

**TELEMONITORING KUALITAS AIR PADA KERAMBA JARING  
APUNG DENGAN PARAMETER *POWER OF HYDROGEN* DAN *TOTAL  
DISSOLVED SOLID***

**(Skripsi)**

**Oleh**

**Jihan Puspita  
1917041088**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

## ABSTRAK

### TELEMONITORING KUALITAS AIR PADA KERAMBA JARING APUNG DENGAN PARAMETER *POWER OF HYDROGEN* DAN *TOTAL DISSOLVED SOLID*

Oleh

Jihan Puspita

Penelitian ini mengimplementasikan telemonitoring kualitas air pada keramba jaring apung dengan parameter *Power of Hydrogen* (pH) dan *Total Dissolved Solid* (TDS) berbasis *Internet of Things (IoT)*. Sistem ini menggunakan dua sensor, yaitu sensor pH E-201C dan sensor TDS DFRobot, untuk mengukur tingkat keasaman dan jumlah padatan terlarut dalam air. Pengujian sensor pH E-201C dilakukan dengan menggunakan variasi sampel HCl dan sampel NaOH yang berbeda-beda molaritasnya. Pengujian sensor TDS DFRobot dilakukan dengan menggunakan sampel tanah dengan variasi berat yang berbeda-beda. Setelah itu, kedua sensor dihubungkan ke mikrokontroler yang akan mengirimkan data ke *platform ThingsBoard*. Alat ini dapat bekerja dengan baik dengan nilai *error* sensor pH sebesar 2,41% dan akurasi 97,59%, sedangkan sensor TDS memiliki *error* sebesar 2,64% dan akurasi 97,36%. Kedua sensor ini telah terkalibrasi dengan baik dan menghasilkan data *real-time* yang dapat membantu dalam pemantauan dan pengelolaan kualitas air di keramba jaring apung secara efisien. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kualitas air pada keramba jaring apung pH berkisar antara 6,02 hingga 7,58 dan padatan terlarut berkisar antara 180 ppm hingga 240 ppm. Berdasarkan hasil tersebut pH dan TDS berada dalam kisaran baik sesuai Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

**Kata kunci:** telemonitoring, kualitas air, keramba jaring apung, pH, padatan terlarut.

## **ABSTRACT**

### **TELEMONITORING OF WATER QUALITY IN FLOATING NET CAGES WITH POWER OF HYDROGEN AND TOTAL DISSOLVED SOLID PARAMETERS**

**By**

**Jihan Puspita**

This research implements water quality telemonitoring in floating net cages with the parameters of Power of Hydrogen (pH) and Total Dissolved Solid (TDS) based on the Internet of Things (IoT). This system uses two sensors, namely the E-201C pH sensor and the DFRobot TDS sensor, to measure the acidity level and the amount of dissolved solids in water. The E-201C pH sensor test was carried out using a variety of HCl samples and NaOH samples with different molarities. The DFRobot TDS sensor test was conducted using soil samples with different weight variations. After that, both sensors are connected to the microcontroller which will send data to the ThingsBoard platform. This tool can work well with a pH sensor error value of 2.41% and 97.59% accuracy, while the TDS sensor has an error of 2.64% and 97.36% accuracy. Both sensors have been well calibrated and produce real-time data that can help in monitoring and managing water quality in floating net cages efficiently. The results of this study showed that the water quality in the floating net cages pH ranged from 6.02 to 7.58 and dissolved solids ranged from 180 ppm to 240 ppm. Based on these results, pH and TDS are in the good range according to Government Regulation of the Republic of Indonesia Number 22 of 2021 concerning the implementation of Environmental Protection and Management.

**Keyword:** telemonitoring, water quality, floating net cages, pH, dissolved solids.

**TELEMONITORING KUALITAS AIR PADA KERAMBA JARING  
APUNG DENGAN PARAMETER *POWER OF HYDROGEN* DAN *TOTAL  
DISSOLVED SOLID***

**Oleh**

**Jihan Puspita**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar  
SARJANA SAINS**

**Pada**

**Jurusan Fisika**

**Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

Judul Skripsi : Telemonitoring Kualitas Air pada Keramba Jaring Apung dengan Parameter *Power of Hydrogen* dan *Total Dissolved Solid*

Nama Mahasiswa : Jihan Puspita

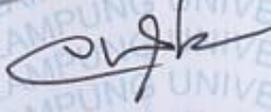
Nomor Pokok Mahasiswa : 1917041088

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



  
Dr. Sri Wahyu Suciwati, S.Si., M.Si.  
NIP. 197108291997032001

  
Humairoh Ratu Ayu, S.Pd., M.Si.  
NIP. 199011252019032018

2. Ketua Jurusan Fisika

  
Dr. Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.  
NIP. 198010102005011002

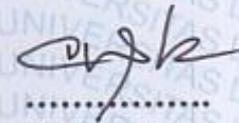
**MENGESAHKAN**

**1. Tim penguji**

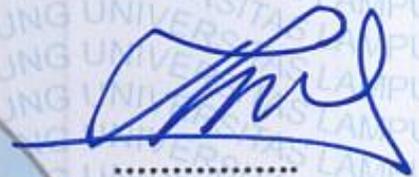
**Ketua : Dr. Sri Wahyu Suciyati, S.Si., M.Si.** .....



**Sekretaris : Humairoh Ratu Ayu, S.pd., M.Si.** .....



**Penguji  
Bukan Pembimbing : Drs. Amir Supriyanto, M.Si.** .....



**2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.**  
NIP: 197110012005011002

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 16 Juli 2024**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepengetahuan saya tidak ada karya atau 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 pula 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, 01 Juli 2024



**Jihan Puspita**  
NPM.1917041088

## RIWAYAT HIDUP



Jihan Puspita lahir di Bandar Lampung pada tanggal 14 Juli 2001. Penulis merupakan anak kedua dari 3 bersaudara dari pasangan Bapak Alm. Hasanul Majid dan Ibu Sri Wahyuningsih. Penulis menyelesaikan pendidikan di TK Al-Irsyad Al-Islamiyyah pada tahun 2007, SDN 5 Bumi Waras pada tahun 2013, SMPN 9 Bandar Lampung pada tahun 2016, dan SMA YP UNILA pada tahun 2019. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN tahun 2019.

Selama menempuh pendidikan di Universitas Lampung, penulis pernah menjadi *volunteer digital campaign* di Thrist Project Indonesia pada tahun 2020. Penulis juga mengikuti Program Pertukaran Mahasiswa Merdeka (PPMM) pada Semester Ganjil Tahun Akademik 2021/2022. Penulis juga mengikuti Program Kredensial Mikro Mahasiswa Indonesia (KMMI) tahun 2021.

Penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Pusat Riset Antariksa Organisasi Riset Penerbangan dan Antariksa Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Bandung, Jawa Barat, dengan judul “Simulasi dan Analisis Pembuatan Antena *Cassegrain* dengan Frekuensi 6.7 GHz untuk Teleskop Radio Di Observatorium Nasional Timau”. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat penuh penulis ikuti dalam program Kuliah Kerja Nyata Universitas Lampung tahun 2022 di Desa Sidomakmur, Kecamatan Melinting, Kabupaten Lampung Timur. Penulis melaksanakan penelitian untuk menyusun skripsi dengan judul **“Telemonitoring Kualitas Air pada Keramba Jaring Apung dengan Parameter *Power of Hydrogen* dan *Total Dissolved Solid*”**

## **MOTTO**

*“ Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”*

(Q.S. Al Baqarah:286)

*“I gave my blood, sweat, and tears for this”*

(Taylor Swift)

## **PERSEMBAHAN**

**Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT, kupersembahkan skripsi ini  
kepada :**

### *Kedua Orangtuaku*

Alm. Ayah Hasanul Majid dan Ibu Sri Wahyuningsih  
Yang telah membesarkan dan mendidikku, terima kasih atas cinta, dukungan,  
dan doa tiada henti.

### *Kakak dan Adikku*

Febiola Agatha dan Tiara Amelia  
Yang telah memberikan dukungan dan semangat

### *Bapak/Ibu Dosen FISIKA FMIPA UNILA*

Terima kasih telah memberikan bekal ilmu pengetahuan, nasihat, dan saran yang  
membangun kepadaku

### *Almamater Tercinta*

Universitas Lampung

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT. Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Telemonitoring Kualitas Air pada Keramba Jaring Apung dengan Parameter *Power of Hydrogen* dan *Total Dissolved Solid***”. Dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih terdapat kesalahan dan masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun penulis harapkan untuk memperbaiki skripsi ini. Semoga skripsi ini bermanfaat bukan hanya untuk penulis, tapi juga untuk para pembaca.

Bandar Lampung, 01 Juli 2024

Penulis

## SANWACANA

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Telomonitoring Kualitas Air pada Keramba Jaring Apung dengan Parameter *Power of Hydrogen* dan *Total Dissolved Solid*”. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari tidak sedikit hambatan dan kesulitan yang dihadapi, namun berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Sri Wahyu Suciwati, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing, memberikan ilmu dan mengarahkan dalam proses penyusunan skripsi.
2. Ibu Humairoh Ratu Ayu, S.Pd., M.Si. selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing, memberikan ilmu, motivasi serta arahan dalam proses penyusunan skripsi.
3. Bapak Drs. Amir Supriyanto, M.Si. selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan saran dan masukan sehingga penulisan skripsi ini menjadi lebih baik.
4. Bapak Iqbal Firdaus, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang senantiasa memberikan bimbingan dan arahan selama masa perkuliahan.
5. Bapak Dr. Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T. selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung
6. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.
7. Bapak/Ibu Dosen Jurusan Fisika atas segala ilmu yang telah diberikan selama penulis menjadi mahasiswa Universitas Lampung.

8. Para Staff dan karyawan Jurusan Fisika yang telah membantu penulis memenuhi kebutuhan administrasi dan lainnya selama menjalani perkuliahan di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.
9. Alm. Ayah Hasanul Majid, Ibu Sri Wahyuningsih, Kakakku Febiola Agatha dan Adikku Tiara Amelia yang senantiasa memberikan kasih sayang, semangat, dan doa kepada penulis.
10. Ibu Hilma Putri Fidyandini, S.Pi., M.Si. Yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian.
11. Rekan Penelitian Bernitha Putri Liano yang saling memberi semangat dan selalu membantu dalam menyelesaikan penelitian.
12. Adhito Dwi Danendra yang telah memberikan motivasi, bantuan dan semangat kepada penulis.
13. Teman-teman seperjuangan Rifki Mohammad Kurniawansyah, Afifah Zahro, Parikesit Asya Billhaque, Nadya Olivia Kaban, dan Miranti Adelia yang telah memberikan bantuan dan semangat kepada penulis selama menyelesaikan studi.
14. Seluruh mahasiswa/i Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung angkatan 2019, yang telah bersama-sama menjalani perkuliahan.

Bandar Lampung, 30 Juni 2024  
Penulis

Jihan Puspita

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>COVER DALAM</b> .....	<b>.iii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>.iv</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>PERNYATAAN</b> .....	<b>.vi</b>
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	<b>vii</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>.viii</b>
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	<b>.ix</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>x</b>
<b>SANWACANA</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xviii</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	4
1.3    Tujuan Penelitian .....	4
1.4    Manfaat Penelitian .....	5
1.5    Batasan Masalah .....	5
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1    Penelitian Terkait .....	6
2.2    Dasar Teori .....	8
2.2.1    Lingkungan Hidup Ikan Nila .....	8
2.2.2    Sensor <i>Power of Hydrogen (pH)</i> .....	10
2.2.3    ESP 32 .....	14

2.2.4	Sensor <i>Total Dissolved Solids</i> (TDS) .....	15
2.2.5	Panel Surya.....	19
2.2.6	<i>Software</i> Arduino IDE.....	21
2.2.7	<i>Internet of Things</i> (IoT).....	23
2.2.8	Protokol <i>Message Queuing Telemetry Transport</i> (MQTT).....	25
2.2.9	<i>ThingsBoard</i> .....	27
<b>III. METODE PENELITIAN</b>		
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	28
3.2	Alat dan Bahan .....	29
3.3	Tahapan Penelitian .....	30
3.3.1	Perancangan Perangkat Keras ( <i>Hardware</i> ) .....	31
3.3.1.1	Rangkaian ESP32 dengan INPUT.....	32
3.3.1.2	Rangkaian ESP32 dengan Catu Daya .....	33
3.3.2	Perancangan Perangkat Lunak ( <i>Software</i> ) .....	35
3.3.2.1	Pembuatan Platform IoT <i>ThingsBoard</i> .....	37
3.3.3	Kalibrasi dan Pengujian .....	38
3.3.3.1	Pengujian Sensor pH E-201C.....	38
3.3.3.2	Pengujian Sensor <i>Total Dissolve Solid</i> (TDS) DFRobot .....	40
3.3.4	Pengambilan Data Uji Alat.....	42
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1	Perangkat Keras.....	45
4.1.1	Pengujian Perangkat Keras.....	45
4.2	Kalibrasi Sensor dan Pengujian Sensor.....	47
4.2.1	Kalibrasi dan Pengujian Sensor pH E-201C .....	47
4.2.2	Kalibrasi dan Pengujian Sensor TDS DFRobot .....	52
4.3	Perangkat Lunak ( <i>Software</i> ) <i>ThingsBoard</i> .....	56
4.3.1	Tampilan <i>Login ThingsBoard</i> .....	56
4.3.2	Koneksi WiFi dan Pengiriman Data ke <i>ThingsBoard</i> .....	57
4.3.2.1	Konfigurasi Koneksi <i>WiFi</i> .....	58
4.3.2.2	Pengiriman Data ke <i>platform ThingsBoard</i> .....	59
4.4	Pengambilan Data dan Analisis Telomonitoring Secara Keseluruhan .....	62

**V. SIMPULAN DAN SARAN**

5.1	Simpulan.....	69
5.2	Saran.....	69

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Hasil pembacaan Suhu, pH, dan kekeruhan .....	7
<b>Gambar 2.2</b>	Ikan Nila .....	9
<b>Gambar 2.3</b>	Ion Konsentrasi .....	10
<b>Gambar 2.4</b>	Skema elektroda kaca sensor pH .....	11
<b>Gambar 2.5</b>	Proses Pertukaran Ion $H^+$ .....	12
<b>Gambar 2.6</b>	Modul Sensor pH-4502C .....	13
<b>Gambar 2.7</b>	Skematik Sensor pH. ....	13
<b>Gambar 2.8</b>	Probe sensor pH E-201C .....	14
<b>Gambar 2.9</b>	Pinout ESP32 .....	15
<b>Gambar 2.10</b>	Prinsip Kerja Sensor TDS .....	16
<b>Gambar 2.11</b>	Modul Sensor TDS DFRobot .....	17
<b>Gambar 2.12</b>	Skematik Sensor TDS DFRobot .....	18
<b>Gambar 2.13</b>	Sensor TDS DFRobot .....	18
<b>Gambar 2.14</b>	Prinsip Kerja Solar Panel .....	20
<b>Gambar 2.15</b>	Tampilan sketch Arduino IDE .....	22
<b>Gambar 2.16</b>	Karakteristik IoT .....	23
<b>Gambar 2.17</b>	Arsitektur publish dan subscriber pada MQTT .....	26
<b>Gambar 2.18</b>	Logo Thingsboard .....	27
<b>Gambar 3.1</b>	Diagram Alir Penelitian .....	30
<b>Gambar 3.2</b>	Diagram Blok Telemonitoring .....	31
<b>Gambar 3.3</b>	Rangkaian ESP32 dengan sensor pH E-201C .....	32
<b>Gambar 3.4</b>	Rangkaian ESP32 dengan sensor TDS Meter DFRobot .....	33
<b>Gambar 3.5</b>	Rangkaian ESP32 dengan Catu Daya .....	33
<b>Gambar 3.6</b>	Rangkaian Keseluruhan Perangkat Keras .....	34

<b>Gambar 3.7</b>	Desain Alat Monitoring.....	35
<b>Gambar 3.8</b>	Diagram Alir Perangkat Lunak (Software) .....	36
<b>Gambar 3.9</b>	Tampilan Dashboard Monitoring Melalui Komputer .....	37
<b>Gambar 3.10</b>	Tampilan Dashboard Melalui Smartphone.....	38
<b>Gambar 3.11</b>	Rancangan Grafik Perbandingan ADC sensor pH dengan alat ukur.....	39
<b>Gambar 3.12</b>	Rancangan Grafik Perbandingan pada ADC sensor TDS dengan alat ukur.....	41
<b>Gambar 3.13</b>	Rancangan Grafik pH terhadap Waktu.....	43
<b>Gambar 3.14</b>	Rancangan Grafik TDS terhadap Waktu .....	44
<b>Gambar 4.1</b>	Rangkaian alat monitoring tampak dalam.....	46
<b>Gambar 4.2</b>	Rangkaian alat monitoring tampak luar .....	46
<b>Gambar 4.3</b>	Grafik pengujian sinyal ADC keluaran sensor pH E-201C terhadap pH Meter . .....	48
<b>Gambar 4.4</b>	Pengujian Sensor pH pada Larutan HCl .....	50
<b>Gambar 4.5</b>	Pengujian Sensor pH pada Larutan NaOH.....	50
<b>Gambar 4.6</b>	Grafik pengujian sinyal ADC keluaran sensor TDS DFRobot terhadap TDS Meter EZ-9909 .....	53
<b>Gambar 4.7</b>	Pengujian sensor TDS untuk nilai padatan terlarut.....	54
<b>Gambar 4.8</b>	Tampilan login pengguna.....	56
<b>Gambar 4.9</b>	Realisasi telemonitoring secara keseluruhan .....	62
<b>Gambar 4.10</b>	Hasil pengukuran parameter kualitas air pada platform ThingsBoard .....	64
<b>Gambar 4.11</b>	(a) Grafik pH Hari-1 (b) Grafik pH Hari-2.....	65
<b>Gambar 4.12</b>	(a) Grafik Padatan Terlarut Hari-1 (b) Grafik Padatan Terlarut .....	67

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b>	Spesifikasi E-201C .....	14
<b>Tabel 2.2</b>	Spesifikasi sensor TDS DFRobot .....	18
<b>Tabel 3.1</b>	Rancangan Jadwal Penelitian .....	27
<b>Tabel 3.2</b>	Alat-alat Penelitian.....	28
<b>Tabel 3.3</b>	Bahan-bahan penelitian .....	28
<b>Tabel 3.4</b>	Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian .....	28
<b>Tabel 3.5</b>	Pengalamatan sensor pH E-201C .....	32
<b>Tabel 3.6</b>	Pengalamatan sensor TDS Meter DFRobot V1 .....	32
<b>Tabel 3.7</b>	Sambungan Pin ESP32 dan Komponen Penunjang .....	33
<b>Tabel 3.8</b>	Data Pengujian ADC Sensor pH E-201C terhadap pH meter.....	39
<b>Tabel 3.9</b>	Data Pengujian Sensor pH E-201C terhadap pH Meter .....	40
<b>Tabel 3.10</b>	Data Pengujian ADC Sensor TDS terhadap TDS Meter EZ-9909 .....	41
<b>Tabel 3.11</b>	Data Pengujian Sensor TDS Meter DFRobot terhadap TDS Meter EZ-9909.....	42
<b>Tabel 3.14</b>	Hasil Pengujian Alat Secara Keseluruhan .....	44
<b>Tabel 4.1</b>	Uji nilai ADC sensor pH E-201C dengan pH meter.....	48
<b>Tabel 4.2</b>	Hasil Pengujian Sensor pH E-201C dengan pH Meter menggunakan larutan HCl dan NaOH .....	51
<b>Tabel 4.3</b>	Uji nilai ADC sensor TDS DFRobot dengan TDS Meter EZ-9909 .....	52
<b>Tabel 4.4</b>	Hasil Pengujian Sensor TDS DFRobot dengan TDS Meter EZ-9909 .....	55

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia terletak di garis khatulistiwa dengan iklim tropis dengan curah hujan rata-rata 2000-3000 mm per tahun. Curah hujan yang relatif tinggi, debit air permukaan danau-danau di Indonesia selalu mencukupi sepanjang tahun, sehingga danau-danau di Indonesia dimanfaatkan oleh penduduk setempat tidak hanya sebagai tempat wisata tetapi juga sebagai tempat budidaya ikan keramba jaring apung (KJA) (Efendi, 2022). Danau Ranau merupakan danau terluas kedua di Sumatera, dari total luas danau seluas 12.623 hektar, sekitar 22% atau 2.700 hektar secara administratif masuk dalam wilayah Kecamatan Lumbok Seminung, Lampung Barat. Eksistensi Danau Ranau semakin berkembang pesat dengan adanya kegiatan budidaya perikanan menggunakan Keramba Jaring Apung (KJA). Hingga 600 unit KJA membuat tingkat ekonomi menjadi sangat signifikan. Sebagian besar jenis ikan yang dipelihara di Danau Ranau adalah ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dan ikan mas (*Cyprinus Carpio*) (Radarlambar, 2020).

Budidaya ikan merupakan salah satu kegiatan utama masyarakat Indonesia. Salah satunya yang paling banyak dibudidaya adalah ikan nila. Tingginya respon masyarakat terhadap ikan nila membuatnya mendapat julukan “*chicken fish*”, ikan yang banyak dimakan oleh masyarakat, seperti halnya ayam (Samad *et al.*, 2022). Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) atau juga yang dikenal sebagai ikan tilapia merupakan salah satu spesies ikan air tawar yang memiliki nilai ekonomis cukup besar di beberapa wilayah Asia, termasuk Indonesia (Wibowo dkk., 2021). Besarnya permintaan pasar meningkatkan peluang pemasaran ikan nila, karena itu masyarakat memelihara ikan nila KJA (Handayani dkk., 2020).

Budidaya ikan nila dengan sistem keramba jaring apung (KJA) memiliki prospek yang baik untuk meningkatkan laju pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan nila (Lama dkk., 2017). Semula tidak banyak masalah saat ikan dibudidayakan dalam Keramba Jaring Apung (KJA) di danau. Hal yang rutin terjadi adalah *upwelling* (pengadukan dasar perairan) yang bisa mematikan berton-ton ikan dalam waktu singkat (Elisdiana dkk., 2022). *Upwelling* juga menyebabkan kematian massal ikan nila dalam jumlah besar terjadi di Danau Ranau, Lampung Barat (Kanafi, 2023).

Peran *upwelling* dapat berkontribusi pada terjadinya pencemaran perairan, yang dapat menyebabkan dampak negatif pada organisme perairan, termasuk ikan-ikan budidaya, dan kesehatan lingkungan perairan secara keseluruhan, sehingga dapat mempengaruhi kualitas air (Anrosana dan Gemaputri, 2017). Kualitas air yang baik berperan penting dalam mendukung kehidupan biota air (Muhtadi dkk., 2017). pH adalah parameter penting yang harus dipantau di dalam keramba ikan karena perubahan pH air sangat mempengaruhi kualitas air untuk ikan nila. Ketika pH air berada pada tingkat yang terlalu rendah atau tinggi, hal ini dapat menyebabkan air menjadi terlalu asam atau terlalu basa, dan hal ini berpotensi mengganggu pertumbuhan ikan bahkan bisa berujung pada kematian ikan yang sedang dibudidayakan (Fauzia dan Suseno, 2020). Selain itu, parameter *Total Dissolved Solids* (TDS) juga memiliki peran krusial dalam pemantauan ikan karena dampaknya yang besar terhadap kualitas air dan kesehatan ikan. Melalui pemantauan TDS dapat membantu petani ikan menjaga kondisi kualitas air yang optimal untuk ikan nila. Fluktuasi dalam tingkat TDS memberikan petunjuk penting tentang perubahan dalam komposisi air, yang memiliki potensi untuk memengaruhi kesehatan dan pertumbuhan ikan. Monitoring kualitas air danau juga penting sebagai dasar dalam pengambilan kebijakan pengelolaan sumber daya air (Lihawa dan Mahmud, 2017).

Selama ini, upaya *monitoring* kualitas air untuk ikan nila di danau Ranau masih dilakukan dengan cara manual dan dilakukan sebulan sekali. Menurut Pamungkas (2017), masih banyak instansi pengelolaan lingkungan yang masih mengandalkan

metode manual dalam pemantauan kualitas air. Menurut Ramadhawati dkk. (2021), pemantauan kualitas air secara manual memiliki beberapa kekurangan diantaranya membutuhkan waktu yang lama, biaya yang besar serta jarak yang jauh antara lokasi pengambilan sampel dengan laboratorium analisisnya. Pemantauan kualitas air secara manual tidak dianjurkan untuk mendapatkan informasi tentang kondisi kualitas air dengan cepat. Oleh karena itu, untuk mengatasi masalah tersebut dibutuhkan suatu alat untuk memonitoring kualitas air ikan nila secara *real time* berbasis IoT (*Internet of Things*) yang nantinya dapat memberikan data kualitas air secara lebih tepat.

Penelitian tentang monitoring kualitas air untuk budidaya ikan telah dilakukan sebelumnya. Rahayu dkk. (2017) telah berhasil membuat monitoring daya dukung dan status mutu air keramba jaring apung di waduk riam kanan. Penelitian tersebut mengambil sampel air dari waduk riam kanan dan mengumpulkan data kualitas air dengan mengukur parameter pH, DO, kecerahan dan suhu. Namun pada penelitian masih menggunakan metode manual tanpa menggunakan mikrokontroler sehingga terbatasnya kemampuan pengumpulan data. Maka dari itu, disarankan menggunakan mikrokontroler sehingga kemampuan untuk mengatasi lebih banyak data dalam jangka waktu tertentu, mikrokontroler ESP 32 dilengkapi dengan modul *wifi* sehingga memungkinkan untuk menyimpan data dalam basis data online dan *real time*. Penelitian lain tentang sistem monitoring kualitas air dilakukan oleh Wahyuni *et al.* (2020). Penelitian tersebut telah merancang sistem monitoring kualitas tambak ikan melalui jaringan GSM dan SMS Gateway menggunakan *smartphone android*. Hasil data penelitian tersebut dikirimkan melalui jaringan GSM ke nomor *smartphone* yang telah ditentukan sebelumnya, sehingga data yang diterima adalah berupa SMS. Namun, sistem ini tidak bersifat *real time* karena data diterima dalam bentuk pesan teks (SMS) dan mungkin membutuhkan waktu tertentu untuk sampai ke ponsel penerima. Ega Pahlawi dan Kurniawan (2020) telah berhasil membuat sistem monitoring kualitas pH air keramba ikan berbasis Arduino. Sensor pH akan mendeteksi dan memproses data melalui mikrokontroler Arduino Uno Mikrokontroler ATmega 328, dan akan ditampilkan melalui LCD dengan LED sebagai indikator jika

kondisi pH air berubah. Namun, penelitian ini hanya menggunakan satu parameter saja, dan penelitian ini masih belum berbasis IoT (*Internet of Things*) sehingga tidak memungkinkan untuk memantau dan mengakses data secara *real time* dari jarak jauh.

Berdasarkan pemaparan tersebut, maka pada penelitian telemonitoring ini akan menggunakan sensor pH E201-C untuk mengukur nilai pH dan sensor TDS DFRobot untuk mengukur konsentrasi atau tingkat padatan terlarut di dalam keramba. Penggunaan kedua sensor dalam penelitian ini dapat memberikan informasi yang penting tentang kualitas air ikan nila di dalam keramba, yang berperan penting dalam pemantauan dan pengelolaan lingkungan untuk budidaya ikan. Data yang dihasilkan oleh sensor pH E201-C dan sensor TDS DFRobot ini diproses menggunakan mikrokontroler ESP32, data dari sensor akan dikirimkan ke web server *Thingsboard* dengan menggunakan *protocol Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT). Hal ini memungkinkan pemantau dan pengelolaan data secara *real time*.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana merancang telemonitoring kualitas air keramba jaring apung dengan parameter pH dan TDS ?
2. Bagaimana tingkat akurasi pengukuran telemonitoring kualitas air keramba jaring apung dengan parameter pH dan TDS ?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang telemonitoring kualitas air keramba jaring apung dengan parameter pH dan TDS.
2. Menganalisis tingkat akurasi pengukuran dari telemonitoring kualitas air keramba jaring apung berbasis IoT untuk mengetahui nilai *error* dan akurasi dari alat yang dibuat.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah terwujudnya telemonitoring yang memudahkan proses pengecekan parameter dengan mudah dan memberikan informasi kualitas air secara *real-time*. Dengan adanya telemonitoring ini, dapat mengetahui perubahan kualitas air keramba jaring apung dan mengambil tindakan penanganan yang cepat dan tepat guna memperbaiki kondisi air. Dengan demikian, penelitian ini akan membantu dalam meningkatkan efisiensi pengelolaan keramba jaring apung ikan nila dan menjaga kualitas air yang optimal untuk pertumbuhan dan kesehatan ikan nila.

#### 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pengukuran kualitas air dilakukan pada keramba jaring apung ikan nila (*Oreochromis niloticus*) di Danau Ranau, Lampung Barat.
2. Parameter kualitas air yang diukur yaitu pH dan padatan terlarut yang berada di keramba jaring apung.
3. Sensor yang akan digunakan yaitu sensor pH E201-C dan sensor TDS DFRobot
4. Menggunakan solar panel 20 WP
5. Mikrokontroler yang digunakan adalah NodeMCU ESP32.
6. Menggunakan *platform Thingsboard* untuk menerima dan menampilkan informasi tentang kualitas air keramba jaring apung ikan nila secara *real time*.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terkait

Penelitian tentang monitoring daya dukung dan status mutu air kegiatan budidaya keramba jaring apung di waduk riam kanan telah dilakukan sebelumnya oleh Rahayu dkk. (2017). Penelitian tersebut dilakukan untuk mengantisipasi dampak negatif budidaya keramba jaring apung dengan menjaga daya dukung dan menganalisis mutu air perairan. Pada penelitian tersebut menggunakan sensor pH, sensor DO, *secchi disk*, termometer. Prinsip kerja sistem monitoringnya yaitu mengambil sampel air dari waduk riam kanan, mengumpulkan data kualitas air dengan mengukur parameter seperti pH, DO, kecerahan, dan suhu. Setelah itu membandingkan data pengukuran atau pengujian dari setiap parameter air dengan standar mutu yang sesuai dengan kelas air. Dari hasil penelitian tersebut diketahui rerata suhu tertinggi terdapat pada yaitu ( $30,7^{\circ}\text{C}$ ) dan terendah ( $27,633^{\circ}\text{C}$ ), rerata kecerahan tertinggi yaitu (180 cm) dan terendah yaitu (106,0 cm), parameter nilai pH tertinggi (8,153) dan terendah (7,940), rerata DO tertinggi (5,513 mg/l) dan (2,903 mg/l). Sistem ini memiliki kelemahan karena masih menggunakan metode manual dan tidak menggunakan mikrokontroler, sehingga data yang diperoleh terbatas dan tidak dapat melakukan monitoring *real time*.

Penelitian lain tentang sistem monitoring kualitas air dilakukan oleh Wahyuni *et al.* (2020). Penelitian tersebut telah merancang sistem monitoring kualitas air tambak ikan melalui jaringan GSM dan SMS *Gateway* menggunakan *smartphone android*. Penelitian tersebut bertujuan untuk memberikan kemudahan kepada petani jaring apung di Sungai Citarum dalam melakukan pemantauan tambak ikan walaupun dari jarak jauh melalui jaringan GSM. Prinsip kerja monitoring ini, alat akan membaca data suhu melalui sensor suhu untuk memantau suhu air,

membaca data pH melalui sensor pH, dan menggunakan kamera yang terpasang pada Raspberry Pi untuk mengambil gambar dan menganalisis tingkat kekeruhan air. Apabila ada pesan SMS yang diterima modul GSM, Arduino Uno akan memeriksa konten pesan yang diterima. Jika pesan tersebut memenuhi kriteria trigger yang telah ditentukan, yaitu

kata “STATUS”, maka Arduino Uno akan melakukan pengukuran suhu dan pH air, sedangkan Raspberry melakukan pengukuran tingkat kekeruhan air. setelah berhasil mendapatkan hasil tingkat kekeruhan, Raspberry akan mengirimkan hasil pembacaan tersebut ke Arduino Uno melalui koneksi serial. Setelah semua hasil terkumpul, langkah berikutnya adalah mengirimkan hasil pembacaan tersebut melalui jaringan GSM ke nomor *smartphone* yang telah ditentukan sebelumnya. Namun, jika ada SMS yang masuk dengan konten selain kata "STATUS", SMS tersebut akan diabaikan dan tidak diproses. Hasil pembacaan suhu, pH, dan kekeruhan menggunakan jaringan GSM ditunjukkan pada **Gambar 2.1**.



**Gambar 2.1** Hasil pembacaan Suhu, pH, dan kekeruhan (Wahyuni *et al.*, 2020).

Penelitian ini memiliki kekurangan yaitu tidak menggunakan metode *real time* sehingga terdapat keterbatasan dalam jumlah data yang dapat dikirim melalui SMS. Selain itu, sistem monitoring melalui SMS *gateway* memiliki keterbatasan dalam fitur, terutama dalam kemampuan analisis data yang mendalam dan presentasi informasi yang terbatas hanya dalam bentuk pesan teks. Hal ini dapat membatasi pemahaman yang lebih mendalam tentang kondisi air tambak.

Penelitian tentang sistem monitoring kualitas air keramba ikan dilakukan oleh Ega Pahlawi dan Kurniawan (2020) membuat sistem monitoring kualitas pH air

keramba ikan berbasis Arduino. Penelitian tersebut dilakukan untuk memonitor kualitas air di Telaga Ngebel, Kabupaten Ponorogo. Prinsip kerja dari sistem ini adalah ketika sensor pH dimasukkan ke dalam keramba ikan, sensor akan mendeteksi dan memproses data melalui mikrokontroler Arduino Uno. Penampilan proses kerja sistem akan ditampilkan pada LCD, lalu LED digunakan sebagai indikator saat kondisi pH air berubah. Jika kadar pH antara 5-9 maka tampilan LCD “kadar pH normal”, jika kadar pH  $\leq 4,9$  maka tampilan LCD “kadar pH rendah” dan LED akan menyala sesuai warna modul sim 8001 akan mengirimkan sms. Selanjutnya, jika kadar pH  $\geq 9,1$  maka tampilan LCD “kadar pH tinggi” dan LED akan menyala sesuai, dan modul sim 8001 akan mengirimkan sms. Penelitian ini memiliki beberapa kekurangan, seperti hanya satu parameter saja, dan juga belum berbasis IoT sehingga tidak memungkinkan untuk memantau dan mengakses data secara *real time* dari jarak jauh.

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Lingkungan Hidup Ikan Nila

Ikan nila adalah sekelompok ikan yang hidup di daerah subtropis hingga tropis, berasal dari Afrika dan bagian barat daya Timur Tengah. Spesies ikan ini pertama kali ditemukan di sekitar sungai Nil pada zaman Mesir kuno sekitar 4.000 tahun yang lalu. Di Indonesia, ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan salah satu komoditas perikanan yang bernilai tinggi. Masyarakat Indonesia sering menyebutnya sebagai ikan nila, nama ini berasal dari kata "nil" yang mengacu pada sungai Nil sebagai tempat asal ikan ini (Dailami dkk., 2021). Gambar ikan nila ditunjukkan pada **Gambar 2.2**.



**Gambar 2.2** Ikan Nila (Soetjipto dkk., 2019).

Kualitas air ikan nila harus diperhatikan karena berpengaruh untuk kelangsungan hidup dan pertumbuhannya (Pramleonita dkk., 2018). Kadar keasaman (pH) yang tidak sesuai dapat mengakibatkan ikan mengalami stress, lebih rentan terhadap penyakit, dan mengakibatkan produktivitas serta pertumbuhan ikan menurun (Nurazizah *et al.*, 2021).

Konsentrasi *Total Dissolved Solids* (TDS) dalam air adalah faktor penting yang memengaruhi kesehatan ekosistem akuatik. Kadar TDS yang tinggi bisa disebabkan oleh peningkatan aktivitas ikan, sisa makanan dan produk sisa metabolisme ikan (Nurazizah *et al.*, 2021). Jika konsentrasi TDS terlalu tinggi, hal ini dapat menyebabkan kematian pada ikan dan menyebabkan pertumbuhan alga yang berlebihan. Sebaliknya, tingkat TDS yang rendah dalam air juga berdampak pada pertumbuhan ikan (Makerfabs, 2021).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, nilai pH (derajat keasaman) untuk ikan air tawar yaitu 6-9, TDS tidak boleh melebihi 1000 ppm, oksigen terlarut 3 mg/l. Selain itu, menurut Dailami dkk. (2021) suhu ideal berkisar antara 14 °C hingga 38 °C.

### 2.2.2 Sensor *Power of Hydrogen* (pH)

pH adalah sebuah pengukuran yang menggunakan skala logaritmik untuk menentukan konsentrasi ion hidrogen ( $H^+$ ) dalam sebuah larutan. Dalam konteks kimia, pH digunakan untuk menunjukkan apakah suatu larutan bersifat asam atau basa. Skala pH memiliki rentang antara 0 hingga 14, dengan pH 7 dianggap sebagai netral. Jika pH kurang dari 7, itu menunjukkan bahwa larutan tersebut bersifat asam, sedangkan jika pH lebih dari 7, larutan tersebut bersifat basa. Semakin tinggi atau rendah nilai pH, semakin tinggi konsentrasi ( $H^+$ ) atau ( $OH^-$ ) (hidroksida) dalam larutan tersebut (Li *et al.*, 2019). Konsentrasi ion ( $H^+$ ) dan ( $OH^-$ ) pada berbagai tingkat pH ditunjukkan pada **Gambar 2.3**.

	pH	[H <sup>+</sup> ]	[OH <sup>-</sup> ]
	0	1.0	.000000000000001
	1	0.1	.0000000000001
	2	0.01	.000000000001
↑	3	0.001	.00000000001
ACIDIC	4	0.0001	.0000000001
	5	0.00001	.000000001
	6	0.000001	.00000001
	7	0.0000001	.0000001
Neutral	8	0.00000001	.000001
	9	0.000000001	.00001
	10	0.0000000001	.0001
BASIC	11	0.00000000001	.001
	12	0.000000000001	.01
	13	0.0000000000001	0.1
↓	14	0.00000000000001	1.0

**ION CONCENTRATION, MOL/L**

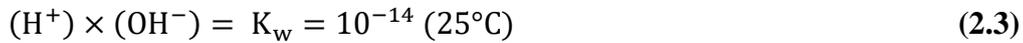
**Gambar 2.3** Ion Konsentrasi (Datasheet, 2010).

Konsep pH digunakan sebagai cara alternatif untuk menggambarkan konsentrasi ion hidrogen dalam larutan. Dalam larutan air, hasil perkalian dari konsentrasi molar ion hidrogen dan ion hidroksida sama dengan suatu tetapan kesetimbangan air ( $K_w$ ). Mengetahui nilai dari konstanta dan konsentrasi ion hidrogen memungkinkan untuk menghitung konsentrasi ion hidroksida dan sebaliknya. Pada suhu 25°C, nilai  $K_w$  adalah  $10^{-14}$  dengan **Persamaan (2.3)** (Datasheet, 2010).

Acids:



Bases:

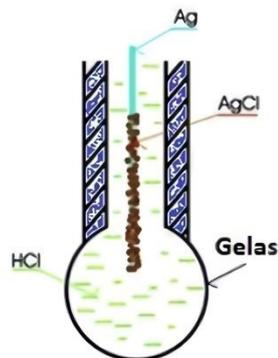


Pada dasarnya, pH mengukur tingkat keasaman atau kebasaan larutan dengan **Persamaan (2.4)**.

$$pH = -\log_{10}(H^+) \quad (2.4)$$

dengan  $H^+$  adalah konsentrasi ion hidrogen dalam mol/liter (Datasheet, 2010).

Sensor pH dirancang untuk mendeteksi ion Hidrogen ( $H^+$ ) menggunakan elektroda kaca tipis dan bulat yang diisi dengan larutan HCl (0,1 mol/dm<sup>3</sup>). Dalam larutan HCl ini, terdapat kawat perak yang dicelupkan sehingga membentuk kesetimbangan dengan senyawa AgCl. Keadaan setimbang ini memungkinkan terjadinya pertukaran ion hidrogen, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.4**.



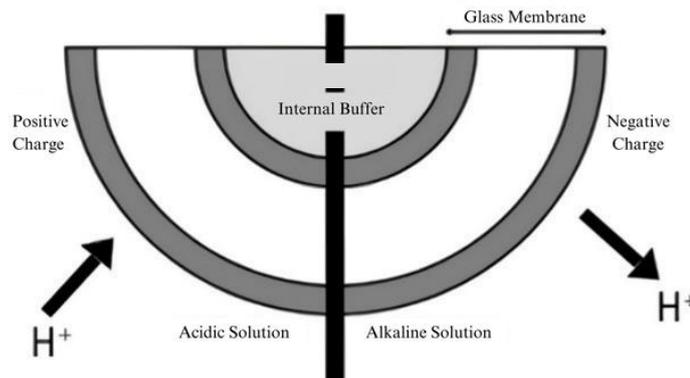
**Gambar 2.4** Skema elektroda kaca sensor pH (Suryono, 2018)

Pertukaran ion hidrogen dengan kandungan  $H_3O$  dari larutan sampel menghasilkan beda potensial antar elektroda (dinding kaca dan kawat perak) dengan **Persamaan 2.5**

$$E = \frac{RT}{2.303F} \log_{10}(H_3O^+) \quad (2.5)$$

Dengan  $E$  sebagai beda potensial (V),  $R$  sebagai konstanta molar gas (8,314 J/mol K),  $T$  sebagai suhu larutan (K),  $F$  sebagai konstanta Faraday (96485,3 C/mol) dan  $H_3O^+$  sebagai aktivitas ion dari sampel yang diukur (Suryono, 2018).

Inti sensor pH terdapat pada permukaan *bulb* kaca yang memiliki kemampuan untuk bertukar ion positif ( $H^+$ ) dengan larutan terukur seperti pada **Gambar 2.5**.

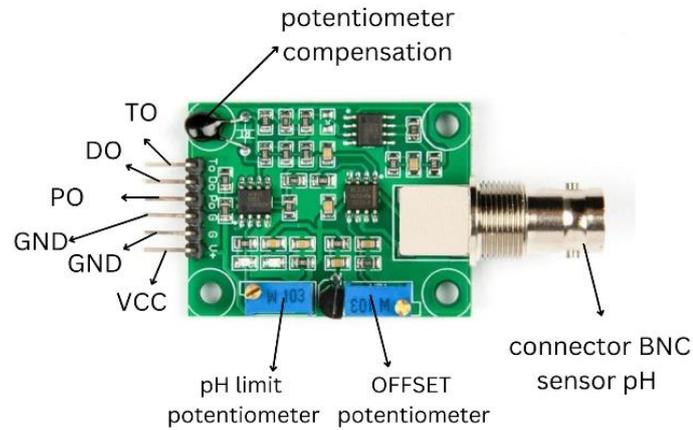


**Gambar 2.5** Proses Pertukaran Ion  $H^+$   
(Aribowo dan Pratama, 2018).

Seperti yang diilustrasikan pada **Gambar 2.5**, terbentuk suatu lapisan "gel" pada permukaan bulb yang berperan sebagai tempat pertukaran ion  $H^+$ . Jika larutan bersifat asam, maka ion  $H^+$  akan terikat pada permukaan bulb. Hal ini menimbulkan muatan positif pada lapisan "gel". Sebaliknya, jika larutan bersifat basa, ion  $H^+$  dari dinding bulb akan dilepaskan untuk berinteraksi dengan larutan tersebut, mengakibatkan terbentuknya muatan negatif pada dinding bulb (Aribowo dan Pratama, 2018).

Salah satu sensor pH yang dapat digunakan adalah sensor E-201C. Sensor E-201C dirancang untuk mengukur pH dalam suatu larutan dengan lebih mudah, dengan menggunakan sensor ini pengguna mendapatkan hasil pembacaan pH secara akurat dan praktis. Sensor E-201C memiliki fitur yang memungkinkan pengguna untuk menghubungkannya dengan mikrokontroler atau sistem lainnya (Chuzaini dkk., 2022). modul sensor pH-4502C ditunjukkan pada **Gambar 2.6**, skematik dari sensor pH ditunjukkan pada **Gambar 2.7** dan probe sensor pH E-201C

ditunjukkan pada **Gambar 2.8** dan spesifikasi dari sensor pH yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu sensor E-201C ditunjukkan pada **Tabel 2.1**.



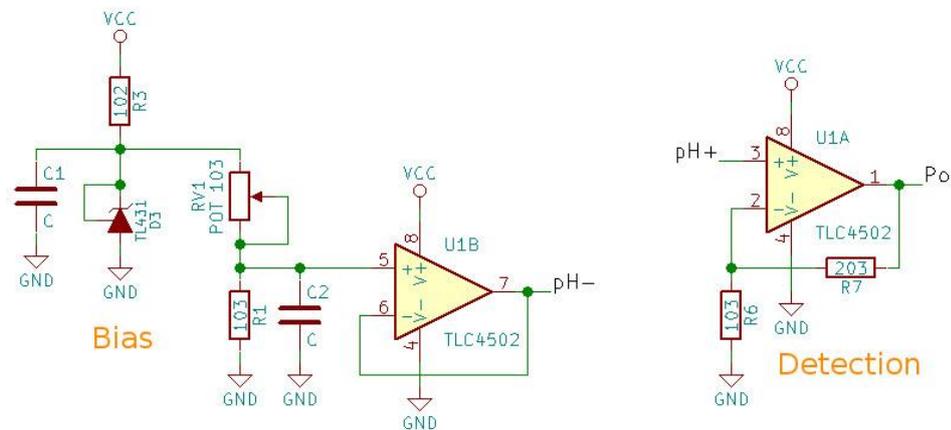
Keterangan :

TO = Temperature output

DO = pH limit digital output

PO = pH analog output

**Gambar 2.6** Modul Sensor pH-4502C (Cimleo, 2020).



**Gambar 2.7** Skematik Sensor pH (forum Arduino, 2017).



**Gambar 2.8** Probe sensor pH E-201C (Cimpleo, 2020).

**Tabel 2.1** Spesifikasi E-201C

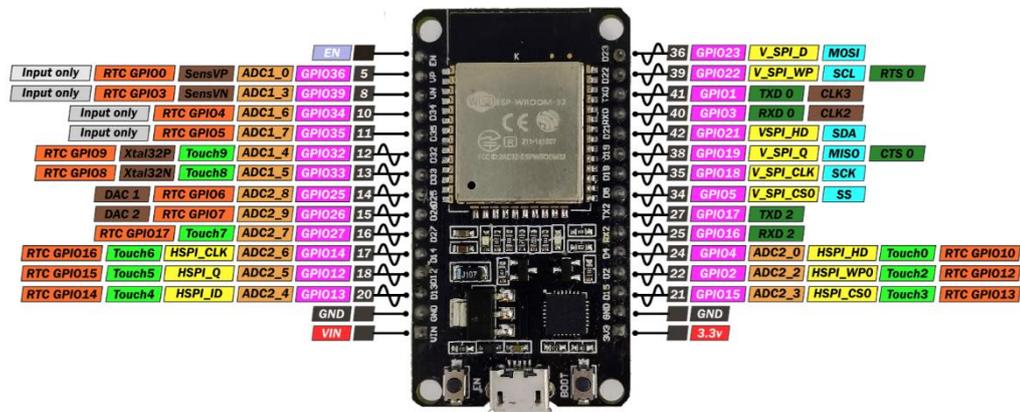
Spesifikasi	Keterangan
Tegangan	$5 \pm 2v$ (AC DC)
Rentang pH	0 – 14
Waktu respon	5 detik
Daya	0,5 W
Tingkat akurasi	98,5 %

### 2.2.3 ESP 32

ESP32 adalah mikrokontroler yang dikenalkan oleh *Espressif System* merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266. Mikrokontroler ini sudah terintegrasi dengan modul *WiFi* dalam chipnya sehingga sangat mendukung pengembangan sistem aplikasi *Internet of Things* (Imran dan Rasul, 2020). ESP 32 adalah sebuah chip yang menggabungkan modul *WiFi* dan *Bluetooth 2,4 GHz* dalam satu unit, dirancang dengan menggunakan teknologi daya ultra rendah TSMC 40 nm. Teknologi ini bertujuan untuk memberikan kinerja daya terbaik, menunjukkan ketangguhan, fleksibilitas, dan kehandalan yang tinggi dalam berbagai aplikasi (Dwi Suharso dkk., 2022).

Mikrokontroler ESP32 memiliki jumlah pin 30 meliputi pin tegangan dan *General Purpose Input/Output* (GPIO), pin *Analog to Digital Converter* (ADC), 3 UART Interface, 2 I2C Interface, 3 SPI Interface, 16 pin *Pulse Width Modulation*

(PWM), 2 pin *Digital to Analog Converter* (DAC) (Mischiati, 2021). Pin-out pada ESP 32 ditunjukkan pada **Gambar 2.9**.

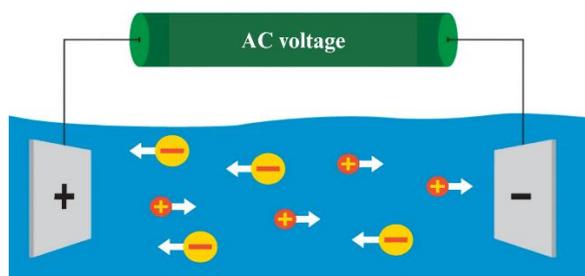


**Gambar 2.9** Pinout ESP32 (Mischiati, 2021).

#### 2.2.4 Sensor *Total Dissolved Solids* (TDS)

Tingkat kekeruhan air dipengaruhi oleh jumlah partikel yang terlarut di dalamnya. Secara umum, kondisi ini dikenal sebagai *Total Dissolved Solids* (TDS) pada air. Sensor TDS dibangun dengan menggunakan komponen-komponen khusus. Sensor ini beroperasi dengan menggunakan mikrokontroler Arduino dan menggunakan modul serta bahasa pemrograman yang bersifat *open source* (Wirman dkk., 2019).

Sensor TDS menggunakan metode konduktivitas listrik, di mana dua *probe* dicelupkan ke dalam cairan atau larutan dan kemudian sirkuit pemrosesan sinyal akan menghasilkan keluaran yang menunjukkan konduktivitas dari larutan tersebut. Sensor ini memiliki 3 pin, yaitu pin data, *voltage at collector* (VCC), dan *ground* (GND). Pin data dihubungkan ke pin analog Arduino, sementara pin VCC dihubungkan ke pin *output* regulator dan pin GND dihubungkan ke pin *ground* regulator (Irawan *et al.*, 2021). Prinsip kerja Sensor TDS ditunjukkan pada **Gambar 2.10**.



**Gambar 2.10** Prinsip Kerja Sensor TDS (Scientific, 2021).

Prinsip kerja sensor TDS berdasarkan pada konduktivitas listrik larutan. Ketika zat terlarut (seperti garam, mineral, logam, dll.) ada dalam air, zat tersebut akan mengion menjadi partikel bermuatan positif (kation) dan partikel bermuatan negatif (anion). Sensor TDS sesuai dengan karakteristik konduktivitas listrik. Sensor ini menggunakan dua elektroda untuk mengukur konduktivitas dalam cairan (Putri Wirman dkk., 2019). Elektroda sensor TDS biasanya terbuat dari logam seperti platinum atau grafit, yang direndam dalam sampel cair (Pharma, 2023). Semakin banyak padatan terlarut dalam air, semakin tinggi konduktivitasnya. Kandungan partikel ion dan sifat elektrolit dalam cairan dapat memengaruhi hasil pengukuran yang dilakukan oleh sensor TDS. Sensor TDS akan mengukur konduktivitas air, setelah nilai konduktivitas diukur, sensor TDS akan menggunakan rumus konversi untuk menghitung TDS berdasarkan nilai konduktivitas. (Wirman dkk., 2019).

Sensor TDS mengukur kadar padatan terlarut dalam air dengan menggunakan metode konduktivitas listrik. Besarnya nilai konduktivitas ini dipengaruhi oleh ion-ion organik, suhu, dan konsentrasi ion dalam larutan. Ketika sebuah elektroda diberi tegangan, akan terjadi aliran arus listrik, dan tingkat konduktivitas dari sampel akan sebanding dengan jumlah ion dalam larutan tersebut. Setelah itu, sebuah modul pengondisi akan mengubah nilai konduktivitas ini menjadi tegangan. Berdasarkan informasi dari datasheet sensor TDS Meter DFRobot, nilai TDS diukur sebagai setengah dari nilai konduktivitas listriknya.

Nilai TDS yang didapat dari konduktivitas listrik melalui pendekatan hubungan dari keduanya melalui **persamaan (2.8)**.

$$TDS = \frac{\sigma}{2} \quad (2.8)$$

TDS dalam *parts per million* (ppm) dan  $\sigma$  sebagai konduktivitas listrik ( $\mu S/cm$ ). Berdasarkan **persamaan (2.8)** nilai  $\sigma$  dapat diperoleh dengan **persamaan (2.9)**.

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (2.9)$$

$$\rho = \frac{RA}{L} \quad (2.10)$$

$\rho$  sebagai resistivitas ( $\Omega m$ ), R sebagai hambatan ( $\Omega$ ), A sebagai luas penampang material ( $m^2$ ) dan L sebagai panjang material (m). Nilai R dapat diturunkan dengan **persamaan (2.11)**.

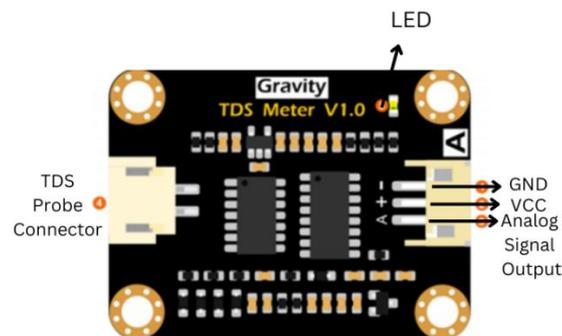
$$R = \frac{V}{I} \quad (2.11)$$

V sebagai tegangan listrik (Volt) dan I sebagai kuat arus (A). Dari persamaan (2.11) diperoleh hubungan antara konduktivitas listrik dengan tegangan listrik yang ditunjukkan pada **persamaan (2.12)**.

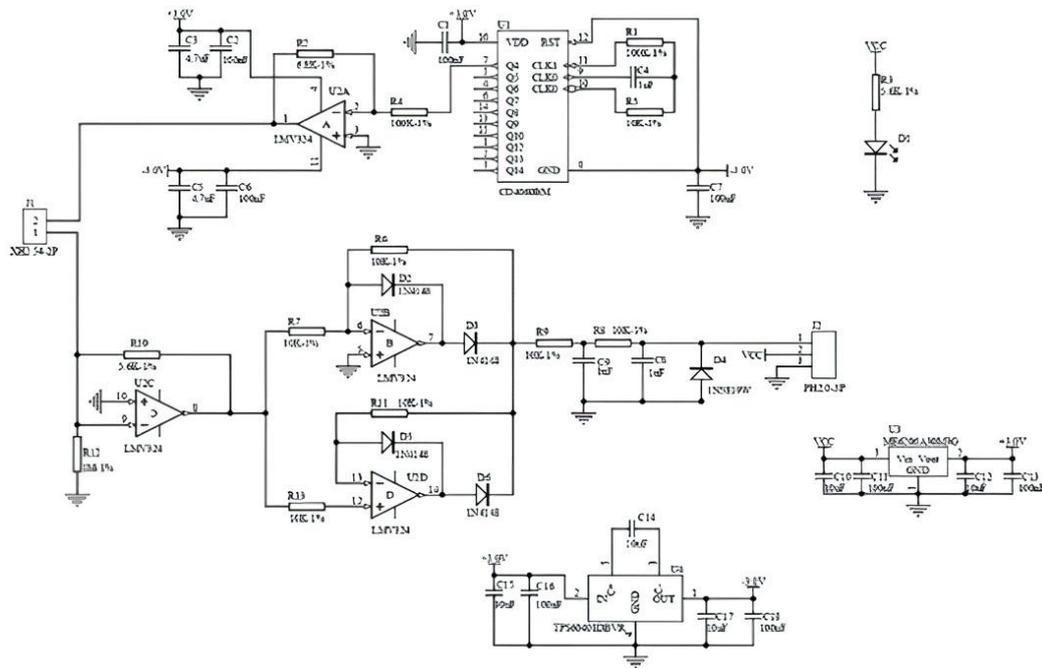
$$V = \frac{I.L}{2ATDS} \quad (2.12)$$

Melalui **persamaan (2.12)** diperoleh hubungan antara TDS dengan V untuk memperoleh nilai tegangan output sensor.

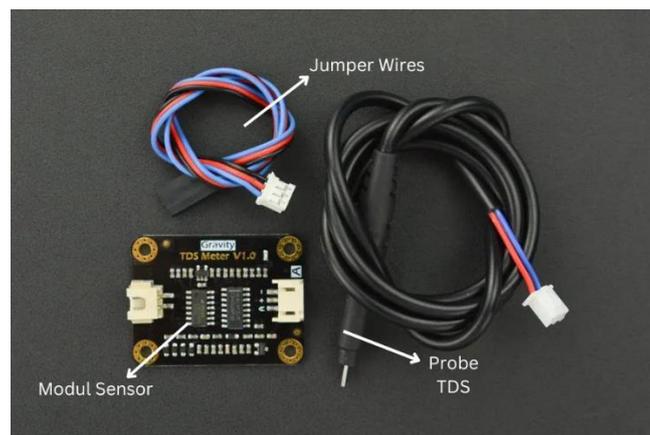
Modul sensor TDS DFRobot yang akan digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 2.11**, skematik dari sensor TDS DFRobot ditunjukkan pada **Gambar 2.12** serta probe sensor TDS DFRobot ditunjukkan pada **Gambar 2.13** dan spesifikasi sensor TDS DFRobot ditunjukkan pada **Tabel 2.2**.



**Gambar 2.11** Modul Sensor TDS DFRobot (Datasheet, 2019).



Gambar 2. 12 Skematik Sensor TDS DFRobot (Datasheet, 2019).



Gambar 2.13 Sensor TDS DFRobot (Chuzaini dkk., 2022).

Tabel 2.2 Spesifikasi sensor TDS DFRobot

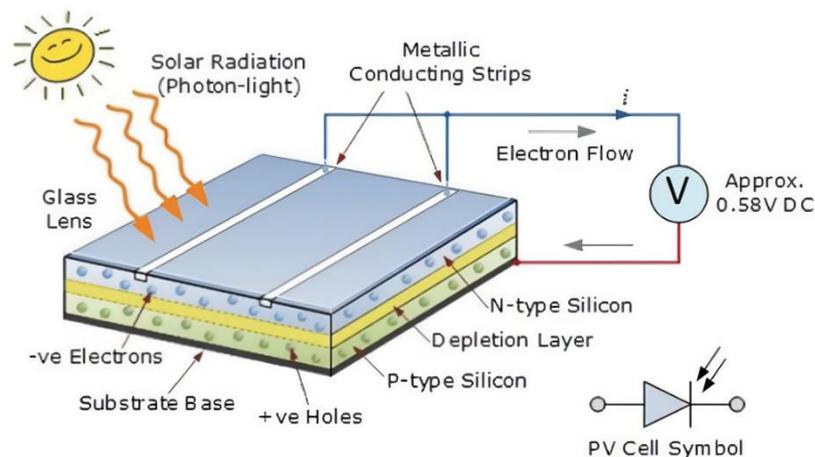
Spesifikasi	Keterangan
Tegangan Input	3,3 – 5,5 V
Tegangan Output	0 – 2,3 V
Arus Kerja	3 – 6 mA
Akurasi	±10% F. S (25 ° C)

### 2.2.5 Panel Surya

Sel surya pada dasarnya merupakan dioda sambungan p-n. Sel surya adalah salah satu jenis sel fotolistrik yang dapat didefinisikan sebagai perangkat yang mengalami perubahan dalam karakteristik listriknya, seperti arus, tegangan, atau hambatan, saat terpapar cahaya. Sel surya individual dapat digabungkan bersamasama untuk membentuk suatu unit yang sering disebut sebagai panel surya (Electrical4U, 2020).

Panel surya dibagi menjadi tiga jenis: monokristal (*mono-crystalline*) merupakan panel surya yang paling optimal dalam hal efisiensi, diproduksi dengan teknologi terbaru, dan menghasilkan daya listrik tertinggi per satuan luas. Monokristal didesain untuk digunakan di lokasi yang memerlukan konsumsi listrik yang besar, terutama di tempat-tempat yang memiliki iklim ekstrim dan kondisi alam yang sangat keras. Polikristal (*Poly-Crystalline*) jenis panel surya dengan struktur kristal yang tidak teratur karena dibuat dengan metode pengecoran, untuk menghasilkan daya listrik yang setara, tipe ini membutuhkan luas permukaan yang lebih besar daripada panel surya monokristal. *Thin Film Photovoltaic* merupakan panel surya (dua lapisan) dengan struktur lapisan tipis mikrokristal-silicon dan amorphous dengan efisiensi modul hingga 8.5% sehingga untuk luas permukaan yang diperlukan per watt daya yang dihasilkan lebih besar daripada monokristal dan polykristal (Hari Purwoto dkk., 2018).

Panel surya adalah perangkat yang digunakan untuk menghasilkan energi alternatif melalui penyerapan cahaya matahari. Energi yang dihasilkan oleh panel surya dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk sinar matahari atau sinar *ultraviolet* (UV) yang datang. Intensitas sinar matahari bervariasi sepanjang hari karena rotasi Bumi pada sumbunya, yang dikenal sebagai rotasi bumi (Nurdiansyah *et al.*, 2020). Prinsip kerja panel surya ditunjukkan pada **Gambar 2.14**.



**Gambar 2.14** Prinsip Kerja Solar Panel (Rudiyanto dkk., 2023).

Prinsip kerja sel surya didasarkan pada pemanfaatan efek Fotovoltaik, yang memungkinkan konversi langsung sinar matahari menjadi energi listrik. Sel surya terbuat dari bahan dasar silikon berkrystal tunggal yang kemudian dimurnikan hingga membentuk suatu unsur atom. Apabila atom-atom silikon bergabung membentuk zat padat, maka atom-atom itu akan membentuk suatu pola teratur yang disebut kristal. Setiap atom silikon mempunyai 4 buah elektron valensi dan mempunyai 4 atom tetangga. Setiap atom tetangga memberikan sebuah elektron untuk dipakai bersama-sama dengan atom yang berada di tengah. Atom yang ditengah mendapat tambahan 4 elektron dari tetangga sehingga jumlah elektron valensi menjadi 8 buah, karena inti atom yang berdekatan memiliki muatan positif akan menarik elektron-elektron yang dipakai bersama dan menciptakan gaya yang sama besar tetapi berlawanan arah (Rudiyanto dkk., 2023).

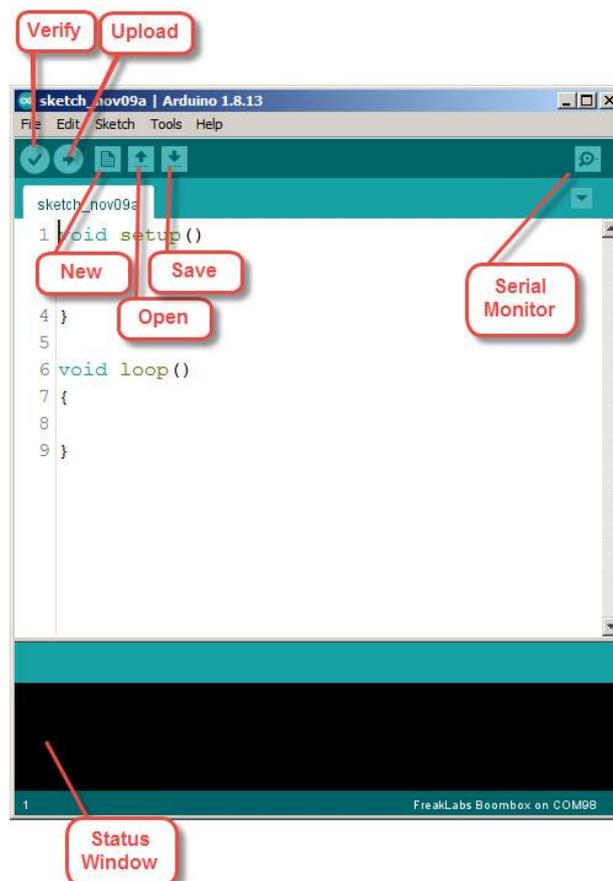
Dengan terbentuknya sifat atom tersebut, maka terbentuk pula suatu elektromagnetik yang dapat menyebabkan efek Fotovoltaik. Proses Fotovoltaik atau Photovoltaic (PV) adalah proses konversi dari energi cahaya menjadi energi listrik pada tingkat atom. Pada **Gambar 2.14** ditunjukkan energi foton cahaya yang mengenai semikonduktor tipe N, elektron-elektron pada semikonduktor tipe N dapat terbebaskan. Selanjutnya, elektron yang sudah terbebaskan disambungkan ke semikonduktor tipe P, sehingga elektron dari tipe N mengalir ke tipe P dan terjadilah arus listrik searah atau DC (Rudiyanto dkk., 2023).

Intensitas cahaya matahari memengaruhi jumlah listrik yang dihasilkan, dan panel surya harus diarahkan mengikuti matahari untuk menangkap energi maksimal. Arus listrik yang dihasilkan adalah indikator penting untuk produktivitas panel surya, karena panel hanya beroperasi saat siang hari, dan semakin tinggi intensitas matahari, semakin besar produksi listriknya (Susanto dkk., 2020).

### 2.2.6 *Software* Arduino IDE

IDE adalah kependekan dari "*Integrated Development Environment*" yang merupakan perangkat lunak resmi yang dikembangkan oleh Arduino.cc. Perangkat lunak ini digunakan untuk melakukan berbagai tugas pengembangan seperti pengeditan, kompilasi, dan pengunggahan kode pada perangkat Arduino. Hampir semua modul Arduino dapat digunakan dengan perangkat lunak ini, yang merupakan sumber terbuka dan dapat diunduh dengan mudah untuk digunakan dalam pengembangan kode Arduino. Pada artikel ini, kami akan memperkenalkan perangkat lunak IDE, memberikan panduan instalasi, dan memberikan langkahlangkah untuk memulai pengembangan aplikasi menggunakan modul Arduino.

Arduino IDE adalah sebuah *software* yang gratis dan dapat diakses oleh siapa saja. Software ini digunakan untuk menulis dan mengompilasi kode program yang akan dijalankan oleh perangkat Arduino. Dengan Arduino IDE, pengguna dapat dengan mudah membuat program untuk mengendalikan berbagai modul dan sensor yang terhubung dengan Arduino. Antarmuka dari *software* Arduino IDE ditunjukkan pada **Gambar 2.15**.



**Gambar 2.15** Tampilan *sketch* Arduino IDE

Berdasarkan **Gambar 2.15** dapat dijelaskan bahwa fungsi komponen-komponen yang terdapat dalam sketch Arduino IDE memiliki fungsi-fungsi sebagai berikut. Menu File terdiri dari beberapa opsi yang mencakup pembuatan *sketch* baru, penyimpanan sketch, pengaturan preferensi, keluar dari program, dan opsi lainnya. Di menu Edit, terdapat opsi seperti *Copy*, *Paste*, *Cut*, *Select All* untuk mengelola kode yang telah ditulis dan opsi lainnya.

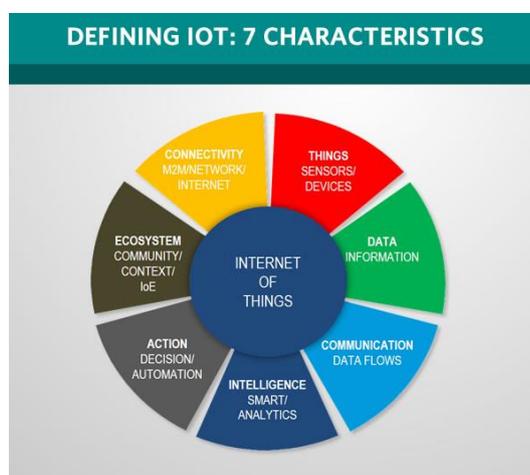
Pada menu *sketch*, terdapat beberapa pilihan yang meliputi *Verify* untuk memverifikasi *sketch* yang telah dibuat, *Upload* untuk mengunggah sketch yang telah dikompilasi ke Arduino. Selain itu, terdapat pilihan *Include Library* yang memungkinkan kita untuk memilih library Arduino yang akan digunakan, pilihan *Manage Library* untuk mengatur dan memperbarui *library*, serta opsi untuk menambahkan atau memperbarui library secara offline melalui file dengan ekstensi .zip.

Di menu *Tools*, terdapat beberapa submenu yang berguna. Salah satu submenu yang sering digunakan adalah pilihan untuk memilih jenis *Board* Arduino yang sedang digunakan atau terhubung ke komputer, serta pilihan untuk mengatur port COM yang digunakan untuk menghubungkan Arduino dengan komputer. Selain itu, submenu Programmer digunakan untuk memilih jenis Programmer yang akan digunakan untuk mengunggah *sketch* yang telah dibuat ke Arduino.

Di menu *Help*, terdapat beberapa pilihan yang dapat digunakan untuk mendapatkan informasi dan panduan terkait Arduino. Ada juga tombol serial monitor yang terletak di pojok kanan atas yang berfungsi untuk melihat data-data yang dikirimkan dari Arduino ke komputer, baik berupa karakter, angka, atau teks (Prastyo, 2022).

### 2.2.7 *Internet of Things (IoT)*

Internet of Things (IoT) merupakan sebuah konsep di mana suatu benda atau objek ditanamkan teknologi-teknologi seperti sensor dan *software* dengan tujuan untuk berkomunikasi, mengendalikan, terhubung, serta berbagi data dengan perangkat lain selama tetap terhubung ke internet. Penggunaan Internet of Things (IoT) saat ini semakin meluas dan berkembang di berbagai sektor, termasuk kesehatan, pertanian, manufaktur, perikanan, lingkungan, dan lain sebagainya (Schoder, 2018). Karakteristik IoT ditunjukkan pada **Gambar 2.16**.



**Gambar 2.16** Karakteristik IoT

Sebagian besar definisi *Internet of Things* memiliki beberapa aspek yang umum seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.16**. Berikut adalah elemen-elemen yang umumnya ada dalam definisi-definisi tersebut:

#### *Connectivity*

Elemen ini mengacu pada kemampuan perangkat IoT untuk terhubung ke jaringan dan komunikasi data. Konektivitas dapat melibatkan berbagai teknologi, seperti *Wi-Fi*, *Bluetooth*, dan jaringan seluler yang memungkinkan perangkat terhubung ke internet atau jaringan lokal.

#### *Things*

Perangkat IoT mencakup berbagai jenis perangkat fisik, seperti sensor, kamera, peralatan pintar, dan kendaraan terhubung. Mereka dapat mengumpulkan data atau melakukan tindakan berdasarkan data yang diterima.

#### Data

Data adalah hal yang sangat penting dari IoT. Perangkat IoT mengumpulkan beragam data dari sensor dan mengirimkannya ke *platform* atau cloud untuk penyimpanan dan analisis.

#### *Communication*

Dalam IoT, komunikasi adalah bagaimana perangkat, *platform*, dan sistem berbicara satu sama lain dengan berbagi data. Protokol komunikasi seperti *HyperText Transfer Protocol* (HTTP), *Long Range Wide Area Network* (LoRaWan), *Zigbee*, *Bluetooth*, dan *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT).

#### *Intelligence*

Mencakup kemampuan untuk memproses dan menganalisis data yang dikumpulkan dari perangkat IoT.

### *Action*

IoT bukan hanya soal mengumpulkan data, tapi juga tentang bertindak berdasarkan data tersebut. Ini bisa berarti mengendalikan perangkat, memberikan rekomendasi, atau menjalankan tindakan-tindakan otomatis berdasarkan situasi yang terdeteksi.

### *Ecosystem*

Elemen ini merujuk pada kerumunan atau komunitas perangkat, aplikasi, dan semua orang yang beroperasi di dalam dunia IoT. Di dalam ekosistem IoT, ada berbagai pihak yang terlibat, seperti pembuat perangkat, penyedia layanan IoT, pengembang aplikasi, dan pengguna akhir yang menggunakan perangkat dan aplikasi tersebut (eLearn, 2017).

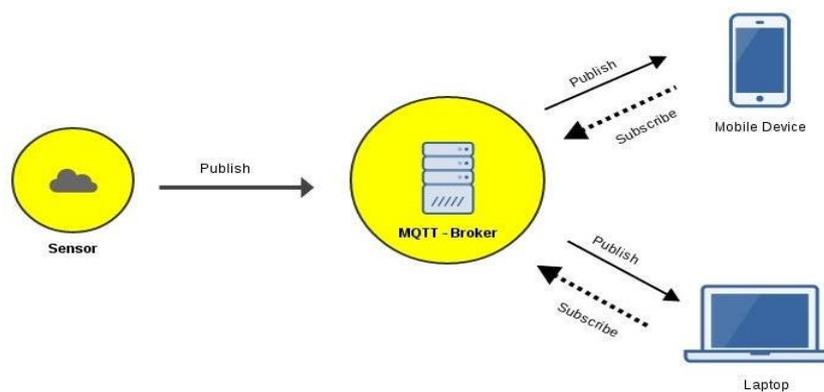
## **2.2.8 Protokol *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT)**

*Internet of Things* (IoT) menggunakan berbagai protokol seperti *HyperText Transfer Protocol* (HTTP), *Long Range Wide Area Network* (LoRaWan), *Zigbee*, *Bluetooth*, dan *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT). HTTP digunakan untuk mengirim berbagai jenis data melalui web, kebanyakan data yang dihasilkan oleh perangkat IoT saat ini menggunakan HTTP sebagai protokol yang sering digunakan. Namun, HTTP tidak selalu menjadi pilihan yang disukai karena biayanya yang tinggi dan konsumsi energi yang besar. LoRaWan adalah jenis protokol yang diciptakan untuk membentuk jaringan besar yang dioperasikan oleh satu penyedia layanan. Protokol ini memungkinkan perangkat yang menggunakan baterai untuk terhubung ke Internet secara nirkabel, baik dalam skala lokal atau global dalam jaringan pribadi atau publik. Kekurangan dari LoRaWan yaitu keterbatasan kecepatan dan kapasitas dan keterbatasan biaya. Zigbee protokol IoT yang dikhususkan kepada pelaku industri. Oleh karena itu, Zigbee digunakan untuk transfer data kecepatan rendah dalam jarak pendek. Kekurangan zigbee yaitu kecepatan terbatas, keterbatasan kapasitas baterai, dan jangkauan terbatas. Bluetooth adalah salah satu teknologi nirkabel jarak pendek yang paling umum digunakan dalam IoT. Protokol ini sangat aman dalam komunikasi, kemampuan

transmisi yang baik pada jarak dekat, serta efisiensi dalam penggunaan daya. Kekurangannya yaitu keterbatasan jarak dan kapasitas koneksi terbatas. MQTT merupakan protokol yang beroperasi di atas struktur TCP/IP (*Transmission Control Protocol/ Internet Protocol*) (Ariyanto, 2021).

MQTT lebih disukai dalam sebagian besar aplikasi IoT atau mesin ke mesin (M2M) saat ini, karena ringan, menawarkan fleksibilitas yang baik, dan sangat berguna dalam koneksi dengan lokasi yang berjarak jauh (Salagean and Zinca, 2020).

Protokol MQTT digunakan untuk mentransfer data secara real time. Spesifikasi protokol MQTT telah dipublikasikan secara terbuka dengan lisensi *open Isource*. MQTT merupakan alternatif dari model *client-server*, dimana sebuah *client (publish/subscriber)* berkomunikasi langsung dengan sebuah endpoint lainnya pada sebuah topik melalui sebuah broker. *Publish* merupakan cara suatu device untuk mengirim datanya ke *subscribers*. Broker pada MQTT berfungsi untuk *handle* data *publish* dan *subscribe* dari berbagai device. *Subscribe* merupakan cara suatu *device* untuk menerima berbagai macam data dari *publisher*. *Subscriber* dapat berupa aplikasi monitoring sensor dan sebagainya, subscriber ini yang nantinya akan meminta dari *publisher* (Saputra dkk., 2020). Arsitektur *publish* dan *subscriber* MQTT ditunjukkan pada **Gambar 2.17**.



**Gambar 2.17** Arsitektur *publish* dan *subscriber* pada MQTT (Saputra dkk., 2020)

### 2.2.9 ThingsBoard

*Thingsboard* adalah sebuah *Internet of Things* (IoT), yaitu sebuah web server yang akan mengolah data output dari Arduino Uno untuk ditampilkan dalam bentuk grafik. Sistem ini akan menampilkan data output berupa kondisi real time pada sistem monitoring (Septian Pravangasta dkk., 2018).

*Thingsboard* adalah *platform IoT open source* untuk pengumpulan data, pemrosesan, visualisasi, dan manajemen perangkat. *Thingsboard* memungkinkan konektivitas perangkat melalui protokol IoT standar industry seperti *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT), *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP), dan *Constrained Application Protocol* (CoAP) yang mendukung penyebaran *cloud* dan lokal. *Thingsboard* menggabungkan skalabilitas, toleransi kesalahan dan kinerja sehingga tidak akan pernah kehilangan data (Pangestu, 2019). Logo *ThingsBoard* ditunjukkan pada **Gambar 2.18**.



**Gambar 2.18** Logo Thingsboard



### 3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 3.2**.

**Tabel 3.2** Alat-alat Penelitian

No	Nama	Fungsi
1	Laptop	Membuat program menggunakan <i>software</i> Arduino IDE
2	<i>Smartphone</i>	Mengontrol modul serta memonitoring kualitas air
3	Kabel <i>Micro</i> USB	Mendownload program Arduino
4	Peralatan kerja lainnya	Pendukung dalam pembuatan alat, seperti bor, gunting, solder, dan sebagainya.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 3.3**.

**Tabel 3.3** Bahan-bahan penelitian

No	Nama	Fungsi
1	ESP 32	Sebagai sistem control <i>input output</i> (I/O) yang mengolah data analog menjadi digital dari sensor pH E-201C dan sensor TDS Meter DFRobot
2	Solar Panel	Sebagai sumber tegangan
3	Aki	Untuk menyimpan energi Listrik
4	<i>Solar Charge Controller</i> (SCC)	Unttuk mengatur tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya
5	Sensor pH E-201C	Untuk mengukur dan mendeteksi kadar keasaman dalam air
6	Sensor TDS Meter DFRobot	Untuk mengukur dan mendeteksi padatan terlarut dalam air
7	Pelampung/buoy	Untuk membuat alat monitoring dapat mengapung di atas air
8	Panel Box	Sebagai tempat menyimpan ESP32, aki, <i>solar charge controller</i> , modul sensor pH E-201C dan modul sensor TDS Meter DFRobot

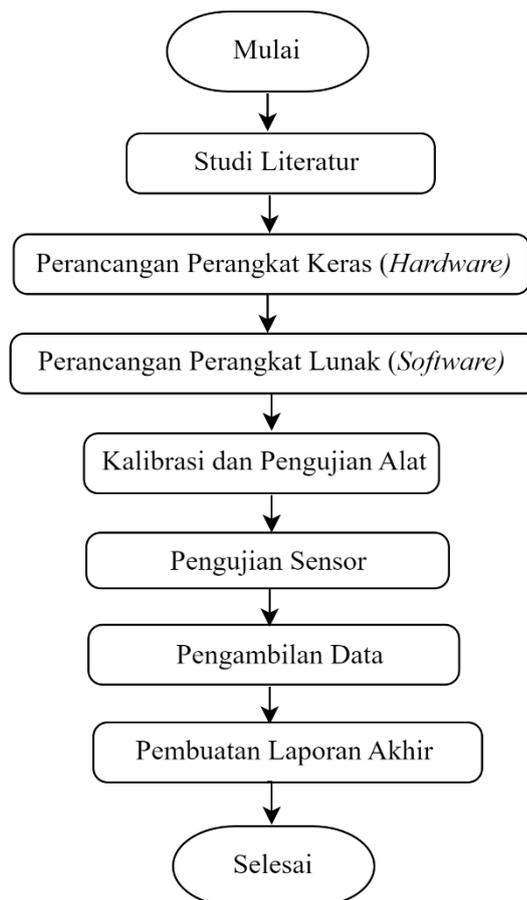
Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 3.4**.

**Tabel 3.4** Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian

No	Nama	Fungsi
1	Arduino IDE	Membuat dan mengupload program nodemcu ESP 32 dan menampilkan hasil pembacaan desain alat menggunakan nodemcu ESP 32
2	Fritzing	Untuk membuat gambar rangkaian
3	Sketch Up	Untuk membuat desain alat monitoring
4	Microsoft Office Word 2021	Menulis laporan penelitian
5	Microsoft Office Excel 2021	Menulis dan mengolah data penelitian

### 3.3 Tahapan Penelitian

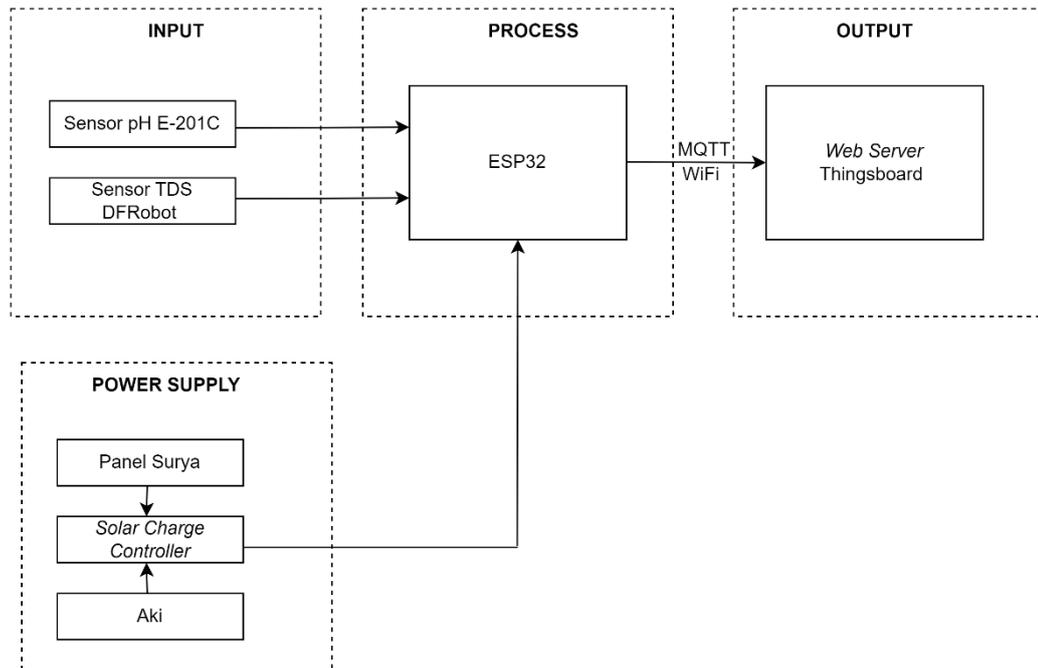
Pembuatan telemonitoring ini terdapat beberapa tahapan yang dilakukan dari pembuatan alat hingga selesai. Tahapan pada pembuatan telemonitoring diantaranya mencari studi literatur persiapan dengan mempelajari konsep-konsep yang terkait dalam pembuatan telemonitoring kualitas air keramba Jaring apung serta perancangan dan pembuatan perangkat keras (*Hardware*), lalu merancang dan membuat program (*software*) menggunakan aplikasi Arduino IDE dan *Thingsboard*. Pada tahap selanjutnya, dilakukan pengujian pada kinerja alat dan pengambilan data kualitas air keramba Jaring Apung dan dilanjutkan dengan analisis data serta pembuatan laporan. Diagram alir prosedur penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

### 3.3.1 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Perangkat keras (*hardware*) yang dirancang pada penelitian ini terdiri dari input, process, output dan catu daya. Diagram blok telemonitoring pada penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 3.2**.

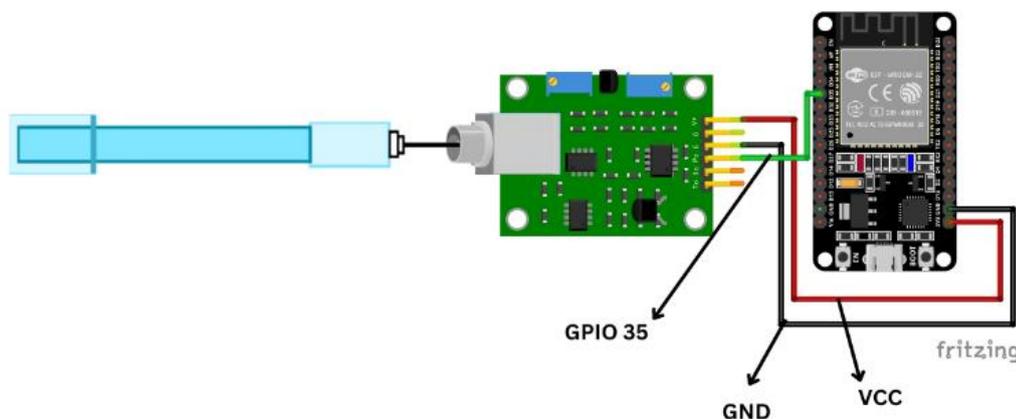


**Gambar 3.2** Diagram Blok Telemonitoring

Pada **Gambar 3.2** terdapat *input* berupa sensor pH E-201C yang berfungsi untuk mengukur dan mendeteksi nilai pH dalam keramba ikan dan sensor TDS DFRobot yang berfungsi untuk mengukur dan mendeteksi padatan yang terlarut dalam keramba ikan dan ESP 32 digunakan sebagai mikrokontroler pada telemonitoring. Data sensor pH dan TDS akan diproses menggunakan mikrokontroler ESP 32. Pengiriman data dilakukan oleh ESP32 dengan cara mengirim data melalui jaringan *wifi* yang ada disekitarnya dengan menggunakan metode *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) sebelum mengirim ke *web server ThingsBoard*. Data pH dan TDS yang diterima akan disimpan dalam basis data *ThingsBoard* dan diolah untuk keperluan visualisasi dan analisis lebih lanjut. Panel surya dan *solar charge controller*, serta aki berfungsi sebagai penyedia daya listrik yang diperlukan oleh mikrokontroler ESP32 agar dapat beroperasi.

### 3.3.1.1 Rangkaian ESP32 dengan INPUT

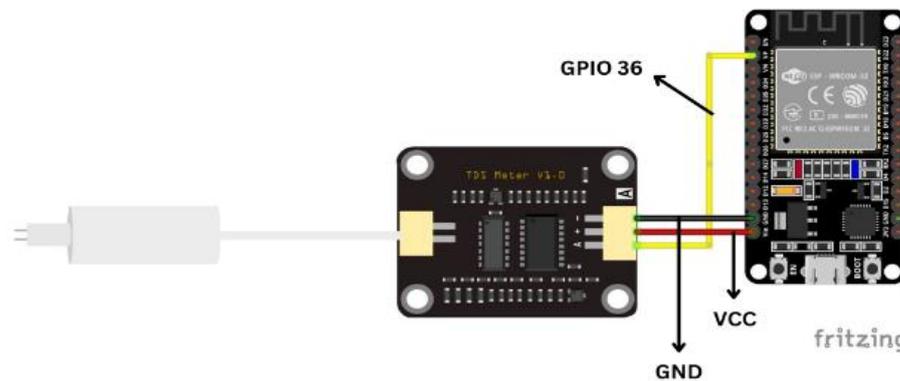
Penelitian ini menggunakan sensor pH untuk mengukur keasamaan atau kebasaan dan sensor TDS Meter DFRobot untuk mengukur padatan terlarut pada keramba jaring apung. Sensor pH dan sensor TDS akan mengirimkan data analog ke mikrokontroler ESP32. Mikrokontroler ESP32 kemudian akan memproses data tersebut dan menghasilkan nilai pH sebagai indikasi apakah air memiliki sifat asam atau basa serta menghasilkan nilai padatan terlarut. Rangkaian ESP32 dengan sensor pH E-201C ditunjukkan pada **Gambar 3.3**. Pengalamanan pada pin-pin sensor pH E-201C ke kaki-kaki ESP32 dalam pembuatan rangkaian ditunjukkan pada **Tabel 3.5**. Selain itu, rangkaian ESP32 dengan sensor TDS Meter DFRobot ditunjukkan pada **Gambar 3.4**. Pengalamanan pada pin-pin sensor TDS Meter DFRobot ke kaki-kaki ESP32 dalam pembuatan rangkaian ditunjukkan pada **Tabel 3.6**.



**Gambar 3.3** Rangkaian ESP32 dengan sensor pH E-201C

**Tabel 3.5** Pengalamanan sensor pH E-201C

Pin Sensor pH E-201C	Pengalamanan Sensor pH E-201C pada ESP32
Ground	GND
Analog	GPIO 35
3,3 – 5,5 V	VCC



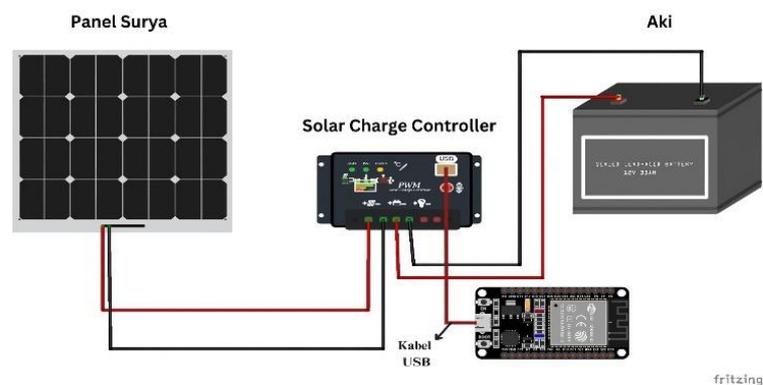
**Gambar 3.4** Rangkaian ESP32 dengan sensor TDS Meter DFRobot

**Tabel 3.6** Pengalamatan sensor TDS Meter DFRobot V1

Pin Sensor TDS Meter DFRobot	Pengalamatan Sensor TDS DFRobot pada ESP32
Ground	GND
Analog	GPIO 36
3,3 – 5,5 V	VCC

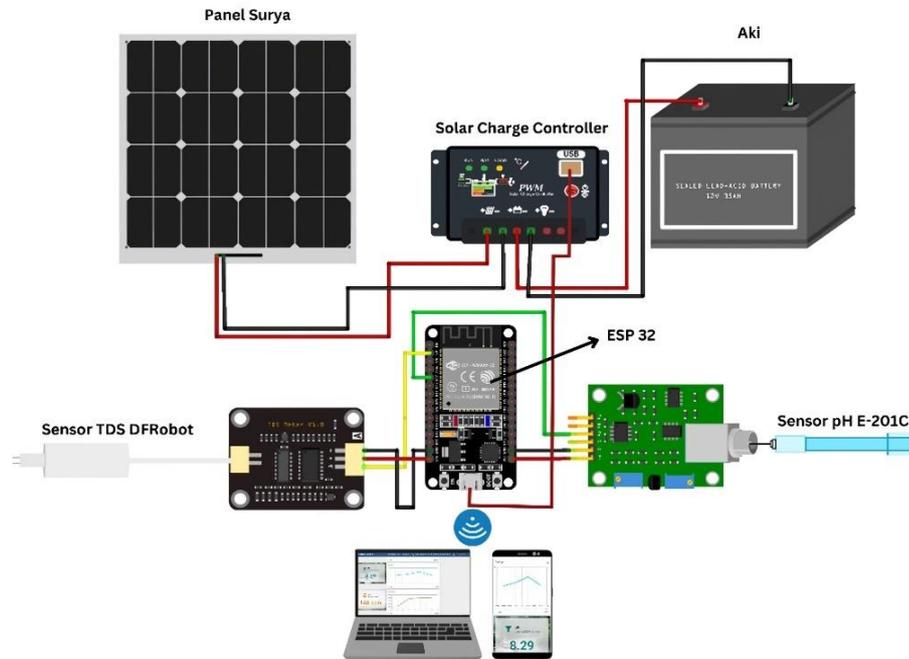
### 3.3.1.2 Rangkaian ESP32 dengan Catu Daya

Pada penelitian panel surya ini berfungsi sebagai penyedia pasokan daya yang konsisten untuk rangkaian. Panel surya yang digunakan adalah panel surya *polycrystalline*. Panel surya dihubungkan dengan *solar charge controller* yang berfungsi untuk mengatur proses pengisian baterai dari panel surya, lalu dihubungkan dengan aki dan dihubungkan dengan ESP32 menggunakan kabel USB. Rangkaian ESP32 dengan panel surya ditunjukkan pada **Gambar 3.5**.



**Gambar 3.5** Rangkaian ESP32 dengan Catu Daya

Rangkaian keseluruhan perangkat keras dari alat ini ditunjukkan pada **Gambar 3.6**.



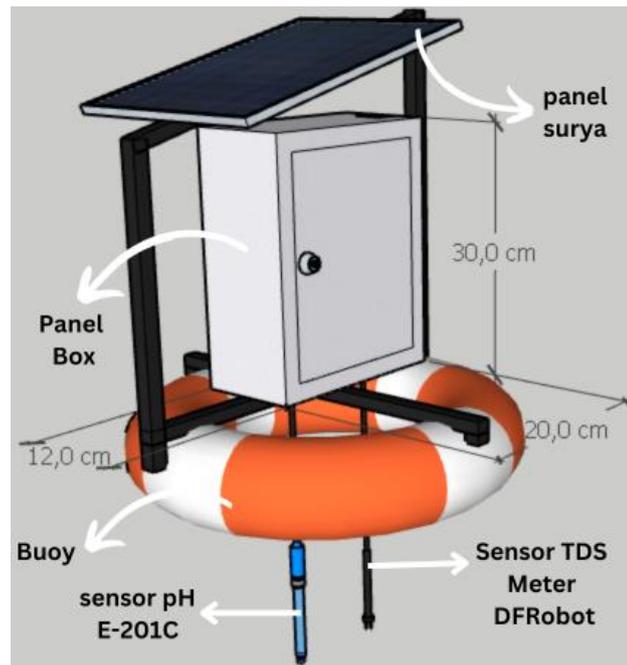
**Gambar 3.6** Rangkaian Keseluruhan Perangkat Keras

Sambungan ESP32 pada komponen-komponen yang digunakan ditunjukkan pada **Tabel 3.7**. Rangkaian keseluruhan alat pada penelitian ini terdiri dari dua sensor.

**Tabel 3.7** Sambungin Pin ESP32 dan Komponen Penunjang

No	Pin ESP32	Pin Komponen
1	GPIO 35	Pin input sensor pH E-201C
2	GPIO 36	Pin input sensor TDS DFRobot

Desain alat monitoring kualitas air keramba jaring apung dapat dilihat pada **Gambar 3.7**.

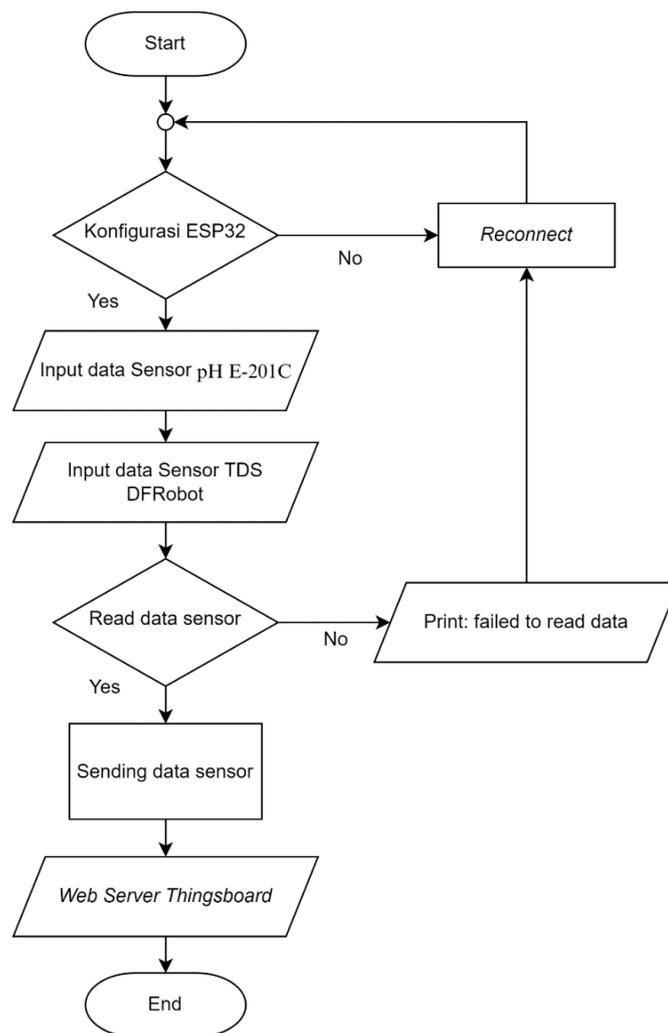


**Gambar 3.7** Desain Alat Monitoring

Alat monitoring kualitas air keramba jaring apung memiliki ukuran 30 cm x 20 cm x 12 cm. Bagian atas pada alat monitoring kualitas air terdapat panel sebagai sumber tegangan. Kemudian disisi bagian bawah terdapat dua sensor yaitu sensor pH E-201C dan sensor TDS meter DFRobot dan pelampung atau buoy membuat alat telemonitoring terapung.

### 3.3.2 Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Langkah-langkah yang dilakukan untuk perancangan perangkat lunak (*software*) penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 3.8**.

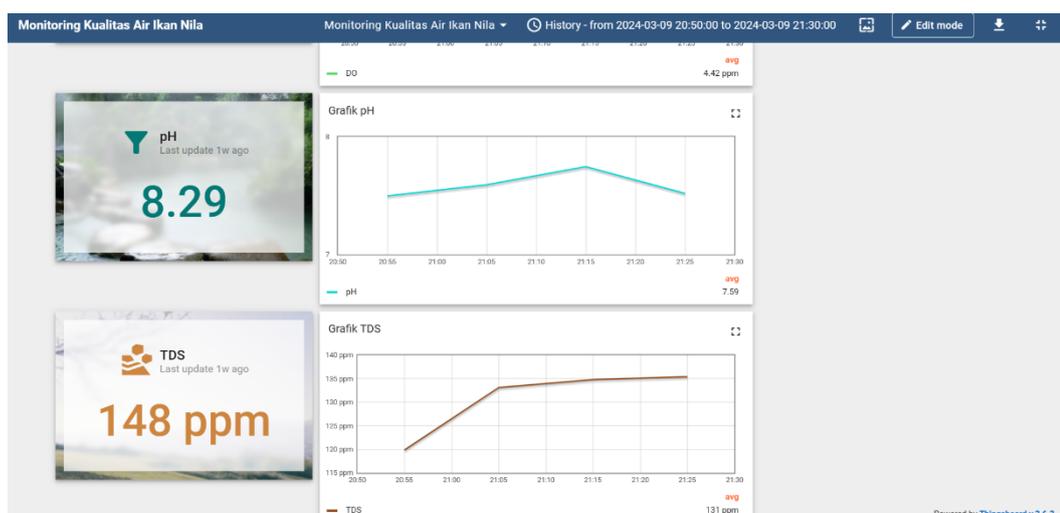


**Gambar 3.8** Diagram Alir Perangkat Lunak (*Software*)

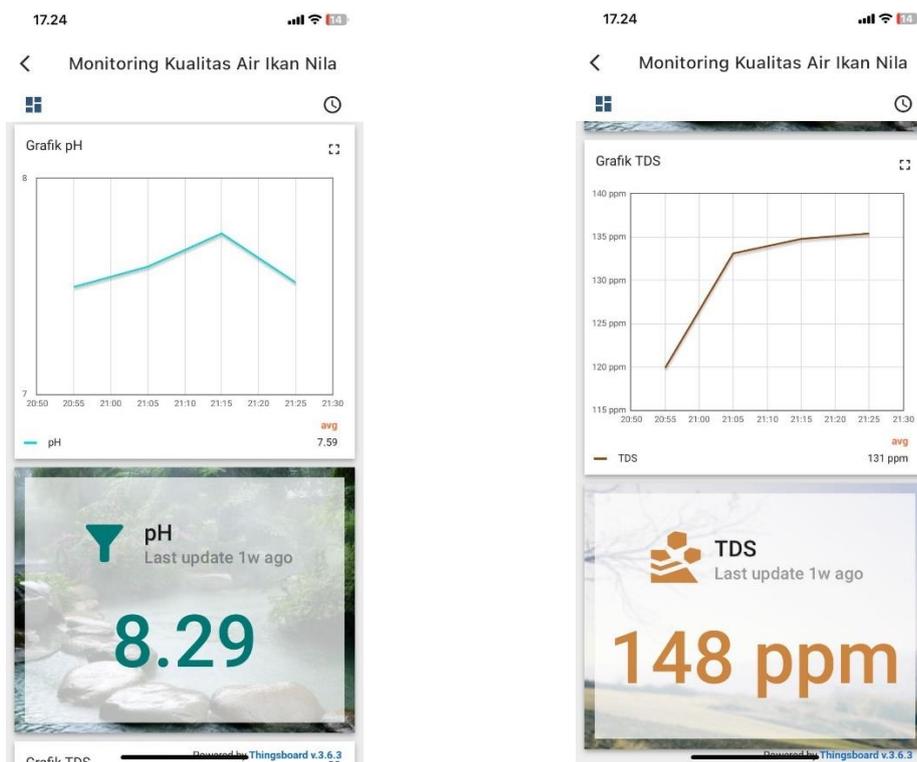
Pada penelitian ini ketika sistem pertama kali diaktifkan, sistem akan melakukan koneksi pada jaringan *WiFi* dengan mencocokkan *SSID* dan *password* sesuai dengan konfigurasi yang ada pada kode program. Setelah berhasil terkoneksi dengan jaringan *WiFi*, ESP32 melakukan autentikasi dengan menguji koneksi internet. Setelah berhasil terhubung ke internet, Arduino akan melakukan pembacaan data dari dua sensor, dalam penelitian ini yaitu data sensor pH E-201C dan sensor TDS DFRobot. Data hasil pembacaan sensor akan dikirimkan ke *platform IoT ThingsBoard* melalui modul ESP32. Data yang berasal dari kedua sensor tersebut akan ditampilkan dalam bentuk angka dan grafik. Apabila terjadi kegagalan dalam menghubungkan ke jaringan *WiFi*, maka sistem tidak akan dapat bekerja.

### 3.3.2.1 Pembuatan Platform IoT *ThingsBoard*

Pembuatan *platform* IoT *ThingsBoard* untuk telemonitoring kualitas air melibatkan rangkaian tindakan yang difokuskan pada mengintegrasikan sensor-sensor yang mendeteksi kualitas air ke dalam *platform Thingsboard*, serta menyajikan data dalam bentuk yang informatif dan mudah dimengerti. Hal pertama yang dilakukan adalah pemilihan sensor dan perangkat keras, dalam penelitian ini sensor yang digunakan adalah sensor pH E-201C untuk mengukur pH dan sensor TDS DFRobot untuk mengukur padatan terlarut di dalam kerambakan dan ESP32 sebagai mikrokontroler. Setelah itu, kedua sensor dihubungkan ke mikrokontroler yang akan mengirimkan data ke *platform ThingsBoard*. Protokol komunikasi IoT yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah MQTT untuk mengirimkan data dari mikrokontroler ke *platform ThingsBoard*. Konfigurasi *platform* ini melibatkan instalasi dan pengaturan server *ThingsBoard*, setelah konfigurasi data dari sensor-sensor akan dikirimkan ke *platform Thingsboard* dan ditampilkan dalam bentuk visual yang informatif. *Dashboard* akan dibuat untuk menampilkan data kualitas air dalam bentuk grafik dan angka yang mudah dimengerti. Tampilan *dashboard* monitoring yang diakses melalui komputer ditunjukkan pada **Gambar 3.9** dan pada tampilan *dashboard monitoring* yang diakses melalui *smartphone* ditunjukkan pada **Gambar 3.10**.



**Gambar 3.9** Tampilan *Dashboard Monitoring* Melalui Komputer



**Gambar 3.10** Tampilan Dashboard Melalui Smartphone

### 3.3.3 Kalibrasi dan Pengujian

Dalam penelitian ini, dilakukan kalibrasi dan pengujian pada alat yang telah dirancang untuk memastikan hasil pengukuran sensor sesuai dengan instrumen terkalibrasi. Pengujian sensor dilakukan dengan membandingkan output dari alat yang dirancang dengan instrumen terkalibrasi. Tujuan dari kalibrasi dan pengujian ini adalah untuk memverifikasi keakuratan alat yang dirancang dan memastikan bahwa hasil pengukuran yang diberikan sesuai dengan standar yang ditetapkan.

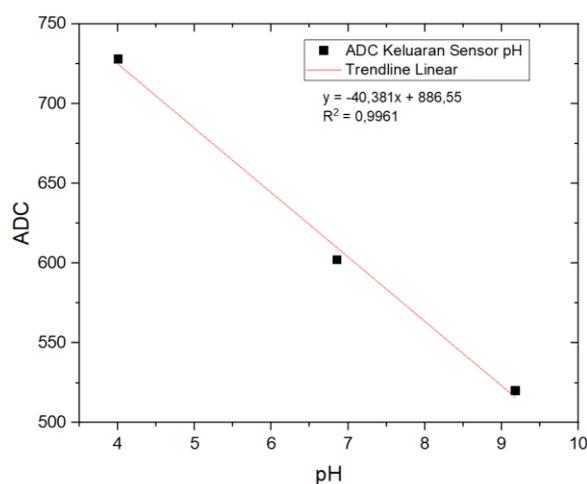
#### 3.3.3.1 Pengujian Sensor pH E-201C

Pengujian sensor pH E-201C dilakukan dengan cara memasukkan sensor ke dalam beberapa larutan dengan tingkat keasaman dan kebasaan yang berbeda. Dalam pengujian sensor pH E-201C, dilakukan dengan menggunakan sampel HCl yang memiliki konsentrasi 37% dengan lima variasi sampel yang berbeda-beda molaritasnya. Lima sampel ini dilarutkan dalam 500 ml aquades dengan volume

HCl yang berbeda-beda, sehingga menghasilkan lima sampel dengan molaritas yang berbeda. Selain HCl, pengujian sensor pH E-201C menggunakan sampel NaOH padat dengan empat variasi sampel yang berbeda-beda molaritasnya. Empat sampel ini dilarutkan dalam 500 ml aquades dengan berat yang berbeda-beda, sehingga menghasilkan empat sampel dengan molaritas yang berbeda. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk membuktikan bahwa sensor pH dapat melakukan pengukuran dengan baik dan untuk mengetahui sejauh mana keakuratannya dibandingkan dengan pH meter. Data pengujian ADC sensor pH E-201C dengan alat ukur standar pH meter terhadap larutan HCl dan NaOH dapat dilihat pada **Tabel 3.8** dan rancangan grafik perbandingan tingkat pH pada ADC sensor dengan alat ukur pH Meter ditunjukkan pada **Gambar 3.11**.

**Tabel 3.8** Data Pengujian ADC Sensor pH E-201C terhadap pH meter

No	Molaritas (M)	Tegangan ADC	pH Meter
1	0,00024 HCl		
2	0,00072 HCl		
3	0,00144 HCl		
4	0,00216 HCl		
5	0,0288 HCl		
6	0,005 NaOH		
7	0,015 NaOH		
8	0,075 NaOH		
9	0,15 NaOH		



**Gambar 3.11** Rancangan Grafik Perbandingan ADC sensor pH dengan alat ukur.

Grafik perbandingan tingkat pH pada ADC sensor pH E-201C dengan alat ukur akan menghasilkan persamaan regresi linier untuk menghubungkan nilai tegangan yang diukur oleh ADC dengan nilai pH yang sebenarnya. Persamaan regresi linier tersebut akan dimasukkan ke dalam kode Arduino sehingga Arduino dapat mengonversi tegangan yang diukur oleh ADC menjadi nilai pH yang tepat. Data pengujian sensor pH E-201C setelah sensor pH E-201C dikalibrasi ditunjukkan pada **Tabel 3.9**, dengan melakukan pengulangan sebanyak 3 kali pada masing-masing sampel.

**Tabel 3.9** Data Pengujian Sensor pH E-201C terhadap pH Meter

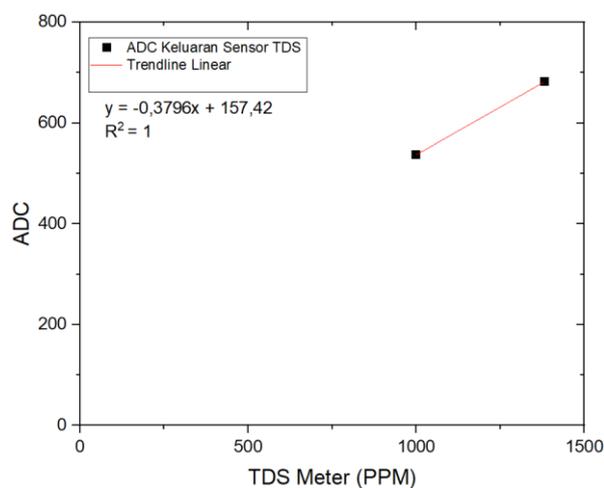
Molaritas (M)	pH Meter	Sensor pH E-201C			Rata-Rata Sensor	Error (%)	Akurasi (%)	Presisi (%)
		1	2	3				
0,00024HCl								
0,00072 HCl								
0,15 NaOH								
<b>Rata-rata</b>								

### 3.3.3.2 Pengujian Sensor *Total Dissolve Solid* (TDS) DFRobot

Pengujian sensor TDS (Total Dissolved Solids) dilakukan dengan cara mengukur tegangan dari beberapa sampel larutan dengan kandungan padatan terlarut yang berbeda. Dalam penelitian ini, larutan yang digunakan adalah larutan tanah yang dibuat dengan mencampurkan 100 ml air murni (aquades) dengan tambahan tanah sebanyak 1,5 gram untuk setiap penambahan. Sebanyak 11 sampel larutan tanah diuji dengan penambahan tanah mulai dari 1,5 gram hingga 16,5 gram, sehingga menghasilkan variasi padatan terlarut yang berbeda-beda. Data pengujian ADC sensor TDS Meter DFRobot dengan alat ukur standar TDS Meter EZ-9909 ditunjukkan pada **Tabel 3.10** dan grafik perbandingan tingkat padatan terlarut pada ADC sensor TDS Meter DFRobot dengan alat ukur TDS Meter EZ-9909 ditunjukkan pada **Tabel 3.12**.

**Tabel 3.10** Data Pengujian ADC Sensor TDS terhadap TDS Meter EZ-9909

Tanah (gr)	Tegangan ADC	TDS Meter EZ-9909 (ppm)
1,5		
3,0		
4,5		
6,0		
7,5		
9,0		
10,5		
12		
13,5		
15		
16,5		

**Gambar 3.12** Rancangan Grafik Perbandingan pada ADC sensor TDS dengan alat ukur

Grafik perbandingan tingkat padatan terlarut pada ADC sensor TDS Meter DFRobot dengan alat ukur akan digunakan untuk menghasilkan sebuah persamaan regresi linier. Persamaan regresi linier ini akan dimasukkan ke dalam kode Arduino dengan tujuan mengonversi tegangan yang diukur oleh ADC menjadi nilai padatan terlarut yang akurat. Data pengujian sensor TDS Meter DFRobot setelah sensor TDS Meter DFRobot dikalibrasi ditunjukkan pada **Tabel 3.11**, dengan melakukan pengulangan sebanyak 3 kali pada masing-masing sampel.

**Tabel 3.11** Data Pengujian Sensor TDS Meter DFRobot terhadap TDS Meter EZ-9909

Tanah (gr)	TDS Meter EZ-9909 (ppm)	Sensor TDS Meter DFRobot			Rata- rata Sensor	Error (%)	Akurasi (%)	Presisi (%)
		1	2	3				
1,5								
3,0								
.								
16,5								
Rata-Rata								

Data hasil pengukuran tersebut digunakan untuk menghitung presentasi *Error*, akurasi, dan presisi menggunakan **Persamaan (3.1)**, **(3.2)**, dan **(3.3)**

$$\%E = \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100\% \quad (3.1)$$

$$\%A = \left( 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \right) \times 100\% \quad (3.2)$$

$$\%P = \left( 1 - \left| \frac{X_n - \bar{X}_n}{\bar{X}_n} \right| \right) \times 100\% \quad (3.3)$$

dengan % E adalah nilai persentase Error (kesalahan) (%), %A adalah nilai persentase akurasi (%), %P adalah nilai persentase presisi (%),  $Y_n$  adalah nilai referensi,  $X_n$  adalah nilai hasil pengukuran,  $\bar{X}_n$  adalah rata-rata hasil pengukuran (Jones and Chin, 1991).

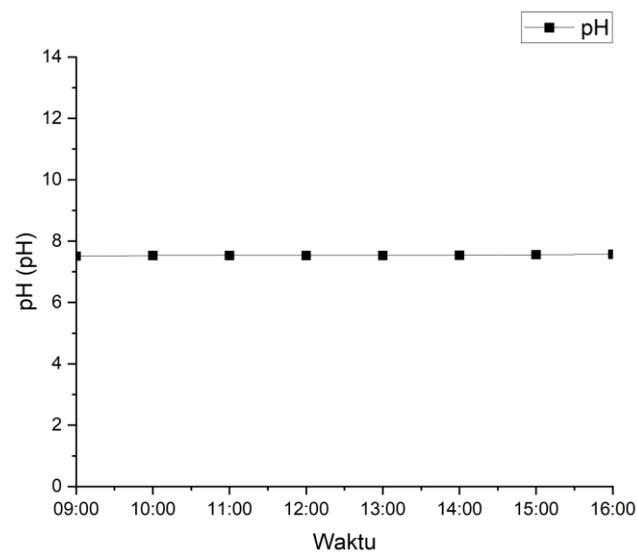
### 3.3.4 Pengambilan Data Uji Alat

Pengambilan data terakhir berupa data pengujian alat di Keramba Jaring Apung Danau Ranau, Kecamatan Lumbok Seminung, Kabupaten Lampung Barat. Pada penelitian ini dilakukan lima kali pengukuran pada waktu pagi 08.00 sampai waktu sore pukul 21.00 dengan interval waktu pengukuran setiap 30 menit. Hasil pengujian alat secara keseluruhan dapat dilihat pada **Tabel 3.12**.

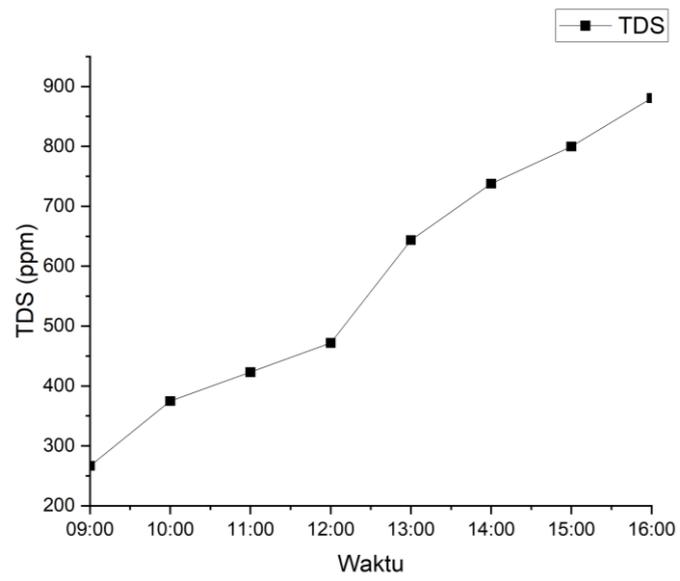
**Tabel 3.12** Hasil Pengujian Alat Secara Keseluruhan

No	Waktu Pengukuran (WIB)	Parameter	
		pH	Padatan Terlarut (ppm)
1	08.00		
2	08.30		
3	09.00		
4	09.30		
5	10.00		
.			
27	21.00		

Grafik dari pengambilan data pH dan data TDS ditunjukkan pada **Gambar 3.13** dan **Gambar 3.14**.



**Gambar 3.13** Rancangan Grafik pH terhadap Waktu (Sudewa dan Hadiatna, 2017).



**Gambar 3.14** Rancangan Grafik TDS terhadap Waktu (Cahyani dan Harmadi, 2016).

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Penelitian ini berhasil merancang telemonitoring untuk memantau kualitas air pada keramba jaring apung dengan menggunakan parameter pH dan TDS. Telemonitoring ini dirancang dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) sehingga memungkinkan pemantauan secara *real time* dan jarak jauh.
2. Analisis terhadap tingkat akurasi pengukuran menunjukkan bahwa sistem telemonitoring yang dibangun memiliki tingkat akurasi yang dapat diterima. Alat sudah terkalibrasi dengan baik dengan *error* pada sensor pH E-201 C sebesar 2,41% dan akurasi sebesar 97,59%, *error* pada sensor TDS sebesar 2,64% dan akurasi sebesar 97,36%.

### 5.2 Saran

Saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya yaitu telemonitoring dapat dikembangkan dengan menambahkan sistem kendali otomatis untuk penanganan ketika parameter kualitas air terdeteksi berada di luar ambang batas yang telah ditetapkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abilovani, Z. B., Yahya, W., dan Bakhtiar, F. A. (2018). Implementasi Protokol MQTT Untuk Sistem Monitoring Perangkat IoT. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(12), 7521–7527.
- Alfian Pratama, M., Arthana, W., Raka, G., dan Kartika, A. (2021). Fluktuasi Kualitas Air Budidaya Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dengan Beberapa Variasi Sistem Resirkulasi. *Current Trends in Aquatic Science IV*, 4(1), 102–107.
- Anrosana, I. A., dan Gemaputri, A. A. (2017). Kajian Daya Dukung (Carrying Capacity) Lingkungan Perairan Pantai Pasir Putih Situbondo bagi Pengembangan Usaha Karamba Jaring Apung. *Jurnal Ilmiah INOVASI*, 17(2), 76–77.
- Aribowo, D., dan Pratama, R. (2018). Penerapan Sensor pH Pada Area Elektrolizer Di PT. SULFINDO ADIUSAHA. *Jurnal PROSISKO*, 5(1), 9–12.
- Ariyanto, R. D. (2021). *IoT Network Protocol*. <https://www.anakteknik.co.id/rafidimas/articles/kenalan-dulu-sama-5-protokol-jaringan-internet-of-things>, diakses pada 26 Oktober 2023 pukul 15.10 WIB.
- Cahyani, H., dan Harmadi, W. (2016). Pengembangan Alat Ukur Total Dissolved Solid (TDS) Berbasis Mikrokontroler Dengan Beberapa Variasi Bentuk Sensor Konduktivitas. *Jurnal Fisika Unand*, 5(4), 371–377.
- Chuzaini, Fanharis. (2022). IoT Monitoring Kualitas Air Dengan Menggunakan Sensor Suhu, pH Dan Total Dissolved Solids (TDS). *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, 11, 46–56.
- Cimpleo. (2020). *Arduino pH-meter using PH-4502C*. <https://cimpleo.com/blog/simple-arduino-ph-meter/>, diakses pada 26 Oktober 2023 pukul 19.10 WIB.
- Dailami, M., Rahmawati, A., Saleky, D., dan A.Toha, A. H. (2021). *Ikan Nila . Brainy Bee*.
- Datasheet. (2010). *The Theory of pH Measurement Theory Application Data Sheet*. <https://www.emerson.com/documents/automation/application-data-sheet-theory-of-ph-measurement-rosemount-en-68432.pdf>, diakses pada 26 Oktober 2023 pukul 19.45 WIB

- Datasheet. (2019). *SEN0244*. <https://www.applicationdatasheet.com/pdf/dfrobot/509134/sen0244.html>, diakses pada 26 Oktober 2023 pukul 21.15 WIB
- Dwi Suharso, D., Purnomo, H., Winardi, S., dan Budijanto, A. (2022). Desain Human Machine Interface Android Dengan Teknologi Internet Of Things untuk Kontrol Star Delta Motor 3 Phase. *Jurnal Teknik Elektro UNIBA*, 7(1), 296–304.
- Efendi, S. (2022). Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Akuisisi Data Kualitas Air Danau Berbasis Internet of Thing. *Prosiding Seminar Nasional Riset Dan Information Science (SENARIS)*, 4, 36–44.
- Effendi, K. (2019). *Rancang Bangun Sistem Catu Daya dengan Metode Switching Mode Power Supply (SMPS) Berbasis Arduino untuk Aplikasi Elektropsinner*. Universitas Lampung.
- Ega Pahlawi, M., dan Kurniawan, E. (2020). Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas pH Air Keramba Ikan Berbasis Arduino Di Telaga Ngebel Kabupaten Ponorogo. *Jurnal Teknik Universitas Muhammadiyah Ponorogo*, 4(1), 1–10.
- eLearn. (2017). *Internet of Things (IoT)*. <https://learninternetgovernance.blogspot.com/p/internet-of-things-iot.html>, diakses pada 10 Oktober 2023 pukul 21.50 WIB.
- Elisdiana, Y., Fidyandini, H. P., Kartini, N., dan Caesario, R. (2022). Pengembangan Produk Pupuk Cair Dari Ikan Nila Pasca Kematian Massal Pada Kelompok Pembudidaya Ikan KJA Danau Ranau. *Jurnal Pengabdian FAPERTA UNILA*, 01(02), 257–264.
- Fauzia, S. R., dan Suseno, S. H. (2020). Resirkulasi Air Untuk Optimalisasi Kualitas Air Budidaya Ikan Nila Nirwana (*Oreochromis niloticus*) (Water Recirculation For Optimization The Water Quality Of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Cultivation). *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat Juli*, 2(5), 887–892.
- Forum Arduino. (2017). *pH Sensor Detection Circuit Design*. <https://forum.arduino.cc/t/ph-sensor-detection-circuit-design/478631>, diakses pada 21 Juli 2024 pukul 20.30 WIB.
- Handayani, L., Ali, D., dan Diana, D. (2020). Identifikasi dan Prevalensi Ektoparasit pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) yang Dipelihara di Keramba Jaring Apung. *Jurnal Ilmu Hewani Tropika*, 9(1), 35–42.
- Hari Purwoto, B., Alimul, M. F., dan Fahmi Huda, I. (2018). Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Journal Teknik Elektro*, 18(01), 1–2.
- Imran, A., dan Rasul, M. (2020). Pengembangan Tempat Sampah Pintar Menggunakan ESP32. *Jurnal MEDIA ELEKTRIK*, 17(2), 73–79.
- Irawan, Y., Febriani, A., Wahyuni, R., and Devis, Y. (2021). Water quality measurement and filtering tools using Arduino Uno, PH sensor and TDS meter sensor. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 2(5), 357–362.

- Jones, L. D., and Chin, A.F. (1991). *Electronics Instruments and Measurements*. Upper Saddle River: Prentice Hall .
- Kanafi, R. I. S. (2023). *Menelisik penyebab kematian massal ikan di Danau Ranau Lampung*. Antaranews.Com, diakses pada 20 Juni 2023 Pukul 12.14 WIB.
- Lama, O., Fermentasi, W., Muhammad, D., Amri, I., Haris Sambu, A., Dedi, D., dan Amir, A. (2017). Budidaya Ikan Nila Dengan Sistem Keramba Jaring Apung (KJA) Pada Lahan Bekas Tambang Pasir. *Jurnal Ilmu Perikanan*, 6(1), 546–550.
- Li, Y., Mao, Y., Xiao, C., Xu, X., and Li, X. (2019). Flexible pH sensor based on a conductive PANI membrane for pH monitoring. *RSC Advances*, 10(1), 21–28.
- Lihawa, F., dan Mahmud, M. (2017). Evaluasi Karakteristik Kualitas Air Danau Limboto. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 7(3), 260–266.
- Lusina Sihombing, J., Riskyana, N., Diah Madusari, B., dan Zulkham Yahya, M. (2022). Analisis Kualitas Air pada Keramba Budidaya Ikan Bandeng (Chanos chanos) di Perairan Laboratorium Slamaran Pekalongan. *Riset Inovasi Dan Teknologi* , 6(2), 47–51.
- Makerfabs, L. (2021). *TDS Measuring in Aquarium*. <https://www.instructables.com/TDS-Measuring-in-Aquarium/>, diakses pada 13 Juni 2023 Pukul 17.42 WIB.
- Mischianti, R. (2021, February 17). *DOIT ESP32 DEV KIT v1 high resolution pinout and specs*. Mischianti. <https://mischianti.org/2021/02/17/doit-esp32-dev-kit-v1-high-resolution-pinout-and-specs/>, diakses pada 11 Oktober 2023 pukul 14.20 WIB.
- Muhtadi, A., Yunasfi, Y., Ma'rufi, M., dan Rizki, A. (2017). Morfometri dan Daya Tampung Beban Pencemaran Danau Pondok Lapan, Kabupaten Langkat Provinsi Sumatera Utara. *Oseanologi Dan Limnologi Di Indonesia*, 2(2), 49–63.
- Nurazizah, H., Arthana, W., and Kartika, G. R. A. (2021). Effect of Different Stocking Densities on the Growth and Survival Rate of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Seeds in Batur Lake Floating Net Cages. *Advances in Tropical Biodiversity and Environmental Sciences*, 5(2), 50–56.
- Nurdiansyah, M., Chomper Sinurat, E., Bakri, M., Ahmad, I., dan Bagus Prasetyo, A. (2020). Sistem Kendali Rotasi Matahari Pada Panel Surya Berbasis Arduino Uno. *JTIKOM*, 1(2), 40–45.
- Pamungkas, R. S. (2017). *Rancang Bangun Penerima Sinyal Berbasis Komunikasi Nirkabel Untuk Monitoring Kualitas Air* [Skripsi]. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Pangestu, C. R. (2019). Rancang Bangun Robot Pengangkut Sampah Pintar Menggunakan Mikrokontroler. *JITCE (Journal of Information Technology and Computer Engineering)*, 3(02), 78–89.

- Pharma, F. (2023). *TDS Meter working & its Principle 2023* . <https://flairpharma.com/tds-meter/>, diakses pada 26 Oktober 2023 pukul 22.10 WIB.
- Pramleonita, M., Yuliani, N., Arizal, R., dan Wardoyo, S. E. (2018). Parameter Fisika Dan Kimia Air Kolam Ikan Nila Hitam (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Sains Natural*, 8(1), 24–34.
- Prastyo, E. A. (2022). *Mengenal Pin GPIO ESP-WROOM-32*. <https://www.arduino.biz.id/2022/08/mengenal-pin-gpio-esp-wroom-32.html>, diakses pada 27 Oktober 2023 pukul 11.21 WIB.
- Putra, S. I. W., Yasa, K. A., dan Sapteka, A. A. N. G. (2021). Sistem Kontrol Otomatis Kepekatan Air Nutrisi Hidroponik Berbasis Internet of Things (IoT). *SENTRINOV Engineering and Science* , 7(1), 286–293.
- Radarlambar. (2020). *Keberadaan 450 Unit KJA di Lumbokseminung Berdampak Terhadap Perekonomian Masyarakat* . <https://www.Radarlambar.Com/2020/03/Keberadaan-450-Unit-Kja-Di.Html>, diakses pada 12 Agustus 2023 pukul 14.21 WIB.
- Rahayu, Rahman, A., dan Dharmaji, D. (2017). Monitoring Daya Dukung Dan Status Mutu Air Kegiatan Budidaya Keramba Jaring Apung Di Waduk Riam Kanan Monitoring. *Jurnal Fish Scientiae* , 7(1), 73–76.
- Ramadhawati, D., Wahyono, H. D., dan Santoso, A. D. (2021). Pemantauan Kualitas Air Sungai Cisadane Secara Online Dan Analisa Status Mutu Air Menggunakan Metode STORET. *Jurnal Sains Dan Teknologi Lingkungan*, 13(2), 76–91.
- Reforma, B., Ma'arif, A., dan Sunardi, S. (2022). Alat Pengukur Kualitas Air Bersih Berdasarkan Tingkat Kekeruhan dan Jumlah Padatan Terlarut. *Jurnal Teknologi Elektro*, 13(2), 66.
- Rudiyanto, B., Rachmanita, R.E., dan Budiprasojo, A. (2023). *Dasar-Dasar Pemasangan Panel Surya*. Unisma Press.
- Salagean, M., and Zinca, D. (2020). IoT Applications based on MQTT Protocol. *2020 14th International Symposium on Electronics and Telecommunications, ISETC 2020 - Conference Proceedings*. 1-4.
- Samad, A. P. A., Altasa, F. R., Imran, I., Baihaqi, B., dan Jamil, M. (2022). Diseminasi Teknologi Keramba Jaring Apung Pada Budidaya Ikan Nila Di Aceh Tamiang. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 6(5), 4141–4151.
- Sandika, D., Edi, D. G. S., dan Kawan, I. M. (2024). Analisis Kualitas Air pada Kolam Pendederan Benih Ikan Karper (*Cyprinus carpio L.*). *Gema Agro*, 29(1), 23–32.
- Santikawati, S., Sihombing. N.S., dan Lase, E. (2023). Pengaruh Pemberian Ekstrak Kecibeling Terhadap Tingkat Kelulushidupan Larva Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). Tapian Nauli. *Jurnal Penelitian Terapan Perikanan Dan Kelautan*, 5(2), 1-9.

- Saputra, D. I., Melky Karmel, G., dan Zainal, Y. B. (2020). Perancangan Dan Implementasi Rapid Temperature Screening Contactless dan Jumlah Orang Berbasis IOT Dengan Protokol MQTT. *Journal Of Energy and Electrical Engineering*, 02(01), 20–30.
- Sari, V. F., Ekawita, R., dan Yuliza, E. (2021). Desain Bangun pH Tanah Digital Berbasis Arduino Uno. *JoP*, 7(1), 36–41.
- Schoder, D. (2018). *Introduction to the Internet of Things*. Wiley-IEEE Pres. California.
- Scientific, A. (2021). *How Do Conductivity Meter Work?* Atlas Scientific . <https://atlas-scientific.com/blog/how-do-conductivity-meters-work/>, diakses pada 12 Oktober 2023 pukul 20.09 WIB.
- Septian Pravangasta, A., Hannats, M., Ichsan, H., dan Maulana, R. (2018). *Sistem Monitoring Kadar Gas Berbahaya Berdasarkan Amonia Dan Metana Pada Peternakan Ayam Broiler Menggunakan Protokol MQTT Pada Realtime System*. 2(10), 4056–4063.
- Soetjipto, W., Andriansyah, R., A'yun, R. A. Q., Setiadi, T., Susanto, H., Solah, A., Hasan, U., Khaerawati, U., Aryshandy, C., Aryshandy, C., Moriansyah, L., Purnama, N. D., Wahyuni, S., Horida, E., & Kurnia, I. (2019). *Peluang Usaha Dan Investasi Nila*. Direktorat Usaha dan Investasi Ditjen Penguatan Daya Saing Produk Kelautan dan Perikanan 2019. Jakarta.
- Sudewa, B., dan Hadiatna, F. (2017). Evaluasi Sensor FIT0348 Sebagai Alat Ukur Potential of Hydrogen (pH) Larutan. *Jurnal Elektro Telekomunikasi Terapan*, 4(2), 570–578.
- Suryono. (2018). *Teknologi Sensor Konsep Fisis dan Teknik Akuisisi Data Berbasis Mikrokontroler 32 Bit ATSAM3X8E (ARDUINO DUE)*. Undip Press.
- Susanto, T., Dadi Riskiono, S., dan Nurkholis, A. (2020). Implementasi Kendali LQR Untuk Pengendalian Sikap Longitudinal Pesawat Flying Wing. *JEC*, 6(2).
- Wahyuni, E. R., Wahyu, R., Hartono, T., and Fadhlani, M. Y. (2020). *Prosiding The 11 th Industrial Research Workshop and National Seminar Bandung*. 11(01), 30-39.
- Wibowo, T. A., Untari, A., dan Anwar, S. (2021). Tingkat Penerimaan Masyarakat Terhadap Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Segar Dengan Habitat Yang Berbeda. *Samakia: Jurnal Ilmu Perikanan*, 12(1), 72–79.
- Wirman, R. P., Wardhana, I., dan Isnaini, V. A. (2019). Kajian Tingkat Akurasi Sensor pada Rancang Bangun Alat Ukur Total Dissolved Solids (TDS) dan Tingkat Kekeruhan Air. *Jurnal Fisika*, 9(1), 37–46.