dan bersifat terbuka. Dengan menggunakan konsep *publish - subscribe*, individu tidak diwajibkan untuk menerima seluruh informasi yang ada, namun hanya informasi yang relevan dengan kebutuhan mereka, tanpa mengganggu operasional sistem yang sudah ada. Dalam protokol MQTT, terdapat perantara yang disebut *broker* dan berfungsi sebagai penghubung antara *publisher* dan *subscriber*. Terdapat sebuah sistem MQTT *broker* yang cukup populer karena bersifat *open source* dan sudah mengimplementasikan MQTT versi 3.1 dan 3.1.1 yaitu *Mosquitto MQTT Broker* [22]. Arsitektur MQTT dilihat dari sisi *client-server* ditunjukkan pada Gambar 2.14.

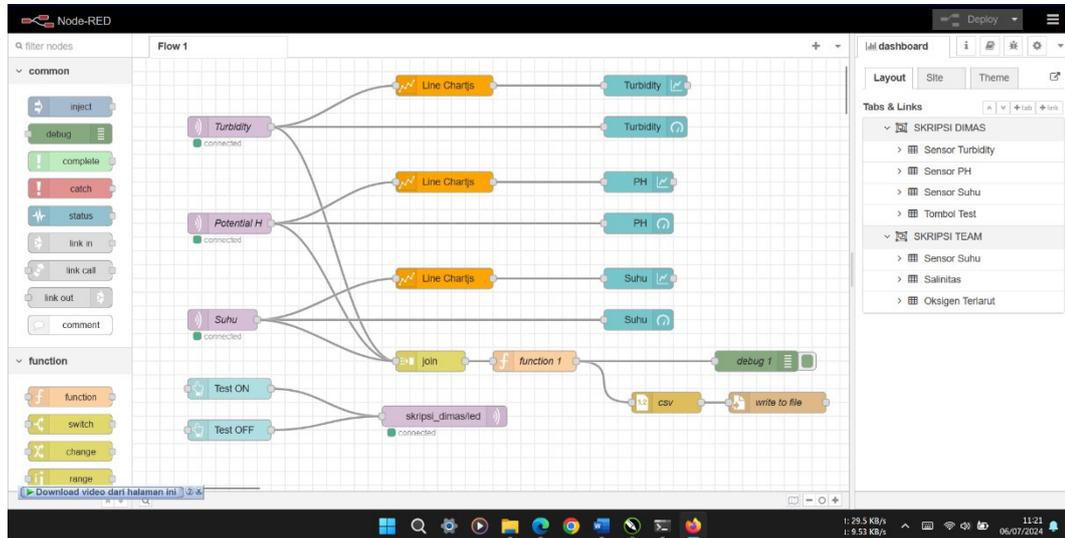


Gambar 2.14 Arsitektur *Client – Server* MQTT

2.5.3 *Web Dashboard* Berbasis Node – RED

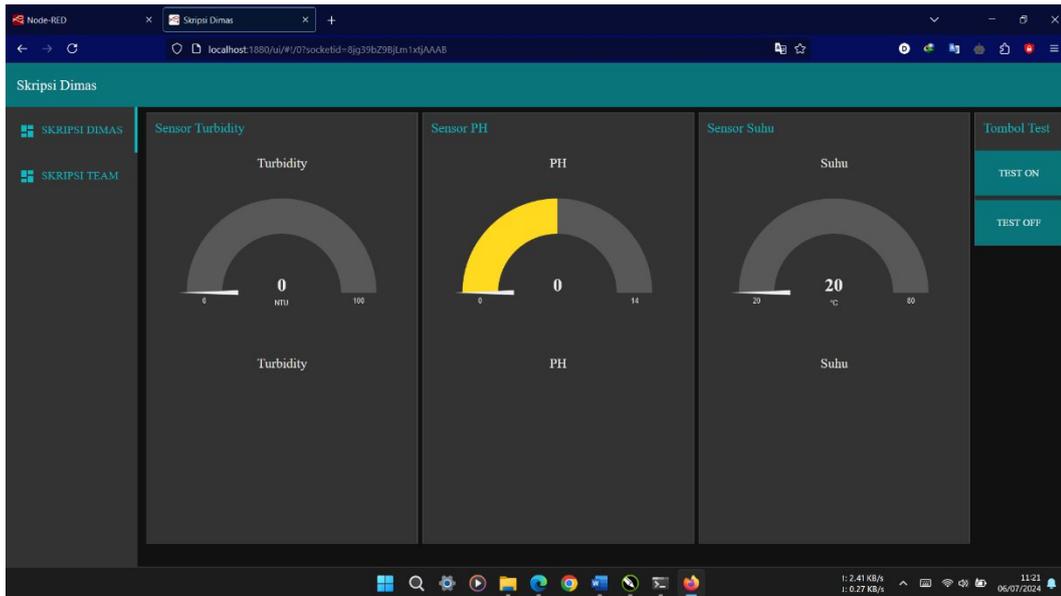
Node-RED adalah suatu *tool* berbasis *browser* yang memungkinkan pembuatan aplikasi *Internet of Things* (IoT) dengan menggunakan pemrograman visual dalam bentuk "flow", sehingga mempermudah pengguna dalam membuat aplikasi IoT baik berbentuk *dashboard* pemantauan maupun berbentuk perintah yang berupa *button*. Node - RED *flow* merupakan suatu rangkaian aliran (*flow*) yang berfungsi untuk menerima dan mengirimkan data (*payload*) dari satu simpul (*node*) ke simpul lainnya [23]. Node – RED merupakan sebuah *tool* dengan konsep *flow-based programming* (FBP) untuk memberikan dukungan kepada para pengembang *Internet of Things* (IoT) dalam menggabungkan komponen *input / output* (I/O) yang berbeda melalui *Application Program Interfaace* (API) dan layanan-layanan IoT. FBP sendiri pada awalnya dikenalkan oleh J. Paul Morrison dengan konsep pemrograman yaitu melibatkan penjelasan fungsi-fungsi aplikasi sebagai "kotak hitam" dalam jaringan atau "*node*". Setiap data memiliki tujuan spesifik yang telah ditetapkan, data diberikan, diolah, dan kemudian data tersebut diteruskan untuk tindakan lebih lanjut. Node – RED dapat dipasang dan dijalankan secara lokal pada laptop, komputer, Raspberry Pi, ataupun android, dan dapat dijalankan juga pada *cloud* seperti IBM, Bluemix, SenseTecnic FRED, Amazon *Web Services*, atau

Microsoft Azure [24]. Tampilan *workspace tool* Node – RED ditunjukkan pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Tampilan *Workspace* Node-RED

Node-RED merupakan alat pengembangan visual yang memiliki *runtime* berbasis Node.js, yang memungkinkan pengguna untuk merancang alur logika aplikasi berbasis *Internet of Things* (IoT) secara efisien. Akses terhadap Node-RED dilakukan melalui peramban web (*web browser*), di mana pengguna dapat memanfaatkan *flow editor* untuk membangun alur kerja aplikasi. Dalam editor ini, pengguna cukup menyeret *node* dari *palette* ke area kerja (*workspace*) dan menghubungkannya satu sama lain untuk membentuk rangkaian logika sesuai kebutuhan sistem. Proses perancangan ini sangat intuitif karena tidak memerlukan penulisan kode secara langsung, sehingga sangat mendukung metode pengembangan sistem secara cepat (*rapid development*). Setelah alur selesai dirancang, pengguna dapat menyimpan dan menjalankan aplikasi tersebut dengan melakukan *deployment* ke *runtime* Node-RED. Salah satu fitur unggulan Node-RED adalah kemampuannya untuk membangun tampilan antarmuka pengguna (*web dashboard*) secara langsung, yang dapat menampilkan data sensor dan status sistem secara *real-time*. Tampilan *web dashboard* dari sistem IoT yang dibangun menggunakan Node-RED ditunjukkan pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16 Tampilan *Web Dashboard* IoT Berbasis Node-RED

2.6 Kalibrasi Sensor

Agar sensor dapat membaca nilai parameter dengan akurat sesuai dengan perangkat pengukur yang sebenarnya, sensor yang digunakan dalam sistem pemantauan kualitas air perlu di karakterisasi dan kalibrasi terlebih dahulu. Dalam proses karakterisasi, sensor akan mengambil nilai *analog to digital converter* (ADC) dari sampel yang diukur, kemudian dilakukan perhitungan untuk menentukan seberapa dekat nilai yang diperoleh dengan nilai alat yang dijadikan sebagai standar dalam pengukuran atau yang disebut dengan korelasi. Korelasi dapat dicari menggunakan Persamaan 2.1 [25].

$$R = \frac{n(\sum xy) - (\sum x) \cdot (\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \cdot \sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}} \quad (2.1)$$

Di mana R adalah korelasi, x adalah nilai ADC sensor, y adalah nilai alat ukur sebagai acuan (sampel), dan n adalah jumlah pengujian. Kriteria perhitungan korelasi memiliki beberapa interval yaitu :

- 0,0 – 0,199 : Korelasi sangat lemah

- 0,20 – 0,399 : Korelasi lemah
- 0,40 – 0,599 : Korelasi cukup
- 0,60 – 0,799 : Korelasi kuat
- 0,80 – 1,000 : Korelasi sangat kuat

Tahap selanjutnya adalah kalibrasi sensor, tujuan dari kalibrasi sensor ini adalah untuk membuat agar nilai yang dikeluarkan oleh hasil bacaan sensor sama dengan nilai alat ukur yang sebenarnya. Untuk tujuan kalibrasi sensor ini digunakan penghitungan dengan metode regresi linear. Perhitungan untuk regresi linear dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.2

$$y = mx + c \quad (2.2)$$

Di mana y adalah variabel akibat (*dependent*), c adalah konstanta, m adalah koefisien regresi (kemiringan), dan x adalah variabel faktor (*independent*). Nilai c dan m dapat dicari menggunakan Persamaan 2.3 dan Persamaan 2.4.

$$c = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (2.3)$$

$$m = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (2.4)$$

Di mana nilai y adalah nilai yang dihasilkan alat ukur (acuan) dan x adalah nilai yang dihasilkan oleh sensor [25].

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan di Laboratorium Terpadu Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung. Sedangkan waktu penelitian tugas akhir ini dimulai dari bulan Juli 2023 sampai dengan bulan Mei 2024.

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini ditunjukkan pada Tabel 3.1.

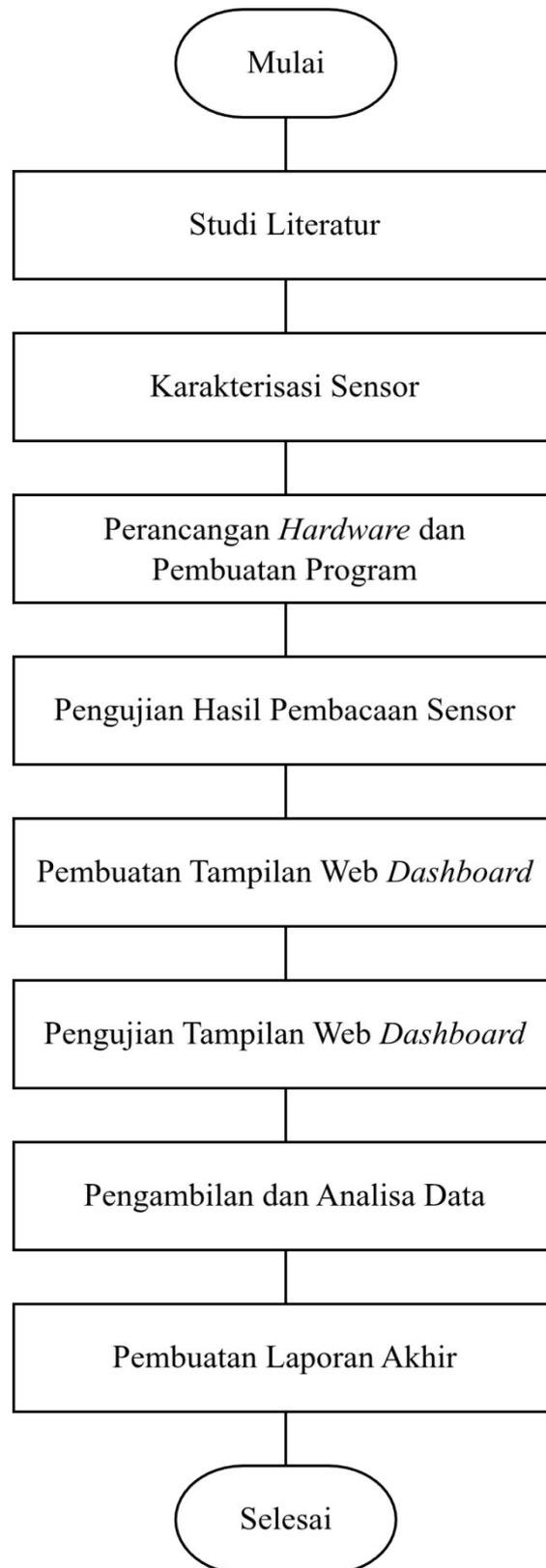
Tabel 3.1 Alat dan Bahan

No.	Nama Alat dan Bahan	Keterangan Penggunaan
1.	Laptop Asus <i>Vivobook</i> AMD Ryzen 5 3500U	Untuk membuat dan mengunggah program menggunakan <i>software</i> Arduino IDE dan digunakan untuk membuat sistem <i>web dashboard</i> dengan menggunakan aplikasi Node-RED dan MQTT <i>broker</i> serta digunakan sebagai <i>dashboard</i> pemantauan pada web dan untuk membuat gambar rangkaian.
2.	Sensor <i>Turbidity</i> DFRobot SEN0189	Digunakan untuk mengukur dan mendeteksi tingkat kekeruhan air.
3.	Sensor pH Meter 4502C - BNC	Digunakan untuk mengukur dan mendeteksi nilai pH dalam air.

4.	<i>Digital waterproof temperature sensor DS18B20</i>	Digunakan untuk mengukur dan mendeteksi suhu air.
5.	<i>Mappi32 Development Board</i>	Sebagai sistem kontrol <i>input output (I/O)</i> untuk pembacaan data sensor dan mengatur proses pengiriman dan penerimaan data.
6.	Multimeter	Digunakan sebagai perangkat untuk mengukur besaran elektrik.
7.	Resistor	Digunakan sebagai perangkat pembagi tegangan ADC sensor dan <i>resistor pull-up</i> .
8.	<i>Power Supply</i>	Sebagai sumber tegangan yang akan diberikan kepada sistem.
9.	Peralatan kerja lainnya	Berupa alat pendukung dalam pembuatan alat seperti solder, bor, gunting, dan lain-lain.

3.3 Tahapan Penelitian

Penulis merencanakan perancangan alat ini dalam beberapa tahap, mulai dari perencanaan hingga alat selesai. Secara umum, penelitian ini terbagi menjadi beberapa bagian yaitu studi literatur, karakterisasi sensor yang akan digunakan, perancangan perangkat keras (*hardware*), perancangan perangkat lunak (*Software*), serta pengujian alat dan aplikasi. Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.1.

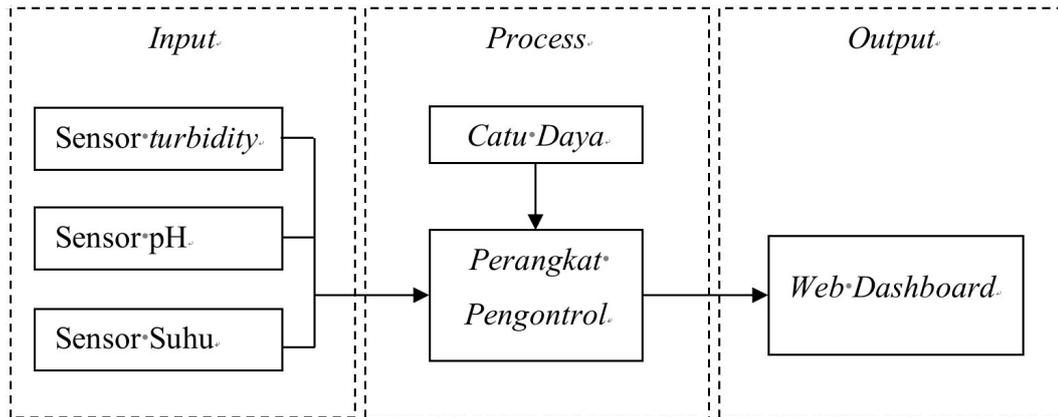


Gambar 3.1 Langkah - Langkah Penelitian

Gambar 3.1 menunjukkan alur penelitian yang akan dilaksanakan pada penelitian ini, pada tahap 1 akan dilakukan persiapan serta mempelajari konsep-konsep dalam pembuatan sistem pemantauan kualitas air. Tahap 2 yaitu uji karakteristik sensor untuk memahami konsep mengenai bagaimana sensor bekerja dan mempelajari penggunaan *library* untuk proses pembuatan perangkat lunak dan *source code*. Tahap 3 merupakan tahap perancangan alat baik itu perangkat keras dan juga perangkat lunak dari alat serta melihat bahwa sistem dapat menampilkan nilai dari sensor dengan baik dan akurat. Selanjutnya pada tahap 4 merupakan tahap pembuatan antarmuka untuk *web dashboard* yang digunakan untuk menampilkan dan memantau hasil baca dari sensor. Kemudian pada tahap 5, setelah proses pembuatan alat selesai maka akan dilakukan pengujian kinerja alat dan juga pengambilan data hasil bacaan sensor apakah sesuai dengan alat yang terkalibrasi atau tidak dan dilanjutkan dengan pembuatan laporan.

3.4 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

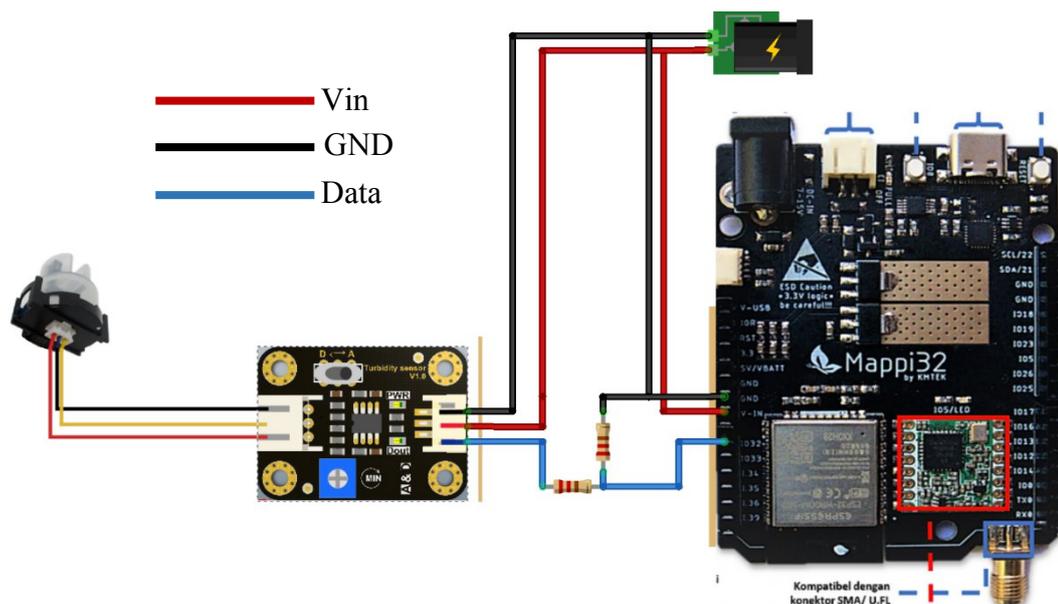
Perangkat keras utama yang digunakan pada penelitian ini yaitu Mappi32 sebagai pengontrol, Sensor *Turbidity* DFRobot SEN0189 untuk mengukur tingkat kekeruhan air, Sensor pH Meter 4502C – BNC untuk mengukur derajat keasaman air, *Digital waterproof temperature sensor* DS18B20 untuk mengukur suhu pada air, *Power Supply* sebagai sumber tegangan untuk sistem, dan sebuah laptop untuk pemantauan dan pembuatan *web dashboard*. Diagram blok untuk perencanaan sistem perangkat keras (*hardware*) yang berupa Sensor *Turbidity* DFRobot SEN0189, Sensor pH Meter 4502C - BNC, *Digital waterproof temperature sensor* DS18B20 sebagai masukan dan Mappi32 sebagai perangkat kontrolnya serta *web dashboard* sebagai penampil data ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem

3.4.1 Rangkaian Mappi32 dengan Sensor *Turbidity* DFRobot

Pada penelitian ini, sensor *turbidity* digunakan sebagai perangkat untuk mengukur tingkat kekeruhan air yang dinyatakan dalam *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU). Sensor *turbidity* memiliki 3 buah pin yang terdiri dari *supply* tegangan (Vin), *output* data, dan *ground* (GND). Sensor *turbidity* menggunakan *output* analog, sehingga perlu dipasangkan pada pin yang memiliki fitur *Analog to Digital Converter* (ADC) pada Mappi32. Rangkaian dan sambungan pin sensor *turbidity* dan Mappi32 ditunjukkan pada Gambar 3.3. dan Tabel 3.2.



Gambar 3.3 Rangkaian Mappi32 dengan Sensor *Turbidity*

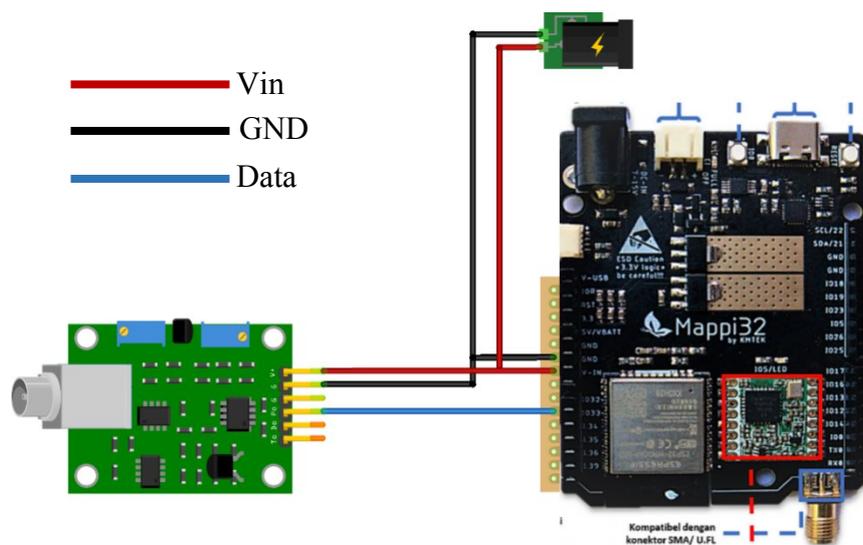
Tabel 3.2 Koneksi Pin Mappi32 dengan Sensor *Turbidity*

No.	Pin Sensor <i>Turbidity</i>	Pin Mappi32
1.	Vin	5V/Vin
2.	Data (Analog)	GPIO 32 (ADC)
3.	Gnd	Gnd

Pada rangkaian Mappi32 dengan sensor *Turbidity*, terdapat 2 buah resistor dengan ukuran 2.2K Ω dan 8.2K Ω pada pin data. Resistor ini nantinya akan dijadikan sebagai pembagi tegangan karena tegangan *output* yang dihasilkan sensor *turbidity* adalah sekitar 4.2V dan pin analog dari Mappi32 hanya mampu membaca tegangan sampai 3.3V.

3.4.2 Rangkaian Mappi32 dengan Sensor pH Meter 4502C

Pada penelitian ini, sensor pH Meter 4502C - BNC digunakan sebagai perangkat untuk mengukur tingkat keasaman dan kebasaan pada air. Sensor pH memiliki 5 buah pin yaitu *supply* tegangan +5V (Vin), *Digital Out* (DO), *Temperature Out* (TO), *Analog Out* (PO) dan *ground* (GND). Pada penelitian ini akan digunakan pin PO sebagai keluarannya. Rangkaian dan sambungan pin sensor pH Meter 4502C - BNC dan Mappi32 ditunjukkan pada Gambar 3.4 dan Tabel 3.3.



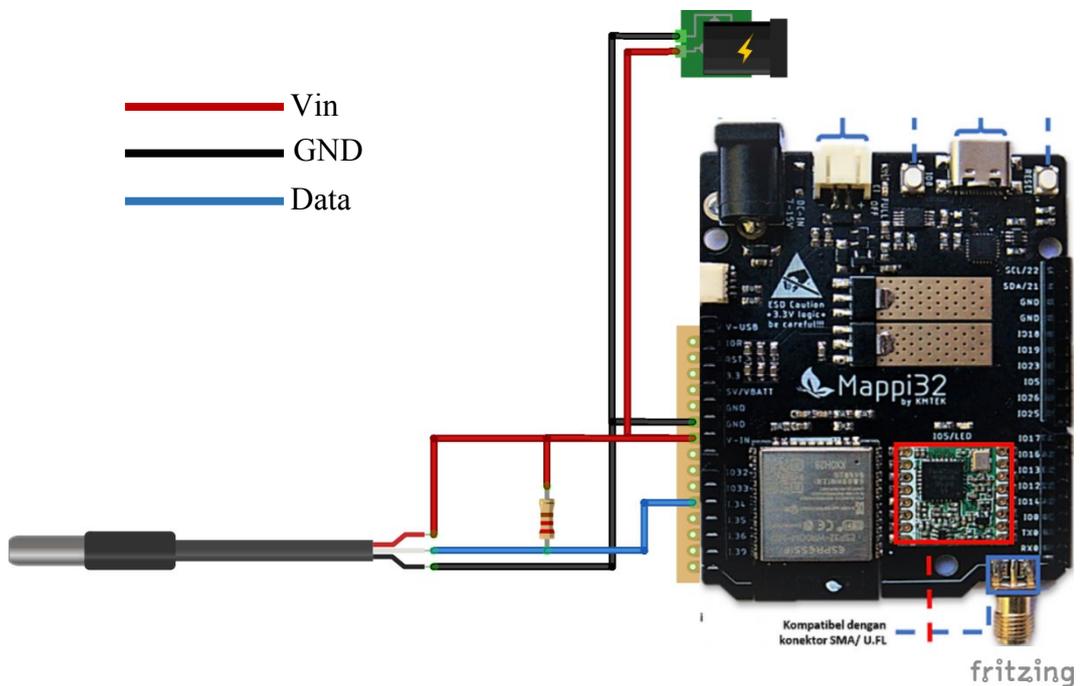
Gambar 3.4 Rangkaian Mappi32 dengan Sensor pH

Tabel 3.3 Koneksi Pin Mappi32 dengan Sensor pH

No.	Pin Sensor pH	Pin Mappi32
1.	Vin	5V / Vin
2.	Data (Analog)	GPIO 35 (ADC)
3.	Gnd	Gnd

3.4.3 Rangkaian Mappi32 dengan Sensor Suhu DS18B20

Pada penelitian ini, sensor suhu digunakan sebagai perangkat untuk mengukur tingkat temperatur air yang dinyatakan dalam derajat celcius ($^{\circ}\text{C}$). Sensor suhu memiliki 3 buah pin yang terdiri dari *supply* tegangan +5V (Vin), *output data*, dan *ground* (GND). Sensor suhu DS18B20 menggunakan *output data* yang bertipe digital. Rangkaian dan sambungan pin sensor suhu dan Mappi32 ditunjukkan pada Gambar 3.5 dan Tabel 3.4.



Gambar 3.5 Rangkaian Mappi32 dengan Sensor Suhu DS18B20

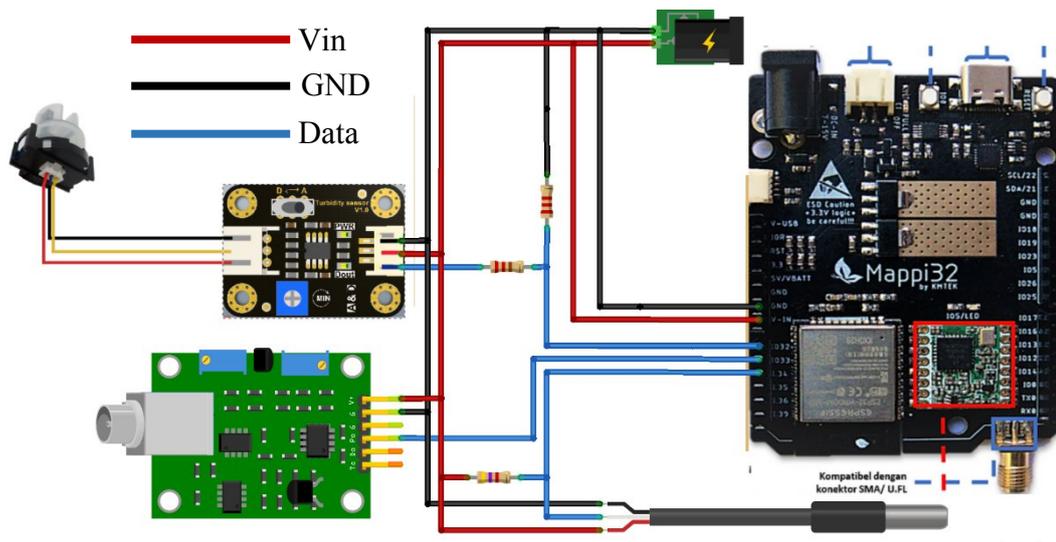
Tabel 3.4 Koneksi Pin Mappi32 dengan Sensor Suhu

No.	Pin Sensor Suhu	Pin Mappi32
1.	Vin	5V / Vin
2.	Data (Digital)	GPIO 33
3.	Gnd	Gnd

Pada rangkaian Mappi32 dengan Sensor Suhu DS18B20, terdapat 1 buah resistor yang terhubung antara pin data dengan VCC. Resistor ini berfungsi sebagai resistor *pull-up* agar tidak terjadi *floating condition* saat Mappi32 menerima data dari sensor. Berdasarkan dari *datasheet* sensor suhu DS18B20, nilai resistor *pull-up* ini adalah sebesar 4.7K Ω . Resistor *pull-up* ini dapat diganti dengan modul adapter yang khusus dibuat untuk sensor DS18B20.

3.4.4 Rangkaian Keseluruhan Sensor dan Mappi32

Rangkaian keseluruhan perangkat keras (*hardware*) dari alat ini dapat dilihat pada Gambar 3.6, sedangkan sambungan keseluruhan antara sensor yang digunakan dan Mappi32 ditunjukkan pada Tabel 3.5.



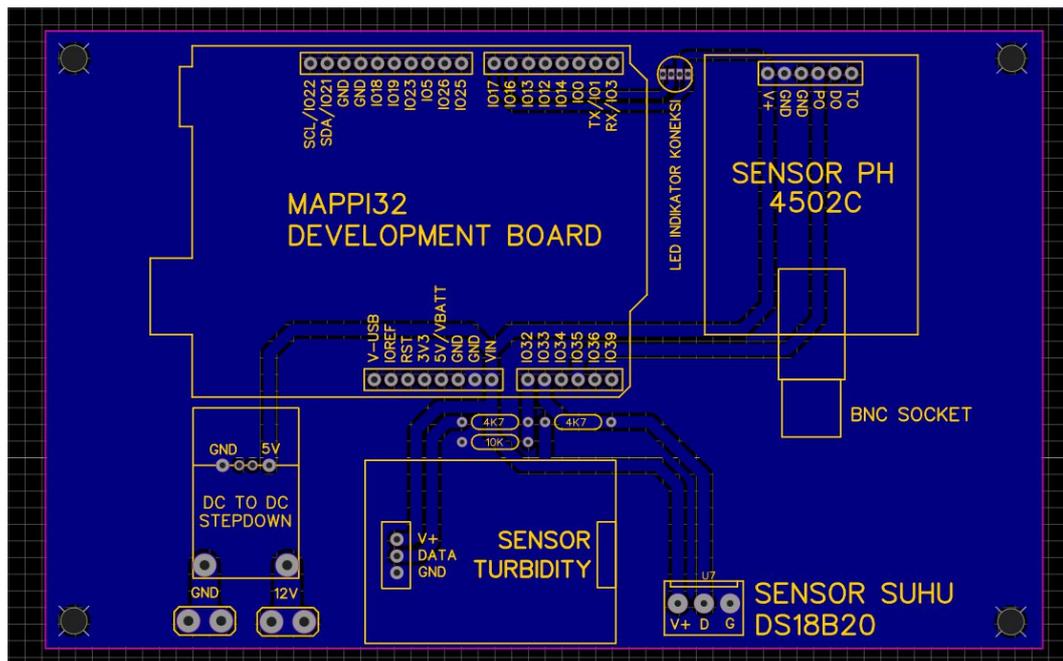
Gambar 3.6 Rangkaian Keseluruhan Sensor dengan Mappi32

Tabel 3.5 Koneksi Pin Data Sensor dengan Mappi32

No.	Pin <i>Mappi32</i>	Pin Sensor
1.	GPIO 32	Pin data Sensor <i>Turbidity</i>
2.	GPIO 35	Pin data Sensor pH
3.	GPIO 33	Pin data Sensor Suhu

3.4.5 Desain *Layout PCB (Printed Circuit Board)*

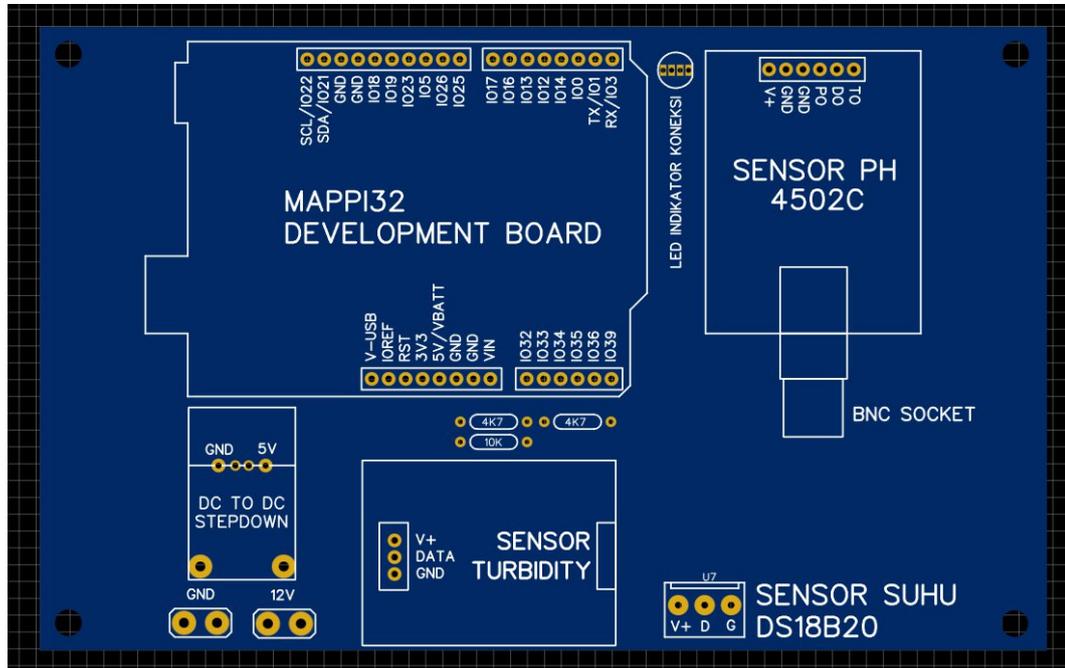
Desain *layout PCB* pada penelitian ini dibagi menjadi 3 bagian, yaitu desain *track* (jalur tembaga), desain *footprints* dan *layout* (tata letak komponen), dan desain 3 dimensi sebagai gambaran PCB setelah direalisasikan. Desain *track* (jalur tembaga) dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Desain Jalur PCB

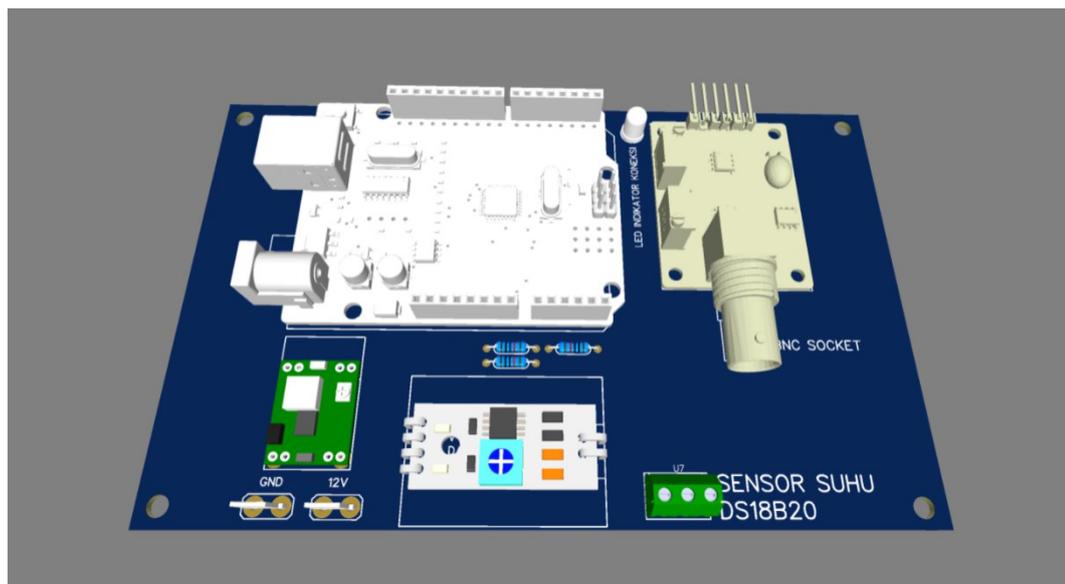
Pada Gambar 3.7 jalur berwarna biru merupakan *bottom layer* atau jalur tembaga sisi bagian belakang PCB, teks dan garis berwarna kuning merupakan *top silkscreen* untuk menandai lokasi komponen pada sisi depan PCB. Ukuran PCB yang

direncanakan adalah dengan panjang 150mm dan lebar 100mm. Kemudian untuk desain *footprints* dan *layout* (tata letak komponen) dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Desain *Footprints* dan *Layout* PCB

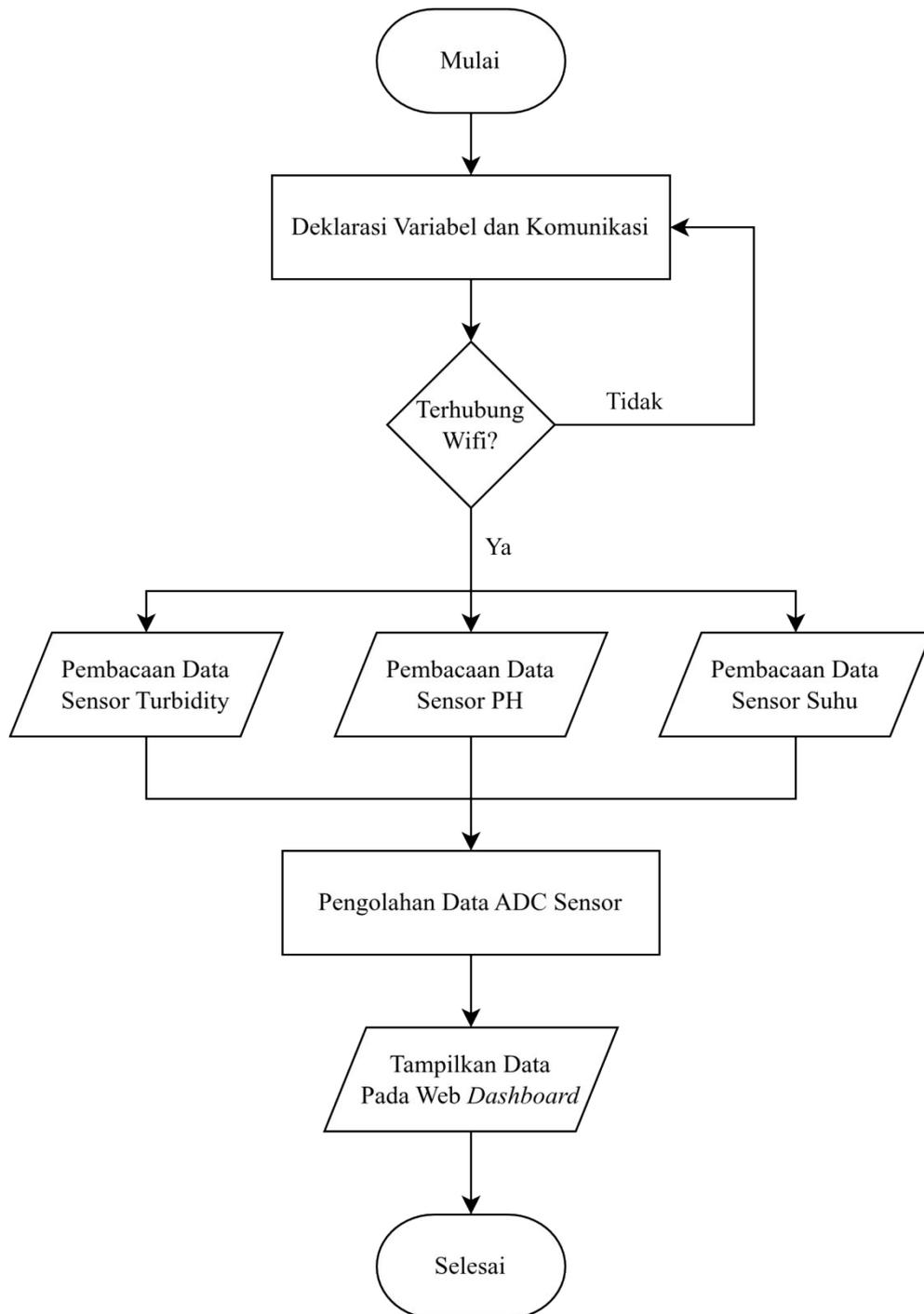
Selanjutnya untuk rancangan desain 3 dimensi sebagai gambaran PCB setelah direalisasikan dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Desain Tiga Dimensi *Layout* PCB

3.5 Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Diagram alir yang digunakan untuk perancangan perangkat lunak pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Diagram Alir Perancangan Perangkat Lunak

3.6 Prosedur Pengujian Sensor dan Pengambilan Data

Pengujian pada alat yang telah dibuat dilakukan untuk mengetahui sejauh mana kemampuan alat dalam membaca nilai parameter yang diukur. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan hasil bacaan sensor dari alat yang telah dibuat dengan instrumen pengukuran yang telah terkalibrasi. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kesalahan (*error*), tingkat akurasi, dan tingkat presisi dari alat yang telah dibuat. Terdapat 3 parameter yang akan diuji dalam penelitian ini yaitu tingkat *turbidity* (kekeruhan), derajat keasaman (pH), dan temperatur. Adapun prosedur pengujian dan pengambilan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

3.6.1 Pengujian Sensor *Turbidity* DFRobot

Pengujian sensor *turbidity* dilakukan untuk memastikan bahwa sensor dapat berfungsi dengan baik atau tidak pada sistem. Mekanisme pengujian untuk melihat tingkat akurasi sensor dilakukan dengan memasukkan sensor dan instrumen yang telah terkalibrasi pada cairan sampel yang telah diketahui nilainya. Pengukuran dilakukan sebanyak 10 kali pengulangan untuk masing-masing cairan sampel yang kemudian data hasil pengukuran dimasukkan ke dalam tabel dengan format seperti pada Gambar 3.11.

Pengukuran Ke-n	Pembacaan <i>Turbidity</i> Meter Alat Penelitian (NTU)					
	Cairan Sampel (NTU)					
	5	20	40	60	80	100
1						
2						
...						
Dst.						
Rata - rata						

Gambar 3.11 Format Tabel Data Pengujian Sensor *Turbidity*

3.6.2 Pengujian Sensor pH Meter 4502C

Pengujian sensor pH dilakukan untuk memastikan bahwa sensor dapat berfungsi dengan baik atau tidak pada sistem. Mekanisme pengujian untuk melihat tingkat akurasi sensor dilakukan dengan memasukkan sensor dan instrumen yang telah terkalibrasi pada cairan sampel pH *buffer* yang dicampur dengan air sebanyak 250mL dan menghasilkan pH dengan nilai 4,00; 7,00; dan 10,00. Pengukuran dilakukan sebanyak 10 kali pengulangan untuk masing-masing cairan sampel yang kemudian data hasil pengukuran dimasukkan ke dalam tabel dengan format seperti pada Gambar 3.12.

Pengukuran Ke-n	Pembacaan pH Meter Alat Penelitian			
	Cairan Sampel Menggunakan pH <i>Buffer</i>			
	4,00	6,86	9,18	11,21
1				
2				
...				
Dst.				
Rata - rata				

Gambar 3.12 Format Tabel Data Pengujian Sensor pH

3.6.3 Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Pengujian sensor suhu dilakukan untuk memastikan bahwa sensor dapat berfungsi dengan baik atau tidak pada sistem. Mekanisme pengujian dilakukan dengan cara memasukkan *probe* sensor dan instrumen terkalibrasi ke dalam air yang telah dipanaskan sehingga dapat melihat perbandingan hasil pembacaan kedua alat tersebut. Data dalam pengukuran akan mencakup nilai temperatur sebesar 25 - 35°C dengan interval 2°C pada setiap pengukurannya. Data hasil pengukuran kemudian dimasukkan ke dalam tabel dengan format seperti pada Gambar 3.13.

Pengukuran Ke-n	Pembacaan Termometer Alat Penelitian					
	Cairan Sampel (°C)					
	25	27	29	31	33	35
1						
2						
...						
Dst.						
Rata - rata						

Gambar 3.13 Format Tabel Data Pengujian Sensor Suhu

Data yang telah didapatkan dari pengukuran akan digunakan untuk menghitung akurasi, presisi, dan persentase kesalahan (*error*) serta standar deviasi menggunakan Persamaan (3.1), (3.2), (3.3), dan (3.4).

$$\%A = \left(1 - \left|\frac{Y - X_n}{Y}\right|\right) \times 100\% \quad (3.1)$$

$$\%P = \left(1 - \left|\frac{X_n - \bar{X}_n}{\bar{X}_n}\right|\right) \times 100\% \quad (3.2)$$

$$\%E = \left|\frac{Y - X_n}{Y}\right| \times 100\% \quad (3.3)$$

$$S = \sqrt{\frac{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + \dots + d_n^2}{n-1}} \quad (3.4)$$

Di mana %A adalah persentase akurasi, %P adalah persentase presisi, %E adalah nilai persentase kesalahan (*error*), S adalah standar deviasi, d selisih nilai hasil pengukuran dengan rata - rata hasil pengukuran, Y berarti nilai acuan atau referensi, X_n adalah nilai dari hasil pengukuran, dan \bar{X}_n adalah rata – rata hasil pengukuran [26].

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan hasil penelitian dan pengujian sistem adalah sebagai berikut :

1. Sistem pemantauan kualitas air budidaya udang (*Litopenaeus vanammei*) dengan tiga parameter pengukuran yaitu *turbidity*, derajat keasaman, dan suhu berbasis *Internet of Things (IoT)* telah terealisasi dan dapat berjalan dengan baik.
2. Sistem telah terkalibrasi dengan nilai akurasi dan presisi masing-masing sebesar 96,35% dan 96,75% untuk sensor *turbidity*, 98,29% dan 98,45% untuk sensor pH, serta 98,64% dan 98,77% untuk sensor suhu.
3. Sistem pemantauan kualitas air budidaya udang (*Litopenaeus vanammei*) dapat mengirimkan data yang dibaca oleh sensor ke *web dashboard* dengan nilai rata-rata *latency* sebesar 439 ms.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat penulis berikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan sampel yang lebih bervariasi pada saat kalibrasi sehingga dapat menghasilkan nilai akurasi yang lebih baik.
2. Menambahkan sistem kendali untuk penanganan parameter yang berada di luar batas normal nilai parameter, sehingga sistem dapat memperbaiki nilai parameter secara otomatis.
3. Mengambil data pemantauan langsung ke lokasi tambak udang agar dapat melihat kinerja sistem secara langsung pada saat diimplementasikan secara luas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Wahyu Hidayat dkk., “Pembesaran Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) di PT. Dewi Laut Aquaculture Garut Jawa Barat,” *Journal of Aquaculture and Fish Health*, vol. 8, no. 3, 2019.
- [2] Badan Pusat Statistik, *Statistik Ekspor Hasil Perikanan Tahun 2016-2020*. Jakarta: Ditjen PDSPKP, 2021.
- [3] D. E. D. Setyono, “Budidaya Pembesaran Udang Karang (*Panulirus sp.*),” *Oseana Journal*, vol. XXXI, no. 4, hlm. 39–48, 2006.
- [4] D. E. D. Setyono, “Pengetahuan Dasar Akuakultur,” *Oseana Journal*, vol. 29, no. 1, hlm. 27–32, 2004.
- [5] Y. M. Sambora dan S. Waluyanti, “Monitoring Kualitas Air Pada Budidaya Udang Berbasis Atmega328 yang Terkonfigurasi Bluetooth HC-05,” *E-Jurnal Prodi Teknik Elektronika*, Nov 2016.
- [6] R. Agung, D. Nugraha dkk., “Implementasi Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam Lele menggunakan Komunikasi Bluetooth Low Energy (BLE) berdasarkan Parameter Suhu dan PH,” *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 6, no. 3, hlm. 1411–1417, Mar 2022.
- [7] Z. Zainuddin dkk., “Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Budidaya Udang Vaname Berbasis Wireless Sensor Network,” *Information System and Processing Journal*, vol. 3, no. 2, Nov 2018.
- [8] R. Aprilia dkk., “Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Tambak Udang Vaname Di Kecamatan Kalitengah Berbasis Internet Of Things,” dalam *e-Proceeding of Applied Science*, 2023, hlm. 308–309.
- [9] A. Siswanto dkk., “Sistem Monitoring Rumah Berbasis Teknologi Cloud Computing,” dalam *Seminar Nasional Sistem Informasi Indonesia*, SESINDO, Nov 2014.

- [10] A. H. Hussein, "Internet of Things (IOT): Research Challenges and Future Applications," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 10, no. 6, hlm. 77–82, 2019.
- [11] F. Febrianti dkk., "Implementasi IoT(Internet Of Things) Monitoring Kualitas Air dan Sistem Administrasi pada Pengelola Air Bersih Skala Kecil," *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, vol. 5, no. 1, hlm. 171–178, Mar 2021.
- [12] T. Aulia, "Mikrokontroler : Seputar Mappi32 dan Arduino Uno," KMTek Documentation. Diakses: 11 April 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.kmtech.id/post/mikrokontroler-seputar-mappi32-dan-arduino-uno>
- [13] M. Maulida dan N. F. Mustamin, "Pengembangan Sistem Pakan Budidaya Ikan Keramba dan Jaring Apung dengan Pemanfaatan Sensor Ultrasonic HC-SR04 dan Modul Komunikasi LoRa," *Infotech Journal*, vol. 8, no. 2, hlm. 101–104, 2022.
- [14] W. L. Hakim dkk., "Characterization of Turbidity Water Sensor SEN0189 on the Changes of Total Suspended Solids in the Water," dalam *Journal of Physics: Conference Series*, Institute of Physics Publishing, Nov 2019.
- [15] V. V Daigavane dan M. A. Gaikwad, "Water Quality Monitoring System Based on IOT," *Advances in Wireless and Mobile Communications*, vol. 10, no. 5, hlm. 1107–1116, 2017.
- [16] R. P. Buck dkk., "The Measurement of pH-Definition, Standards and Procedures," 2001.
- [17] P. N. Safiroh dkk., "Sistem Pengendalian Kadar PH dan Penyiraman Tanaman Hidroponik Model Wick System," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 10, no. 1, hlm. 17–23, Jan 2022.
- [18] E. Nurazizah dkk., "Rancang Bangun Termometer Digital Berbasis Sensor DS18B20 Untuk Penyandang Tunanetra," dalam *e-Proceeding of Engineering*, Universitas Telkom, Des 2017, hlm. 3294–3301.
- [19] L. Louis, "Working Principle of Arduino and Using it as a Tool for Study and Research," *International Journal of Control, Automation, Communication and Systems*, vol. 1, no. 2, hlm. 21–29, Apr 2016, doi: 10.5121/ijcacs.2016.1203.

- [20] J. Arifin, L. Natalia Zulita, dan Hermawansyah, “Perancangan Murottal Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega 2560,” *Jurnal Media Infotama*, vol. 12, no. 1, hlm. 89–97, Feb 2016.
- [21] S. Mulyono dkk., “Implementasi MQTT untuk Pemantauan Suhu dan Kelembaban pada Laboratorium,” *Jurnal Transistor Elektro dan Informatika*, vol. 3, no. 3, hlm. 140–144, Des 2018.
- [22] K. Charlie dkk, “Analisis Performa Load Balancing Pada Broker MQTT Menggunakan Algoritma Round Robin,” *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 9, hlm. 2902–2908, Sep 2018.
- [23] S. Mulyono dkk., “Penggunaan Node-RED pada Sistem Monitoring dan Kontrol Green House berbasis Protokol MQTT,” *Jurnal Transistor Elektro dan Informatika*, vol. 3, no. 1, hlm. 31–44, Mei 2018.
- [24] A. Wagyana dkk., “Rancang Bangun Dashboard Untuk Prototipe Modul Latih Internet of Things Berbasis Flow-Based Programming,” dalam *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat*, 2017, hlm. 149–154.
- [25] I. A. Rozaq dan N. Y. D. Setyaningsih, “Karakterisasi dan Kalibrasi Sensor pH Menggunakan Arduino Uno,” dalam *Prosiding SENDI_U*, 2018, hlm. 244–247.
- [26] L. D. Jones dan A. F. Chin, *Electronics Instruments and Measurements*, 2 ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1991, hlm. 7–10.