

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING AIR
LIMBAH BERBASIS SENSOR PH, TOTAL
DISSOLVED SOLIDS, SUHU, DAN DEBIT AIR
BERBASIS INTERNET OF THINGS**

SKRIPSI

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Fauzi Hidayatulloh

2107421017

**PROGRAM STUDI TEKNIK MULTIMEDIA DAN JARINGAN
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA DAN KOMPUTER
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING AIR
LIMBAH BERBASIS SENSOR PH, TOTAL
DISSOLVED SOLIDS, SUHU, DAN DEBIT AIR
BERBASIS INTERNET OF THINGS**

SKRIPSI

**Dibuat untuk Melengkapi Syarat-Syarat yang Diperlukan untuk
Memperoleh Diploma Empat Politeknik**

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Fauzi Hidayatulloh

2107421017

**PROGRAM STUDI TEKNIK MULTIMEDIA DAN JARINGAN
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA DAN KOMPUTER
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fauzi Hidayatulloh
NIM : 2107421017
Jurusan / Program Studi : Teknik Informatika dan Komputer /
Teknik Multimedia dan Jaringan
Judul skripsi : Rancang Bangun Sistem Monitoring Air Limbah
Berbasis Sensor pH, Total Dissolved Solids, Suhu,
dan Debit Air Berbasis Internet of Things

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bebas dari peniruan terhadap karya dari orang lain. Kutipan pendapat dan tulisan orang lain ditunjuk sesuai dengan cara-cara penulisan karya ilmiah yang berlaku.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa dalam skripsi ini terkandung ciri-ciri plagiat dan bentuk-bentuk peniruan lain yang dianggap melanggar peraturan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Depok, 9 Juni 2026

Yang membuat pernyataan



(Fauzi Hidayatulloh)

NIM. 2107421017



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Fauzi Hidayatulloh

NIM : 2107421017

Program Studi : Teknik Multimedia dan Jaringan

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Skripsi pada hari Kamis

Tanggal 02, Bulan 07, Tahun 2026 dan dinyatakan **LULUS**.

Disahkan oleh

Pembimbing I : Chandra Wirawan, S.Kom., M.Kom.

Penguji I : Maria Agustin, S.Kom., M.Kom.

Penguji II : Susana Dwi Yulianti, M.Kom.

Penguji III : Dwi Ermawati, MT

Mengetahui :

Jurusan Teknik Informatika dan Komputer

Ketua



Dr. Anita Hidayati, S.Kom., M.Kom.

NIP. 197908032003122003



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, nikmat, pertolongan, dan kemudahan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Monitoring Air Limbah Berbasis Sensor pH, Total Dissolved Solids, Suhu, dan Debit Air Berbasis Internet of Things”. Selama proses penyusunan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak dukungan, dan segala bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT atas segala kekuatan, petunjuk, dan kemudahan yang diberikan kepada penulis.
2. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu memberikan doa, kasih sayang, dukungan, serta menjadi alasan penulis untuk terus berusaha menyelesaikan pendidikan ini.
3. Bapak Chandra Wirawan, S.Kom., M.Kom. selaku dosen pembimbing yang dengan sabar telah memberikan arahan, bimbingan, masukan, serta kepercayaan dan ruang bagi penulis untuk belajar dan berproses dari awal hingga akhir penyusunan skripsi ini.
4. Orang-orang berharga yang telah memberikan nasihat, semangat, dan keyakinan kepada penulis untuk tetap menyelesaikan proses ini.
5. Seluruh dosen, civitas akademika Politeknik Negeri Jakarta, khususnya Program Studi Teknik Multimedia dan Jaringan, serta teman-teman seperjuangan yang telah memberikan ilmu, pengalaman, bantuan, dan dukungan selama masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diterima. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan menjadi kontribusi dalam pengembangan teknologi *Internet of Things*, khususnya pada bidang sistem *monitoring* lingkungan.

Depok, 9 Juni 2026

Fauzi Hidayatulloh



SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Politeknik Negeri Jakarta, saya bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fauzi Hidayatulloh
NIM : 2107421017
Jurusan / Program Studi : Teknik Informatika dan Komputer /
Teknik Multimedia dan Jaringan

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Negeri Jakarta Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Rancang Bangun Sistem Monitoring Air Limbah Berbasis Sensor pH, Total Dissolved Solids, Suhu, dan Debit Air Berbasis Internet of Things

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Politeknik Negeri Jakarta Berhak menyimpan, mengalihmediakan/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Depok, 9 Juni 2026

Yang menyatakan,

(Fauzi Hidayatulloh)

NIM. 2107421017

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Rancang Bangun Sistem Monitoring Air Limbah Berbasis Sensor pH, Total Dissolved Solids, Suhu, dan Debit Air Berbasis Internet of Things

Abstrak

Pemantauan air limbah secara manual memiliki keterbatasan dalam efisiensi, pengambilan data secara berulang, dan akses informasi secara real-time. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem monitoring air limbah berbasis Internet of Things (IoT) untuk memantau parameter pH, Total Dissolved Solids (TDS), suhu, dan debit air melalui aplikasi mobile. Metode penelitian dilakukan melalui tahap analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, serta pengujian sistem. Sistem menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler, sensor pH, sensor TDS, sensor suhu DS18B20, sensor debit air YF-S201, OLED Display, Firebase Realtime Database, dan aplikasi mobile AquaSense. Data hasil pembacaan sensor dikirimkan melalui jaringan WiFi ke Firebase Realtime Database dan ditampilkan pada aplikasi mobile secara real-time. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat membaca parameter air, mengirimkan data ke database, menampilkan data pada aplikasi mobile, serta memberikan status dan keterangan kondisi air berdasarkan nilai acuan yang digunakan. Sistem ini dapat digunakan sebagai prototipe early monitoring system untuk membantu pemantauan awal kondisi air limbah berbasis IoT.

Kata Kunci: Air Limbah, Aplikasi Mobile, ESP32, Firebase Realtime Database, Internet of Things, Pemantauan.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
<i>Abstrak</i>	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan dan Manfaat.....	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Landasan Teori	7
2.1.1 Internet of Things (IoT)	7
2.1.2 Mikrokontroler ESP32	8
2.1.3 Sensor pH.....	9
2.1.4 Sensor Total Dissolved Solids (TDS).....	11
2.1.5 Sensor Suhu.....	12
2.1.6 Sensor Debit Aliran Air.....	13
2.1.7 OLED Display.....	16
2.1.8 Firebase Real-Time Database.....	17
2.1.9 Aplikasi Mobile Berbasis Android.....	18
2.1.10 Metode Rancang Bangun Sistem	20
2.1.11 Sistem Monitoring Kualitas Air Limbah.....	21
2.1.12 Pengujian Sistem.....	22
2.2 Penelitian Terdahulu	24



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB III METODE PENELITIAN.....	27
3.1 Rancangan Penelitian	27
3.2 Tahapan Penelitian.....	27
3.3 Objek Penelitian	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1 Analisis Kebutuhan	31
4.2 Perancangan Sistem.....	33
4.2.1 Diagram Blok Sistem	34
4.2.2 Diagram Alur (Flowchart).....	35
4.2.3 Perancangan Skematik dan Pinout.....	39
4.2.4 Rancangan Casing Komponen Alat	41
4.2.5 Perancangan Database.....	42
4.2.6 Perancangan Aplikasi Mobile	43
4.3 Implementasi Sistem	46
4.3.1 Implementasi Perangkat Keras.....	47
4.3.2 Implementasi Firebase Realtime Database	48
4.3.3 Implementasi Aplikasi Mobile	50
4.4 Pengujian Sistem	54
4.4.1 Deskripsi Pengujian	54
4.4.2 Prosedur Pengujian	55
4.4.2.1 Prosedur Pengujian Alat	55
4.4.2.2 Prosedur Pengujian Android	58
4.4.3 Data Hasil Pengujian.....	59
4.4.3.1 Hasil Data Pengujian Alat.....	59
4.4.3.2 Hasil Data Pengujian Android	74
4.4.4 Analisis Data dan Evaluasi Pengujian.....	76
4.4.4.1 Analisis Data.....	76
4.4.4.2 Evaluasi Pengujian.....	82
BAB V PENUTUP.....	84
5.1 Kesimpulan.....	84
5.2 Saran.....	85
DAFTAR PUSTAKA.....	86



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	90
LAMPIRAN.....	91





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 NODE MCU ESP32 USB-C	9
Gambar 2.2 Modul pH-4502C dan Elektroda E-201-C	10
Gambar 2.3 Gravity TDS Analog	12
Gambar 2.4 Sensor Suhu DS18B20 <i>Waterproof</i>	13
Gambar 2.5 Sensor YF-S201	15
Gambar 2.6 OLED SSD1306	17
Gambar 2.7 Firebase Real-time Database	18
Gambar 3.1 Tahapan penelitian	28
Gambar 4.1 Diagram Blok Sistem	34
Gambar 4.2 Flowchart Keseluruhan Sistem	36
Gambar 4.3 Flowchart Perangkat IoT	37
Gambar 4.4 Flowchart Aplikasi <i>Mobile</i>	38
Gambar 4.5 Rancangan Skematik dan Pinout ESP32	40
Gambar 4.6 Rancangan Casing Komponen Alat	41
Gambar 4.7 Mockup Aplikasi <i>Mobile</i> Halaman <i>Login</i>	44
Gambar 4.8 Mockup Aplikasi <i>Mobile</i> Halaman <i>Register</i>	44
Gambar 4.9 Mockup Aplikasi <i>Mobile</i> Halaman <i>Home</i>	45
Gambar 4.10 Mockup Aplikasi <i>Mobile</i> Halaman Sensor	46
Gambar 4.11 Rangkaian Komponen Alat	47
Gambar 4.12 Output Serial Monitor	48
Gambar 4.13 Firebase Realtime Database Node sensor	49
Gambar 4.14 Firebase Realtime Database Node sensor_logdata	49
Gambar 4.15 Halaman <i>Login</i>	51
Gambar 4.16 Halaman <i>Register</i>	51
Gambar 4.17 Halaman Lupa <i>Password</i>	52
Gambar 4.18 Halaman <i>Home</i>	53
Gambar 4.19 Halaman <i>Sensor</i>	53
Gambar 4.20 PH TDS EC Temperature Meter Tester ATC EZ9908, CRM pH dan CRM Konduktivitas	56
Gambar 4.21 Pengujian Awal Sensor pH	61
Gambar 4.22 Pengujian Awal Sensor TDS	64



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	24
Tabel 4.1 Kebutuhan Perangkat Keras	32
Tabel 4.2 Kebutuhan Perangkat Lunak	33
Tabel 4.3 Rancangan <i>Pinout</i> ESP32.....	41
Tabel 4.4 Struktur Database Firebase Realtime Database	42
Tabel 4.5 Prosedur Pengujian Fungsionalitas Alat.....	56
Tabel 4.6 Prosedur Pengujian Integrasi Sistem.....	58
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Fungsionalitas Alat	59
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Awal Sensor pH.....	61
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Sensor pH pada Sampel Air Limbah Domestik Setelah Penyesuaian.....	62
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Awal Sensor TDS	65
Tabel 4.11 Hasil Pengujian Sensor TDS pada Sampel Air Limbah Domestik Setelah Penyesuaian	65
Tabel 4.12 Hasil Pengujian Sensor Suhu pada Sampel Air Limbah Domestik.....	67
Tabel 4.13 Hasil Pengujian Sensor Debit Air pada Sampel Air Limbah Domestik	70
Tabel 4.14 Hasil Pengujian Durability Sistem	72
Tabel 4.15 Hasil Pengujian Integrasi Sistem.....	73
Tabel 4.16 Hasil Pengujian Aplikasi <i>Mobile</i>	74
Tabel 4.17 Komparasi Rata-Rata Error Sensor pada Sampel Air Limbah Domestik	79

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan aktivitas industri dan kegiatan manusia menghasilkan air limbah yang berpotensi menurunkan kualitas lingkungan apabila tidak dikelola secara tepat. Air limbah yang dibuang tanpa pengendalian dapat mencemari badan air, mengganggu keseimbangan ekosistem perairan, serta menimbulkan risiko terhadap kesehatan manusia. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengelolaan dan pemantauan kualitas air limbah perlu dilakukan secara berkelanjutan sebagai bagian dari upaya pengendalian pencemaran lingkungan.

Pemerintah Indonesia telah menetapkan ketentuan mengenai perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup melalui Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021. Salah satu aspek yang diatur dalam kebijakan tersebut adalah baku mutu air yang digunakan sebagai acuan untuk menilai kelayakan kualitas air sebelum dilepaskan ke lingkungan (PP No. 22 Tahun 2021, Lampiran VI). Selain itu, pengawasan terhadap air limbah juga diperkuat melalui penerapan Sistem Pemantauan Kualitas Air Limbah Secara Terus-Menerus dan Dalam Jaringan (SPARING), sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 93 Tahun 2018. Sistem tersebut diarahkan untuk mendukung pemantauan kualitas air limbah secara berkelanjutan dan *real-time*.

Kemajuan teknologi digital membuka peluang baru dalam pengembangan sistem pemantauan lingkungan. Salah satu teknologi yang banyak diterapkan adalah *Internet of Things* (IoT), yaitu konsep yang menghubungkan sensor, mikrokontroler, dan jaringan komunikasi agar data dapat dikumpulkan serta dikirim secara otomatis. Melalui penerapan IoT, proses pemantauan kualitas air dapat dilakukan secara kontinu, lebih efisien, dan dapat diakses dari jarak jauh melalui perangkat pengguna (Lakshmikantha et al., 2021). Dengan kemampuan tersebut, IoT menjadi pendekatan yang relevan untuk mendukung sistem pemantauan air limbah berbasis data.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Sejumlah penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem pemantauan kualitas air berbasis IoT dengan memanfaatkan parameter pH, suhu, dan Total Dissolved Solids (TDS) sebagai indikator kondisi air limbah (Danang et al., 2023; Faza et al., 2021). Sistem yang dikembangkan pada penelitian tersebut telah mampu melakukan pembacaan parameter dan pengiriman data secara *real-time*, sehingga proses pemantauan menjadi lebih praktis. Meski demikian, beberapa kajian masih menunjukkan keterbatasan, terutama pada fleksibilitas rancangan, jumlah parameter yang dipantau, serta media komunikasi yang digunakan untuk menyampaikan data kepada pengguna.

Penggunaan sensor *low-cost* dalam sistem pemantauan berbasis IoT menjadi salah satu alternatif yang banyak dipilih karena biaya implementasinya relatif rendah dan mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler. Namun, sensor jenis ini tetap memiliki keterbatasan, terutama pada aspek akurasi, kestabilan, dan keandalan hasil pembacaan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa sensor *low-cost* belum banyak diuji melalui perbandingan dengan alat referensi standar, sehingga hasil pengukurannya masih berpotensi mengalami deviasi dan memerlukan proses penyesuaian agar data yang dihasilkan lebih mendekati nilai acuan (de Camargo et al., 2023).

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan pengembangan sistem pemantauan air limbah yang tidak hanya mampu membaca dan mengirimkan data secara *real-time*, tetapi juga memperhatikan kesesuaian hasil pembacaan sensor melalui mekanisme penyesuaian. Sistem juga perlu dilengkapi dengan antarmuka yang mudah digunakan, seperti aplikasi mobile, agar informasi hasil pemantauan dapat ditampilkan secara jelas, ringkas, dan mudah dipahami oleh pengguna.

Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan untuk merancang dan membangun sistem monitoring air limbah berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu memantau parameter pH, Total Dissolved Solids (TDS), suhu, dan debit aliran air melalui aplikasi mobile. Sistem yang dikembangkan menggunakan sensor *low-cost* dan dilengkapi mekanisme penyesuaian pada pembacaan sensor pH serta Total Dissolved Solids (TDS) untuk meningkatkan kesesuaian hasil pengukuran terhadap



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

nilai acuan atau alat pembanding. Data pemantauan ditampilkan melalui aplikasi *mobile* AquaSense sebagai informasi awal kondisi air limbah. Sistem ini dirancang sebagai prototipe *early monitoring system*, sehingga tidak dimaksudkan untuk menggantikan sistem pemantauan resmi, melainkan sebagai media pendukung dalam kegiatan pemantauan awal air limbah.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem *monitoring* air limbah berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu memantau parameter pH, Total Dissolved Solids (TDS), suhu, dan debit air secara *real-time* melalui aplikasi *mobile*?
2. Bagaimana kinerja sistem *monitoring* air limbah yang dikembangkan ditinjau dari mekanisme penyesuaian sensor, akurasi pembacaan sensor, kestabilan data, dan keandalan pengiriman data ke aplikasi *mobile*?
3. Bagaimana hasil pemantauan parameter kualitas dan kuantitas air limbah dibandingkan dengan nilai baku mutu yang ditampilkan melalui aplikasi *mobile*?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah yang telah diuraikan, ruang lingkup permasalahan pada penelitian ini perlu dibatasi agar penelitian lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini difokuskan pada pengembangan sistem *monitoring* air limbah berbasis *Internet of Things* (IoT) dalam bentuk prototipe skala laboratorium.
2. Parameter yang dipantau meliputi pH, Total Dissolved Solids (TDS), suhu, dan debit aliran air menggunakan sensor *low-cost* yang tidak ditujukan sebagai alat ukur standar industri atau alat ukur terkalibrasi secara resmi.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Mekanisme penyesuaian pembacaan sensor dilakukan terbatas pada sensor pH dan Total Dissolved Solids (TDS) berdasarkan nilai acuan atau alat pembanding untuk meningkatkan kesesuaian hasil pengukuran.
4. Sistem *monitoring* menampilkan hasil pengukuran melalui aplikasi *mobile* berbasis Android secara *real-time*.
5. Hasil pemantauan dibandingkan dengan nilai acuan sebagai informasi awal kondisi air, tanpa melakukan penilaian kepatuhan lingkungan secara resmi.

1.4 Tujuan dan Manfaat

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disusun, penelitian ini memiliki tujuan yang ingin dicapai serta manfaat yang diharapkan bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan penerapan teknologi *Internet of Things* dalam bidang pemantauan lingkungan. Oleh karena itu, pada bagian ini diuraikan tujuan dan manfaat penelitian sebagai berikut.

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Merancang dan membangun sistem *monitoring* air limbah berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu memantau parameter pH, Total Dissolved Solids (TDS), suhu, dan debit air secara *real-time* melalui aplikasi *mobile*.
2. Menganalisis kinerja sistem *monitoring* air limbah yang dikembangkan berdasarkan mekanisme penyesuaian sensor, akurasi pembacaan sensor, kestabilan data, dan keandalan pengiriman data ke aplikasi *mobile*.
3. Membandingkan hasil pemantauan parameter kualitas dan kuantitas air limbah dengan nilai acuan yang ditampilkan melalui aplikasi *mobile*.

Secara umum, penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan gambaran pengembangan sistem pemantauan awal kualitas air limbah berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dapat menampilkan data pH, Total Dissolved Solids (TDS), suhu, dan debit air secara *real-time* melalui aplikasi *mobile*.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Menjadi referensi dalam penerapan sensor *low-cost* pada sistem *monitoring* air limbah berbasis *Internet of Things* (IoT), khususnya pada penggunaan sensor pH, sensor TDS, sensor suhu, dan sensor debit air.
3. Membantu pengguna memperoleh informasi awal mengenai kondisi air limbah melalui tampilan data pada aplikasi *mobile*, sehingga dapat mendukung proses pemantauan awal secara lebih praktis.
4. Menjadi dasar pengembangan lebih lanjut untuk sistem *monitoring* air limbah yang lebih akurat, stabil, dan terintegrasi.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini disusun untuk memberikan gambaran secara menyeluruh mengenai isi pembahasan pada setiap bab. Adapun sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN

Pada bab pertama, dibahas latar belakang penelitian mengenai kebutuhan sistem monitoring air limbah berbasis Internet of Things (IoT), perumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan skripsi. Bab ini menjadi dasar dalam menjelaskan alasan dilakukannya penelitian dan ruang lingkup sistem yang dikembangkan.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab kedua, dibahas teori-teori yang mendukung penelitian, meliputi konsep Internet of Things (IoT), mikrokontroler ESP32, sensor pH, sensor Total Dissolved Solids (TDS), sensor suhu, sensor debit air, OLED Display, Firebase Realtime Database, aplikasi *mobile*, metode rancang bangun sistem, sistem *monitoring* kualitas air limbah, serta metode pengujian sistem. Selain itu, bab ini juga membahas penelitian terdahulu yang relevan sebagai dasar pembandingan dalam pengembangan sistem.

3. BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ketiga, dibahas metode penelitian yang digunakan, yaitu metode rancang bangun dengan pendekatan kuantitatif. Pembahasan pada bab ini meliputi rancangan penelitian, tahapan penelitian, serta objek penelitian berupa



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

prototipe sistem monitoring air limbah domestik berbasis IoT. Bab ini juga menjelaskan penggunaan sampel air limbah domestik hotel, pertambangan, dan rumah sakit sebagai media uji sistem.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab keempat, dibahas mengenai hasil dari perancangan, implementasi, dan pengujian sistem *monitoring* air limbah berbasis IoT. Pembahasan meliputi analisis kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak, perancangan diagram blok, flowchart, skematik dan pinout ESP32, rancangan database Firebase Realtime Database, rancangan aplikasi *mobile*, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, serta hasil pengujian sistem. Pengujian yang dibahas mencakup pengujian sensor pH, TDS, suhu, debit air, pengiriman data ke Firebase, tampilan data pada aplikasi *mobile*, dan analisis serta evaluasi hasil pengujian.

5. BAB V PENUTUP

Pada bab kelima, dibahas mengenai kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan berdasarkan tujuan dan hasil pengujian sistem. Selain itu, bab ini juga berisi saran untuk pengembangan sistem monitoring air limbah berbasis IoT agar dapat ditingkatkan dari segi akurasi sensor, kestabilan sistem, tampilan aplikasi *mobile*, serta penerapan sistem pada kondisi pengujian yang lebih luas.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Landasan teori digunakan sebagai dasar dalam memahami konsep, komponen, dan metode yang berkaitan dengan penelitian. Pada penelitian ini, landasan teori mencakup konsep *Internet of Things* (IoT), mikrokontroler ESP32, sensor pH, sensor Total Dissolved Solids (TDS), sensor suhu, sensor debit air, OLED Display, Firebase Realtime Database, aplikasi *mobile* berbasis Android, metode rancang bangun sistem, sistem *monitoring* kualitas air limbah, dan pengujian sistem.

2.1.1 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan konsep yang memungkinkan perangkat fisik, seperti sensor, aktuator, dan sistem elektronik, saling terhubung melalui jaringan internet untuk bertukar data secara otomatis. Teknologi ini mendukung proses pengambilan data, pemantauan kondisi, serta pengendalian perangkat secara lebih efisien tanpa memerlukan keterlibatan manusia secara langsung pada setiap prosesnya.

Secara umum, sistem IoT terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu sensor sebagai pengambil data, mikrokontroler sebagai pengolah data, jaringan komunikasi sebagai media transmisi, serta platform penyimpanan dan aplikasi sebagai sarana penyajian informasi kepada pengguna. Data yang diperoleh dari sensor diproses oleh mikrokontroler, kemudian dikirimkan melalui jaringan internet menuju server atau *cloud database* untuk disimpan dan ditampilkan dalam bentuk aplikasi *mobile* atau *dashboard*.

Penerapan IoT pada bidang lingkungan, khususnya pemantauan kualitas air, memungkinkan proses pengamatan dilakukan secara kontinu dan *real-time*. Sistem berbasis IoT dapat mengintegrasikan berbagai parameter, seperti pH, TDS, suhu, dan debit aliran air dalam satu sistem yang saling terhubung, sehingga proses observasi dan pengambilan keputusan dapat didukung oleh data aktual (Lakshmikantha et al., 2021).



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pada penelitian ini, IoT digunakan untuk menghubungkan sensor pH, TDS, suhu, dan debit air dengan ESP32 sebagai pusat pengolahan data. Hasil pembacaan sensor dikirimkan melalui jaringan WiFi ke Firebase Realtime Database sebagai media penyimpanan data, kemudian ditampilkan pada aplikasi *mobile*. Melalui rancangan tersebut, pengguna dapat memantau kondisi kualitas dan kuantitas air limbah secara langsung, praktis, dan mudah diakses.

2.1.2 Mikrokontroler ESP32

Mikrokontroler merupakan sistem komputer berukuran kecil yang tertanam dalam satu chip dan berfungsi untuk mengendalikan perangkat elektronik serta memproses data secara otomatis. Pada sistem berbasis *Internet of Things* (IoT), mikrokontroler memiliki peran penting sebagai pusat kendali yang menerima data dari sensor, mengolah data tersebut, lalu mengirimkan hasilnya melalui jaringan komunikasi.

Pada penelitian ini, mikrokontroler yang digunakan adalah ESP32. ESP32 merupakan mikrokontroler yang dikembangkan oleh Espressif Systems dan memiliki fitur konektivitas WiFi serta Bluetooth yang telah terintegrasi dalam satu chip. Keunggulan tersebut membuat ESP32 sesuai digunakan pada pengembangan sistem IoT karena mampu melakukan komunikasi data melalui jaringan internet tanpa memerlukan modul komunikasi tambahan.

Selain memiliki konektivitas yang lengkap, ESP32 juga didukung oleh spesifikasi yang memadai untuk pengolahan data dari beberapa sensor. Mikrokontroler ini memiliki prosesor *dual-core*, kecepatan *clock* hingga 240 MHz, serta jumlah pin *input/output* (GPIO) yang cukup banyak untuk menghubungkan berbagai komponen. ESP32 juga mendukung beberapa protokol komunikasi, seperti UART, I2C, dan SPI, sehingga memudahkan proses integrasi dengan sensor pH, TDS, suhu, debit air, serta perangkat pendukung lainnya (Espressif Systems, 2020).

Pemilihan ESP32 pada penelitian ini didasarkan pada kemampuannya dalam membaca dan mengolah data dari beberapa sensor secara bersamaan. Data yang diperoleh dari sensor pH, TDS, suhu, dan debit air diproses oleh ESP32, kemudian dikirimkan melalui jaringan WiFi menuju Firebase Realtime Database. Setelah data

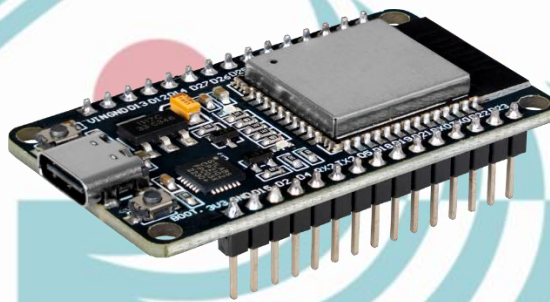


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

tersimpan pada database, hasil pemantauan dapat ditampilkan melalui aplikasi *mobile* berbasis Android secara *real-time*.

Dengan fungsi tersebut, ESP32 menjadi komponen utama yang menghubungkan perangkat keras, database, dan aplikasi *mobile* dalam sistem monitoring air limbah berbasis IoT. Peran ESP32 tidak hanya terbatas pada pengambilan data sensor, tetapi juga mencakup proses pengolahan, pengiriman, dan integrasi data agar sistem dapat berjalan secara otomatis dan mudah diakses oleh pengguna.



Gambar 2.1 NODE MCU ESP32 USB-C

Sumber: (Joy-IT, 2024)

2.1.3 Sensor pH

Sensor pH merupakan salah satu komponen penting dalam pemantauan kualitas air limbah karena digunakan untuk mengetahui tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan. Secara prinsip, sensor pH bekerja berdasarkan metode elektrokimia. Sensor ini mengukur perbedaan potensial listrik antara elektroda pengukur dan elektroda referensi yang dicelupkan ke dalam larutan. Perbedaan potensial tersebut kemudian dikonversi oleh rangkaian pengolah sinyal menjadi keluaran tegangan analog, lalu dibaca oleh mikrokontroler untuk diproses menjadi nilai pH.

Pada penelitian ini digunakan sensor pH tipe PH-4502C yang dilengkapi dengan elektroda E-201-C. Modul PH-4502C menghasilkan keluaran berupa tegangan analog, sehingga diperlukan proses konversi melalui program agar data yang diterima mikrokontroler dapat ditampilkan dalam bentuk nilai pH. Penggunaan modul PH-4502C dan elektroda E-201-C juga telah diterapkan sebagai perangkat pembacaan kadar pH air pada alat ukur berbasis Arduino Uno (Budi et al., 2025).



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Sensor PH-4502C termasuk dalam kategori sensor *low-cost* yang banyak digunakan pada pengembangan sistem pemantauan berbasis *Internet of Things* (IoT). Sensor ini dipilih karena memiliki harga yang relatif terjangkau, mudah diperoleh, dan dapat diintegrasikan dengan mikrokontroler seperti ESP32. Karakteristik tersebut menjadikan sensor PH-4502C sesuai untuk digunakan dalam pengembangan prototipe sistem monitoring air limbah.

Dengan demikian, sensor pH *low-cost* memiliki keterbatasan pada aspek akurasi dan kestabilan pembacaan. Hasil pengukuran dapat mengalami deviasi apabila sensor tidak melalui proses penyesuaian yang tepat. Untuk mengurangi selisih pembacaan, sensor pH perlu disesuaikan menggunakan larutan buffer standar agar nilai yang dihasilkan lebih mendekati kondisi sebenarnya. Kebutuhan penyesuaian tersebut sejalan dengan penelitian yang menjelaskan bahwa penggunaan sensor *low-cost* pada sistem monitoring memerlukan proses kalibrasi untuk meningkatkan keandalan data yang diperoleh (de Camargo et al., 2023).

Pada sistem yang dikembangkan, sensor pH digunakan sebagai parameter utama untuk memantau kondisi air limbah. Data hasil pembacaan sensor diproses oleh ESP32, kemudian dikirimkan ke Firebase Realtime Database dan ditampilkan melalui aplikasi *mobile* secara *real-time*. Dengan alur tersebut, pengguna dapat memperoleh informasi awal mengenai kondisi pH air limbah secara lebih praktis dan mudah diakses.



Gambar 2.2 Modul pH-4502C dan Elektroda E-201-C

Sumber: (Budi et al., 2025)



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2.1.4 Sensor Total Dissolved Solids (TDS)

Total Dissolved Solids (TDS) merupakan parameter yang digunakan untuk menunjukkan jumlah zat padat terlarut di dalam air, seperti mineral, garam, logam, dan senyawa organik. Nilai TDS dapat menjadi salah satu indikator kualitas air karena semakin tinggi kandungan zat terlarut, maka semakin besar pula kemungkinan air mengalami perubahan karakteristik atau terindikasi tercemar. Oleh sebab itu, pengukuran TDS diperlukan dalam sistem monitoring air limbah untuk memberikan informasi awal mengenai kandungan zat terlarut pada sampel air yang diamati.

Sensor TDS bekerja berdasarkan prinsip konduktivitas listrik. Air yang mengandung zat terlarut memiliki kemampuan menghantarkan arus listrik, sehingga nilai konduktivitas akan meningkat seiring bertambahnya jumlah zat terlarut di dalam air. Besaran konduktivitas tersebut kemudian dikonversi oleh sistem pengolah data menjadi nilai TDS dengan satuan ppm (*parts per million*). Melalui proses ini, mikrokontroler dapat membaca perubahan kadar zat terlarut dan menampilkannya sebagai data pemantauan.

Pada penelitian ini digunakan sensor Gravity Total Dissolved Solids (TDS) analog sebagai salah satu sensor utama dalam sistem monitoring air limbah. Sensor ini termasuk kategori *low-cost* dan banyak digunakan pada pengembangan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) karena memiliki biaya yang relatif terjangkau, mudah diperoleh, serta dapat diintegrasikan dengan mikrokontroler seperti ESP32. Karakteristik tersebut membuat sensor Gravity TDS sesuai digunakan pada prototipe sistem pemantauan awal air limbah.

Meski memiliki kemudahan dalam penerapan, sensor TDS *low-cost* tetap memiliki keterbatasan pada aspek akurasi dan kestabilan pembacaan. Hasil pengukuran dapat dipengaruhi oleh suhu, kondisi lingkungan, kualitas sensor, serta karakteristik sampel air yang diuji. Oleh karena itu, diperlukan proses penyesuaian atau kalibrasi agar data yang dihasilkan lebih mendekati nilai acuan. Penyesuaian tersebut dapat dilakukan menggunakan larutan standar atau melalui perbandingan dengan alat



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

referensi, sehingga hasil pembacaan sensor menjadi lebih representatif terhadap kondisi sebenarnya (de Camargo et al., 2023).

Pada sistem yang dikembangkan, sensor TDS digunakan untuk memantau kandungan zat padat terlarut pada air limbah. Data hasil pembacaan sensor diproses oleh ESP32, kemudian dikirimkan ke Firebase Realtime Database melalui jaringan WiFi. Selanjutnya, data tersebut ditampilkan pada aplikasi *mobile* secara *real-time*, sehingga pengguna dapat memperoleh informasi awal mengenai kondisi air limbah dengan lebih praktis dan mudah dipahami.



Gambar 2.3 Gravity TDS Analog

Sumber: (DFRobot, n.d)

2.1.5 Sensor Suhu

Suhu merupakan salah satu parameter fisik yang berpengaruh terhadap kualitas air limbah. Perubahan suhu dapat memengaruhi reaksi kimia, aktivitas mikroorganisme, serta kestabilan parameter lain seperti pH dan Total Dissolved Solids (TDS). Oleh karena itu, pengukuran suhu menjadi penting dalam sistem monitoring kualitas air untuk memberikan informasi kondisi lingkungan secara lebih komprehensif (Danang et al., 2023; Faza et al., 2021).

Sensor suhu yang digunakan dalam penelitian ini adalah sensor DS18B20 *waterproof*. Sensor ini merupakan sensor suhu digital yang mampu mengukur suhu dalam rentang -55°C hingga $+125^{\circ}\text{C}$ dengan tingkat akurasi hingga $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ pada rentang tertentu. Selain itu, sensor DS18B20 menggunakan komunikasi 1-Wire yang memungkinkan pertukaran data hanya melalui satu jalur komunikasi,



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

sehingga memudahkan integrasi dengan mikrokontroler seperti ESP32 (Maxim Integrated, 2019).

Sensor DS18B20 bekerja dengan mengubah besaran suhu menjadi sinyal digital yang kemudian dikirimkan ke mikrokontroler untuk diproses lebih lanjut. Data suhu yang diperoleh digunakan sebagai parameter pendukung dalam sistem *monitoring*, khususnya untuk membantu interpretasi kondisi air serta memengaruhi hasil pembacaan parameter lain seperti Total Dissolved Solids (TDS).

Dalam penelitian ini, sensor suhu diintegrasikan ke dalam sistem *monitoring* berbasis *Internet of Things* (IoT), di mana data suhu akan dikirimkan bersama parameter lainnya melalui jaringan internet dan ditampilkan pada aplikasi *mobile* secara *real-time*.



Gambar 2.4 Sensor Suhu DS18B20 *Waterproof*

Sumber: (Tweaking4All, 2014)

2.1.6 Sensor Debit Aliran Air

Sensor debit air merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur laju aliran air dalam suatu sistem, yang umumnya dinyatakan dalam satuan liter per menit (L/min). Debit aliran air merupakan parameter kuantitas yang menunjukkan volume air yang mengalir dalam satuan waktu tertentu, sehingga informasi debit sangat penting dalam sistem *monitoring* air limbah karena berkaitan dengan jumlah air limbah yang dihasilkan.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Sensor debit air umumnya bekerja berdasarkan prinsip perputaran turbin yang dipengaruhi oleh aliran fluida. Ketika air mengalir melalui sensor, rotor atau baling-baling di dalam sensor akan berputar dan menghasilkan pulsa listrik. Pulsa tersebut dihasilkan melalui sensor berbasis *Hall Effect* yang mendeteksi perubahan medan magnet akibat perputaran rotor. Frekuensi pulsa kemudian dikonversi oleh mikrokontroler menjadi nilai debit dan volume air (Handson Technology, n.d.).

Dalam penelitian ini digunakan sensor debit air tipe YF-S201 yang banyak digunakan pada sistem monitoring berbasis mikrokontroler karena mudah diimplementasikan dan memiliki biaya yang relatif terjangkau. Sensor ini memiliki rentang pengukuran sekitar 1 hingga 30 L/min dengan tingkat akurasi $\pm 5\%$ serta menghasilkan sinyal pulsa digital yang dapat diolah oleh mikrokontroler seperti ESP32 (Handson Technology, n.d.). Penggunaan parameter debit air dalam sistem monitoring kualitas air juga telah diterapkan pada penelitian sebelumnya untuk memantau kondisi air limbah secara real-time berbasis *Internet of Things* (IoT) (Wijaya et al., 2021).

Namun demikian, sensor debit air tipe turbin memiliki keterbatasan dalam penggunaannya, terutama pada air limbah. Sensor ini bukan merupakan alat ukur presisi tinggi dan hasil pengukurannya dapat dipengaruhi oleh kondisi tekanan air, orientasi pemasangan, serta karakteristik aliran fluida. Selain itu, adanya kotoran pada air limbah berpotensi menyebabkan penyumbatan atau gangguan pada putaran rotor sehingga dapat menurunkan akurasi pengukuran. Oleh karena itu, diperlukan proses kalibrasi serta perawatan berkala untuk menjaga keakuratan hasil pengukuran (Handson Technology, n.d.).

Sebagai alternatif, terdapat sensor debit air non-kontak seperti *ultrasonic flow meter* yang memiliki tingkat keandalan lebih tinggi dan tidak terpengaruh oleh kotoran, namun memiliki biaya yang relatif lebih tinggi sehingga kurang sesuai untuk sistem berbasis *low-cost*. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dipilih sensor YF-S201 sebagai solusi yang seimbang antara biaya dan fungsionalitas.

Dalam penelitian ini, sensor debit air digunakan untuk melengkapi parameter monitoring kualitas air limbah, sehingga sistem tidak hanya mengukur kualitas air



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

(pH, Total Dissolved Solids (TDS), suhu), tetapi juga kuantitas aliran air. Data debit air yang diperoleh akan diintegrasikan ke dalam sistem berbasis *Internet of Things* (IoT), di mana data dikirimkan melalui jaringan internet dan ditampilkan pada aplikasi *mobile* secara *real-time*.



Gambar 2.5 Sensor YF-S201

Sumber: (Adafruit, n.d)

Debit air dapat dihitung secara manual untuk dijadikan pembanding menggunakan metode volume dan waktu. Metode ini dilakukan dengan menampung air pada volume tertentu, kemudian mencatat waktu yang dibutuhkan selama proses pengisian. Menurut Putra et al. (2020), debit aliran dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$Q = \frac{V}{t}$$

Keterangan:

Q = debit air

V = volume air

t = waktu

Apabila waktu yang diperoleh masih dalam satuan detik, maka waktu perlu dikonversi terlebih dahulu ke satuan menit. Konversi waktu dari detik ke menit dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{Waktu (menit)} = \frac{\text{detik}}{60}$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Dengan demikian, debit manual dalam satuan L/menit dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Debit Manual (L/menit)} = \frac{\text{Volume Air}}{\text{Waktu(menit)}}$$

2.1.7 OLED Display

OLED atau Organic Light-Emitting Diode merupakan teknologi tampilan yang menggunakan lapisan bahan organik sebagai lapisan pemancar cahaya. Lapisan tersebut dapat memancarkan cahaya ketika dialiri arus listrik, sehingga OLED tidak memerlukan pencahayaan latar belakang seperti pada beberapa jenis layar lainnya. Teknologi OLED memiliki keunggulan berupa ukuran yang relatif tipis, tampilan yang jelas, serta konsumsi daya yang lebih efisien sehingga banyak digunakan pada perangkat elektronik dan sistem berbasis mikrokontroler (Setyawan, 2017).

Pada sistem berbasis mikrokontroler, OLED Display digunakan sebagai media tampilan lokal untuk menampilkan informasi hasil pembacaan sensor secara langsung. Salah satu jenis OLED yang umum digunakan adalah OLED SSD1306 berukuran 0,96 inci dengan resolusi 128×64 piksel. Modul OLED ini dapat berkomunikasi dengan mikrokontroler menggunakan antarmuka I2C yang hanya membutuhkan dua jalur komunikasi, yaitu SDA dan SCL, sehingga lebih efisien dalam penggunaan pin mikrokontroler (Safrilly and Badarudin, 2024).

Dalam penelitian ini, OLED Display digunakan sebagai media tampilan lokal pada perangkat *monitoring* air limbah. OLED berfungsi untuk menampilkan informasi hasil pembacaan parameter seperti pH, Total Dissolved Solids (TDS), suhu, dan debit air secara langsung pada perangkat. Dengan adanya OLED Display, pengguna dapat melihat data hasil *monitoring* secara lokal tanpa harus selalu membuka aplikasi *mobile*, sementara data tetap dikirimkan ke Firebase Realtime Database untuk pemantauan jarak jauh.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2.6 OLED SSD1306

Sumber: (SunFounder, n.d)

2.1.8 Firebase Real-Time Database

Firebase Realtime Database merupakan layanan basis data berbasis *cloud* yang disediakan oleh Google dan digunakan untuk menyimpan serta melakukan sinkronisasi data secara *real-time* melalui jaringan internet. *Database* ini memungkinkan pertukaran data antara perangkat *Internet of Things* (IoT) dan aplikasi *mobile* pengguna berlangsung secara langsung tanpa memerlukan pengelolaan server secara mandiri.

Firebase Realtime Database bekerja dengan menggunakan struktur data berbasis *JavaScript Object Notation* (JSON) yang memungkinkan penyimpanan data dalam bentuk hierarki. Data yang dikirimkan oleh perangkat mikrokontroler akan langsung tersimpan di dalam *database* dan secara otomatis disinkronkan ke seluruh perangkat yang terhubung, sehingga perubahan data dapat dilihat secara *real-time* tanpa perlu melakukan *refresh* secara manual (Oo et al., 2019).

Pada sistem berbasis *Internet of Things* (IoT), Firebase Realtime Database berperan sebagai media penyimpanan data sensor yang dikirimkan dari perangkat mikrokontroler. Data tersebut dapat diakses secara bersamaan oleh berbagai perangkat, seperti aplikasi *mobile*, sehingga mendukung proses *monitoring* kondisi lingkungan secara *real-time* dan terintegrasi.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

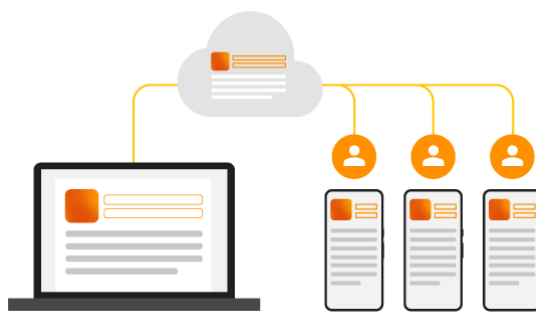
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Selain itu, Firebase Realtime Database memiliki keunggulan dalam kemudahan integrasi dengan aplikasi *mobile*, latensi yang rendah, serta kemampuan sinkronisasi data secara langsung. Hal ini menjadikan Firebase sebagai salah satu solusi yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem *Internet of Things* (IoT) berbasis *cloud*. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan Firebase dalam sistem *monitoring* berbasis *Internet of Things* (IoT) mampu meningkatkan efisiensi pengiriman data serta mendukung komunikasi data secara *real-time* antara perangkat dan pengguna (Oo et al., 2019; Younis & Alwan, 2023).

Dalam penelitian ini, Firebase Realtime Database digunakan sebagai media penyimpanan data hasil pembacaan sensor pH, Total Dissolved Solids (TDS), suhu, dan debit air yang dikirimkan oleh mikrokontroler ESP32 melalui jaringan internet. Data yang tersimpan kemudian ditampilkan pada aplikasi *mobile* secara *real-time*, sehingga pengguna dapat memantau kondisi kualitas dan kuantitas air limbah secara langsung dan mudah diakses.



Gambar 2.7 Firebase Real-time Database

Sumber: (Firebase, n.d)

2.1.9 Aplikasi Mobile Berbasis Android

Aplikasi *mobile* berbasis Android merupakan perangkat lunak yang digunakan sebagai media antarmuka antara sistem monitoring dan pengguna. Melalui aplikasi ini, data hasil pembacaan sensor dapat ditampilkan secara *real-time*, sehingga kondisi kualitas dan kuantitas air limbah dapat dipantau secara langsung melalui perangkat *smartphone*.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Android dipilih karena merupakan salah satu platform *mobile* yang banyak digunakan, bersifat *open source*, serta memiliki dukungan pengembangan aplikasi yang luas. Pada penelitian ini, proses pembuatan aplikasi dilakukan menggunakan Android Studio sebagai lingkungan pengembangan resmi yang menyediakan berbagai fitur untuk membangun aplikasi secara terstruktur dan terintegrasi.

Pada sistem yang dikembangkan, aplikasi dirancang untuk menampilkan parameter hasil pengukuran berupa pH, Total Dissolved Solids (TDS), suhu, dan debit aliran air. Data tersebut disajikan dalam bentuk nilai numerik serta visualisasi sederhana berupa grafik, sehingga pengguna dapat memahami perubahan kondisi air dengan lebih mudah. Selain menampilkan data sensor, aplikasi juga memberikan informasi status kondisi air berdasarkan perbandingan dengan nilai baku mutu, sehingga pengguna dapat mengetahui apakah parameter yang dipantau masih berada dalam kategori memenuhi atau tidak memenuhi standar yang ditetapkan.

Aplikasi ini terhubung dengan Firebase Realtime Database sebagai media penyimpanan data berbasis *cloud*. Data yang dikirimkan oleh mikrokontroler ESP32 disimpan pada database, kemudian diakses oleh aplikasi melalui koneksi internet. Integrasi tersebut memungkinkan data hasil pemantauan ditampilkan secara langsung tanpa memerlukan pembaruan manual dari pengguna (Oo et al., 2019).

Pemanfaatan aplikasi *mobile* pada sistem *monitoring* berbasis *Internet of Things* (IoT) memberikan kemudahan dalam mengakses informasi kapan saja dan dari mana saja. Selain itu, aplikasi juga dapat dikembangkan dengan fitur tambahan, seperti notifikasi peringatan ketika nilai parameter melebihi batas baku mutu, sehingga proses pengambilan keputusan dapat dilakukan dengan lebih cepat. Penggunaan aplikasi *mobile* sebagai media *monitoring* juga telah banyak diterapkan pada sistem pemantauan kualitas air berbasis IoT untuk meningkatkan efektivitas penyampaian informasi kepada pengguna (Hidayat, 2025).

Dengan demikian, aplikasi *mobile* berbasis Android pada penelitian ini berperan sebagai media utama dalam penyajian data hasil monitoring air limbah. Aplikasi ini menghubungkan pengguna dengan sistem IoT secara interaktif, *real-time*, dan



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

mudah diakses, sehingga hasil pemantauan dapat ditampilkan secara lebih informatif.

2.1.10 Metode Rancang Bangun Sistem

Metode rancang bangun (*prototype*) merupakan metode penelitian yang digunakan untuk merancang, mengembangkan, dan menguji suatu sistem secara bertahap melalui pembuatan model awal (*prototype*) sebelum diimplementasikan secara lebih luas. Metode ini memungkinkan peneliti untuk melakukan pengujian terhadap fungsi sistem serta melakukan perbaikan secara berulang hingga sistem dapat bekerja sesuai dengan kebutuhan yang diharapkan.

Metode rancang bangun banyak digunakan dalam pengembangan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) karena memberikan fleksibilitas dalam proses pengembangan perangkat keras dan perangkat lunak secara terintegrasi. Melalui pendekatan ini, sistem dapat diuji secara langsung dalam bentuk prototipe sehingga memudahkan dalam mengevaluasi kinerja sensor, mikrokontroler, serta sistem komunikasi yang digunakan (Maulidin et al., 2025).

Dalam penelitian ini, metode rancang bangun digunakan untuk mengembangkan sistem *monitoring* air limbah berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu memantau parameter pH, Total Dissolved Solids (TDS), suhu, dan debit aliran air secara *real-time* melalui aplikasi *mobile*. Sistem yang dikembangkan dirancang dalam bentuk prototipe skala laboratorium dengan menggunakan sensor *low-cost* dan mikrokontroler ESP32.

Tahapan metode rancang bangun pada penelitian ini meliputi:

1. Analisis kebutuhan sistem, yaitu mengidentifikasi kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan dalam sistem *monitoring* air limbah.
2. Perancangan sistem, meliputi pembuatan arsitektur sistem, diagram blok, serta flowchart sebagai gambaran alur kerja sistem.
3. Implementasi sistem, yaitu proses perakitan perangkat keras dan pengembangan perangkat lunak pada mikrokontroler serta aplikasi *mobile*.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4. Pengujian sistem, dilakukan untuk mengetahui kinerja sensor, kestabilan data, serta keandalan komunikasi dalam pengiriman data.
5. Analisis hasil, yaitu mengevaluasi hasil pengujian untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem yang telah dikembangkan.

Dengan menggunakan metode rancang bangun, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan sistem *monitoring* air limbah berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dapat bekerja secara optimal serta mampu memberikan gambaran nyata mengenai performa sistem yang dikembangkan.

2.1.11 Sistem Monitoring Kualitas Air Limbah

Sistem *monitoring* air limbah merupakan suatu sistem yang digunakan untuk melakukan pemantauan kondisi air limbah secara berkala maupun terus-menerus berdasarkan parameter fisik dan kimia tertentu. Pemantauan kualitas air limbah diperlukan untuk mengetahui perubahan karakteristik air sebelum dibuang ke lingkungan agar tidak menimbulkan pencemaran serta untuk memastikan bahwa kondisi air memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan.

Perkembangan teknologi memungkinkan sistem *monitoring* dilakukan secara otomatis dengan memanfaatkan sensor, mikrokontroler, serta jaringan komunikasi berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem *monitoring* berbasis *Internet of Things* (IoT) mampu melakukan pengambilan data secara *real-time*, penyimpanan data secara terpusat, serta penyajian informasi kepada pengguna melalui aplikasi atau *dashboard* secara jarak jauh (Danang et al., 2023).

Secara umum, sistem *monitoring* air limbah terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu sensor sebagai perangkat akuisisi data, mikrokontroler sebagai pengolah data, sistem komunikasi sebagai media pengiriman data, serta platform penyimpanan dan aplikasi *mobile* sebagai media penyajian informasi. Integrasi antar komponen tersebut memungkinkan sistem bekerja secara otomatis dan terhubung dalam satu kesatuan sistem yang terintegrasi.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Dalam penelitian ini, sistem *monitoring* air limbah dirancang dengan memanfaatkan sensor pH, Total Dissolved Solids (TDS), suhu, dan debit aliran air sebagai parameter utama. Data hasil pengukuran sensor diproses oleh mikrokontroler ESP32 dan dikirimkan melalui jaringan internet menuju Firebase Realtime Database sebagai media penyimpanan data berbasis *cloud*. Selanjutnya, data tersebut ditampilkan melalui aplikasi *mobile* berbasis Android sehingga pengguna dapat memantau kondisi air limbah secara *real-time*.

Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini merupakan sistem *monitoring* berbasis prototipe yang bertujuan sebagai pemantauan awal (*early monitoring system*) dan tidak dimaksudkan untuk menggantikan sistem *monitoring* resmi seperti SPARING. Meskipun demikian, sistem ini diharapkan dapat memberikan gambaran kondisi air limbah secara cepat dan membantu proses pengambilan keputusan berbasis data.

Dengan demikian, sistem *monitoring* air limbah berbasis *Internet of Things* (IoT) dalam penelitian ini mengintegrasikan berbagai komponen teknologi untuk menghasilkan sistem pemantauan yang efektif, efisien, dan mudah diakses oleh pengguna secara *real-time*.

2.1.12 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui apakah sistem yang dikembangkan dapat berjalan sesuai dengan fungsi dan tujuan yang telah dirancang. Pengujian diperlukan untuk memastikan bahwa perangkat keras dan perangkat lunak dapat bekerja sesuai kebutuhan sistem.

Menurut Hardika et al. (2024), *black box testing* merupakan metode pengujian yang digunakan untuk menguji fungsi sistem tanpa melihat kode program. Pengujian ini berfokus pada hasil masukan dan keluaran untuk mengetahui apakah fungsi sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Dalam penelitian ini, pengujian fungsionalitas digunakan untuk menguji pembacaan sensor pH, sensor Total Dissolved Solids (TDS), sensor suhu, sensor



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

debit air, tampilan OLED Display, pengiriman data ke Firebase Realtime Database, dan tampilan data pada aplikasi *mobile*.

Hardika et al. (2024) menggunakan persentase validasi untuk menggambarkan tingkat keberhasilan pengujian dengan membandingkan jumlah *test case* valid terhadap total *test case* yang diuji. Rumus tersebut digunakan sebagai acuan untuk menghitung persentase keberhasilan pengujian fungsionalitas pada penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

$$\text{Persentase Keberhasilan} = \left(\frac{\text{Pengujian Berhasil}}{\text{Total Pengujian}} \right) \times 100\%$$

Selain pengujian fungsionalitas, pengujian sistem juga dilakukan terhadap hasil pembacaan sensor. Pengujian pembacaan sensor bertujuan untuk mengetahui tingkat kesesuaian nilai sensor terhadap nilai acuan atau alat pembanding. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan nilai pembanding, seperti larutan buffer atau pH meter untuk sensor pH, larutan standar atau nilai acuan konduktivitas untuk sensor Total Dissolved Solids (TDS), termometer untuk sensor suhu, serta pengukuran volume dan waktu untuk sensor debit air. (Budi et al., 2025) melakukan pengujian alat ukur pH dan suhu air menggunakan larutan buffer dan sampel air, kemudian hasil pengujian dianalisis menggunakan nilai *error*, akurasi, dan rata-rata.

Persentase *error* pembacaan sensor digunakan untuk mengetahui besar selisih antara nilai sensor dan nilai acuan. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Error (\%)} = \frac{\text{Nilai Alat Ukur} - \text{Nilai Sensor}}{\text{Nilai Alat Ukur}} \times 100\%$$

Akurasi digunakan untuk mengetahui tingkat kedekatan hasil pembacaan sensor terhadap nilai acuan. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Akurasi (\%)} = 100\% - \text{Error (\%)}$$

Nilai rata-rata digunakan untuk mengetahui kecenderungan hasil pengukuran dari beberapa kali percobaan. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$\text{Rata - rata} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

Pengujian pengiriman dan tampilan data dilakukan untuk mengetahui apakah data hasil pembacaan sensor dapat dikirimkan dari ESP32 ke Firebase Realtime Database dan ditampilkan pada aplikasi *mobile* secara *real-time*. Pengujian ini juga digunakan untuk memastikan bahwa data yang tampil pada aplikasi *mobile* sesuai dengan data yang terbaca pada sensor dan tersimpan pada *database*. Dengan adanya pengujian fungsionalitas, pengujian pembacaan sensor, serta pengujian pengiriman dan tampilan data, sistem *monitoring* air limbah yang dikembangkan dapat dievaluasi dari sisi keberhasilan fungsi sistem, kesesuaian hasil pengukuran sensor, dan keberhasilan penyajian data kepada pengguna.

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu dapat menjadi referensi dalam suatu penelitian, penelitian yang relevan dapat dijadikan acuan pada penelitian yang akan dilakukan. Berikut adalah beberapa sumber referensi penelitian terdahulu :

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

Jurnal	Hasil	Perbedaan
(Danang et al., 2023)	Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem <i>monitoring</i> air limbah rumah sakit menggunakan parameter pH dan suhu berbasis mikrokontroler Arduino, dengan hasil pemantauan ditampilkan secara <i>real-time</i> .	Hanya menggunakan dua parameter dan belum menggunakan aplikasi <i>mobile</i> sebagai media <i>monitoring</i> , serta belum mencakup parameter Total Dissolved Solids (TDS) dan debit air.
(Faza et al., 2021)	Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem	Belum mencakup parameter Total Dissolved



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

	yang mampu melakukan pengiriman data secara nirkabel, namun belum mencakup parameter Total Dissolved Solids (TDS) serta debit aliran air sebagai indikator kuantitas air limbah. Sistem <i>monitoring</i> air limbah batik menggunakan parameter pH, kekeruhan, dan suhu dengan sistem komunikasi nirkabel untuk pengiriman data secara <i>real-time</i> .	Solids dan debit air, serta belum menerapkan mekanisme penyesuaian (<i>adjustment</i>) untuk meningkatkan akurasi sensor.
(Maulidin et al., 2025)	Sistem <i>monitoring</i> Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) berbasis Internet of Things (IoT) dengan sensor industri untuk memantau kondisi operasional secara terintegrasi.	Menggunakan sensor industri dengan biaya tinggi, sedangkan penelitian yang dibuat ini menggunakan sensor <i>low-cost</i> serta menambahkan mekanisme <i>adjustment</i> .
(Rianto et al., 2023)	Sistem <i>monitoring</i> kualitas air sungai berbasis <i>Internet of Things</i> (IoT) untuk pengawasan lingkungan dengan pengambilan data secara periodik.	Tidak berfokus pada air limbah, belum mencakup parameter debit air, serta belum menggunakan aplikasi <i>mobile</i> sebagai media monitoring.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem *monitoring* kualitas air berbasis *Internet of Things* (IoT) telah banyak dikembangkan dan mampu melakukan pemantauan secara *real-time*. Namun, masih terdapat beberapa keterbatasan, seperti keterbatasan parameter yang digunakan, belum adanya integrasi dengan aplikasi *mobile*, penggunaan sensor dengan biaya tinggi, serta belum diterapkannya mekanisme penyesuaian (*adjustment*) untuk meningkatkan akurasi sensor *low-cost*.

Selain itu, penelitian terkait juga menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam *monitoring* kualitas air memberikan kemudahan dalam pengambilan dan pengiriman data secara otomatis serta mendukung pemantauan jarak jauh secara efisien (Lakshmikantha et al., 2021).

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan sistem *monitoring* air limbah berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan parameter yang lebih lengkap, menggunakan sensor *low-cost*, serta dilengkapi dengan mekanisme penyesuaian (*adjustment*) dan aplikasi *mobile* sebagai media *monitoring* secara *real-time*

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode rancang bangun dengan pendekatan kuantitatif. Metode rancang bangun digunakan karena penelitian ini dilakukan melalui proses perancangan, pembuatan, implementasi, dan pengujian prototipe sistem monitoring air limbah berbasis *Internet of Things* (IoT). Pendekatan kuantitatif digunakan karena penelitian ini menghasilkan data berupa nilai pengukuran dari parameter pH, Total Dissolved Solids (TDS), suhu, dan debit air.

Sistem yang dikembangkan menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler, sensor pH, sensor Total Dissolved Solids (TDS), sensor suhu DS18B20, sensor debit air YF-S201, OLED Display, Firebase Realtime Database, dan aplikasi *mobile* berbasis Android. Data hasil pembacaan sensor diproses oleh ESP32, ditampilkan pada OLED Display, dikirimkan ke Firebase Realtime Database, dan ditampilkan melalui aplikasi *mobile* secara *real-time*.

Penyesuaian pembacaan sensor dilakukan secara terbatas pada sensor pH dan sensor Total Dissolved Solids (TDS) berdasarkan nilai acuan atau alat pembanding. Penyesuaian ini dilakukan untuk meningkatkan kesesuaian hasil pembacaan sensor terhadap nilai acuan sebelum sistem digunakan pada pengujian sampel air limbah domestik.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui studi literatur, observasi, dokumentasi, dan pengukuran langsung. Teknik analisis data dilakukan dengan menganalisis hasil pengujian fungsionalitas sistem, hasil pembacaan sensor terhadap nilai acuan atau alat pembanding, serta keberhasilan pengiriman dan tampilan data pada aplikasi *mobile*. Hasil pengujian dianalisis menggunakan persentase keberhasilan pengujian fungsionalitas, persentase *error*, akurasi, dan rata-rata hasil pengukuran.

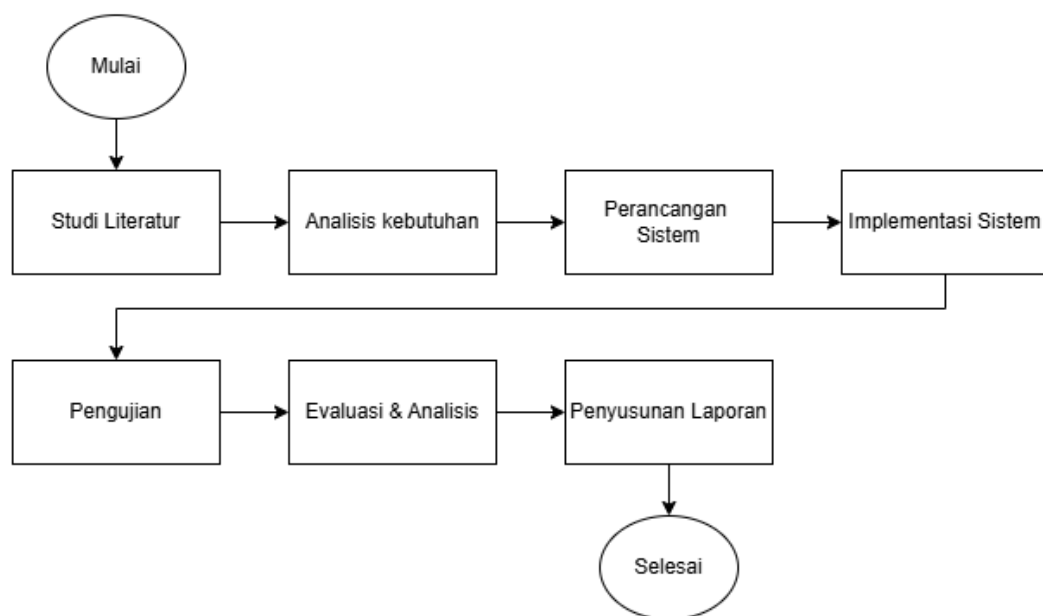
3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian tersebut disusun berdasarkan metode rancang bangun dengan pendekatan kuantitatif, yaitu penelitian yang menghasilkan produk atau prototipe dan dianalisis menggunakan data numerik hasil pengujian (Sari et al., 2025). Oleh

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

karena itu, tahapan pada penelitian ini disusun mulai dari studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, pengujian, analisis hasil, hingga penyusunan laporan agar proses pengembangan prototipe sistem monitoring air limbah berbasis IoT dapat dilakukan secara terarah dan dapat dievaluasi berdasarkan data hasil pengujian.



Gambar 3.1 Tahapan penelitian

Adapun tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Tahap ini dilakukan dengan mengumpulkan dan mempelajari referensi yang berkaitan dengan sistem monitoring air limbah, *Internet of Things* (IoT), sensor pH, sensor Total Dissolved Solids (TDS), sensor suhu, sensor debit air, ESP32, OLED Display, Firebase Realtime Database, aplikasi *mobile*, dan metode pengujian sistem.

2. Analisis Kebutuhan Sistem

Tahap ini dilakukan untuk menentukan kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian. Perangkat keras yang digunakan meliputi ESP32, sensor pH, sensor TDS, sensor suhu DS18B20, sensor debit air, OLED Display, dan komponen pendukung lainnya.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta
3. Perancangan Sistem
Tahap ini dilakukan dengan merancang sistem monitoring air limbah berbasis *Internet of Things*. Perancangan sistem meliputi penyusunan arsitektur sistem, diagram blok, alur kerja sistem, rancangan pengiriman data ke Firebase, serta rancangan tampilan aplikasi *mobile*.
4. Implementasi Sistem
Tahap ini dilakukan dengan merakit perangkat keras, menghubungkan sensor dengan mikrokontroler ESP32, membuat program pembacaan sensor, mengatur pengiriman data ke Firebase Realtime Database, serta mengembangkan aplikasi *mobile* untuk menampilkan data hasil *monitoring*.
5. Pengujian Sistem
Tahap ini dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem yang telah dibuat. Pengujian meliputi pengujian fungsionalitas, pengujian pembacaan sensor, serta pengujian pengiriman dan tampilan data. Pengujian fungsionalitas dilakukan untuk memastikan setiap komponen dan fitur berjalan sesuai rancangan. Pengujian pembacaan sensor dilakukan untuk mengetahui kesesuaian nilai sensor terhadap nilai acuan atau alat pembanding. Pengujian pengiriman dan tampilan data dilakukan untuk memastikan data dapat dikirimkan ke Firebase dan ditampilkan pada aplikasi *mobile* secara *real-time*.
6. Analisis Hasil Pengujian
Tahap ini dilakukan dengan menganalisis data hasil pengujian untuk mengetahui keberhasilan sistem. Analisis dilakukan terhadap keberhasilan fungsi sistem, tingkat kesesuaian hasil pembacaan sensor, kestabilan data, serta keandalan pengiriman data dari ESP32 ke Firebase dan aplikasi *mobile*.
7. Penyusunan Laporan
Tahap terakhir adalah menyusun laporan skripsi berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, mulai dari pendahuluan, tinjauan pustaka, metode penelitian, hasil dan pembahasan, hingga kesimpulan dan saran.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.3 Objek Penelitian

Objek penelitian dalam penelitian ini adalah prototipe sistem *monitoring* air limbah domestik berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem ini dirancang untuk memantau parameter pH, Total Dissolved Solids (TDS), suhu, dan debit air secara *real-time* melalui aplikasi *mobile*.

Objek yang diamati meliputi perangkat keras, perangkat lunak, dan media uji. Perangkat keras terdiri dari ESP32, sensor pH, sensor TDS, sensor suhu DS18B20, sensor debit air YF-S201, OLED Display, dan komponen pendukung lainnya. Perangkat lunak terdiri dari program pada ESP32, Firebase Realtime Database, dan aplikasi *mobile* berbasis Android.

Media uji yang digunakan berupa tiga jenis sampel air limbah domestik, yaitu air limbah domestik hotel, air limbah domestik pertambangan, dan air limbah domestik rumah sakit. Sampel tersebut diuji secara bergantian menggunakan wadah simulasi untuk mengetahui kemampuan sistem dalam membaca data sensor, menampilkan data pada OLED Display, mengirimkan data ke Firebase Realtime Database, menyimpan data, dan menampilkan data melalui aplikasi *mobile*.

Hasil pembacaan sensor pH, TDS, dan suhu dibandingkan dengan alat ukur pembanding, sedangkan pengujian debit air dilakukan menggunakan metode volume dan waktu. Sampel yang digunakan pada penelitian ini tidak dimaksudkan untuk mewakili seluruh karakteristik air limbah dari masing-masing sektor, melainkan digunakan sebagai media uji untuk mengetahui kinerja prototipe sistem *monitoring* air limbah berbasis IoT.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan dilakukan untuk menentukan komponen dan fungsi yang diperlukan dalam pengembangan sistem *monitoring* air limbah berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem ini dirancang untuk membaca parameter pH, Total Dissolved Solids (TDS), suhu, dan debit air, kemudian menampilkan data secara lokal melalui OLED Display serta mengirimkan data ke Firebase Realtime Database agar dapat ditampilkan pada aplikasi *mobile* secara *real-time*.

Kebutuhan sistem dalam penelitian ini terbagi menjadi kebutuhan fungsional, kebutuhan perangkat keras, dan kebutuhan perangkat lunak. Kebutuhan fungsional merupakan fungsi utama yang harus dimiliki oleh sistem, sedangkan kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak merupakan komponen pendukung yang digunakan dalam proses perancangan dan implementasi sistem.

Kebutuhan fungsional pada sistem ini meliputi kemampuan sistem untuk membaca nilai sensor, menampilkan hasil pembacaan sensor pada OLED Display mengirimkan data hasil pengukuran ke Firebase Realtime Database, menampilkan data *monitoring* pada aplikasi *mobile*, serta menampilkan informasi kondisi air berdasarkan nilai parameter yang terbaca.

Kebutuhan perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini meliputi ESP32 sebagai mikrokontroler utama, sensor pH PH-4502C untuk membaca tingkat keasaman air, sensor TDS untuk membaca jumlah zat padat terlarut, sensor suhu DS18B20 untuk membaca temperatur air, sensor debit air YF-S201 untuk membaca aliran air, OLED Display sebagai tampilan lokal, serta komponen pendukung seperti kabel jumper, breadboard atau PCB, adaptor daya, dan wadah prototipe.

Kebutuhan perangkat lunak yang digunakan meliputi Arduino IDE untuk membuat dan mengunggah program ke ESP32, Firebase Realtime Database sebagai media penyimpanan data secara *real-time*, serta aplikasi *mobile* berbasis Android sebagai

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

media tampilan hasil monitoring. Selain itu, koneksi internet melalui jaringan WiFi dibutuhkan agar ESP32 dapat mengirimkan data hasil pembacaan sensor ke Firebase Realtime Database.

Berdasarkan analisis kebutuhan tersebut, sistem *monitoring* air limbah yang dikembangkan diharapkan dapat membaca data dari sensor, memproses data melalui mikrokontroler, mengirimkan data ke database, serta menampilkan informasi *monitoring* kepada pengguna melalui aplikasi *mobile* secara *real-time*.

Tabel 4.1 Kebutuhan Perangkat Keras

No	Perangkat Keras	Fungsi
1	ESP32	Mikrokontroler utama untuk membaca data sensor, memproses data, dan mengirimkan data ke Firebase Realtime Database melalui jaringan WiFi.
2	Sensor pH PH-4502C	Membaca tingkat keasaman atau kebasaan air pada media uji.
3	Sensor TDS	Membaca kadar zat padat terlarut / nilai TDS.
4	Sensor DS18B20	Membaca suhu air pada media uji.
5	Sensor YF-S201	Membaca laju aliran air pada prototipe sistem monitoring.
6	OLED Display	Menampilkan data hasil pembacaan sensor secara lokal pada perangkat.
7	Breadboard	Media penyusunan dan penghubung rangkaian komponen prototipe.
8	Kabel Jumper	Menghubungkan ESP32 dengan sensor dan komponen pendukung lainnya.
9	Kabel USB data	Digunakan untuk mengunggah program ke ESP32 dan dapat digunakan sebagai jalur catu daya saat proses pengujian.
10	Adaptor catu daya 5V	Menyuplai daya utama untuk ESP32 dan komponen pendukung saat proses pengujian atau penggunaan di lokasi yang tersedia sumber listrik.
11	Powerbank 5V	Menjadi sumber daya alternatif agar prototipe dapat digunakan secara portable tanpa harus terhubung langsung ke listrik atau laptop.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

12	Selang air	Media aliran air untuk melewati sensor debit air pada prototipe.
13	Wadah air / bak prototipe	Menampung media uji air yang digunakan dalam proses monitoring.
14	Box atau wadah rangkaian	Menempatkan rangkaian agar lebih rapi dan aman saat digunakan sebagai prototipe.

Tabel 4.2 Kebutuhan Perangkat Lunak

No	Perangkat Keras	Fungsi
1	Arduino IDE	Digunakan untuk membuat, mengedit, dan mengunggah program ke mikrokontroler ESP32.
2	Firebase Realtime Database	Digunakan sebagai media penyimpanan data hasil pembacaan sensor secara <i>real-time</i> .
3	Aplikasi <i>mobile</i> berbasis Android	Digunakan sebagai media <i>monitoring</i> untuk menampilkan data pH, Total Dissolved Solids, suhu, dan debit air.
4	Library sensor dan Firebase	Digunakan untuk mendukung pembacaan sensor dan pengiriman data dari ESP32 ke Firebase.
5	Jaringan WiFi	Digunakan sebagai media koneksi internet agar ESP32 dapat mengirimkan data ke Firebase Realtime Database.

4.2 Perancangan Sistem

Perancangan sistem dilakukan untuk menggambarkan alur kerja prototipe sistem monitoring air limbah berbasis *Internet of Things* (IoT). Perancangan ini mencakup hubungan antar komponen perangkat keras, alur kerja sistem, rancangan koneksi pin, serta rancangan penyimpanan dan tampilan data.

Sistem dirancang untuk membaca parameter pH, Total Dissolved Solids (TDS), suhu, dan debit air menggunakan sensor yang terhubung dengan ESP32. Data hasil pembacaan sensor diproses oleh ESP32, ditampilkan melalui OLED Display, dikirimkan ke Firebase Realtime Database, dan ditampilkan pada aplikasi *mobile* secara *real-time*.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

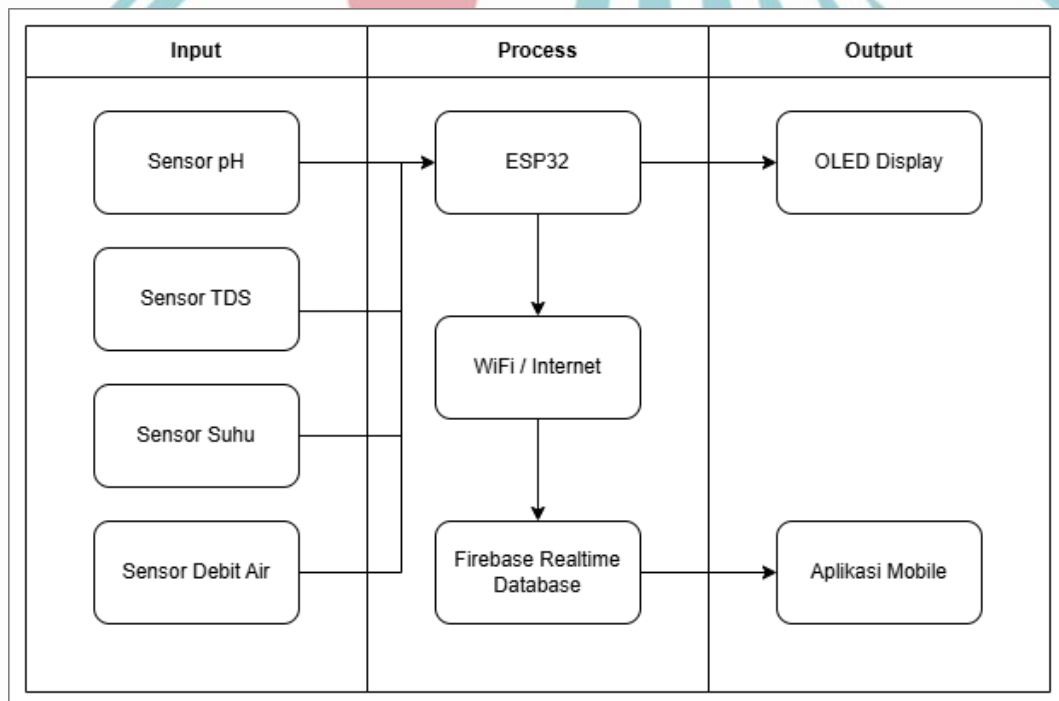
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Perancangan sistem pada penelitian ini meliputi diagram blok sistem, flowchart sistem, perancangan skematik dan pinout, serta perancangan *database* dan aplikasi *mobile*.

4.2.1 Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem digunakan untuk menggambarkan hubungan antar komponen utama pada sistem *monitoring* air limbah berbasis *Internet of Things* (IoT). Diagram ini dibagi menjadi tiga bagian, yaitu *input*, *process*, dan *output*, sehingga alur kerja sistem dapat dipahami mulai dari pembacaan sensor hingga data ditampilkan kepada pengguna.



Gambar 4.1 Diagram Blok Sistem

Gambar 4.1 menunjukkan diagram blok sistem *monitoring* air limbah berbasis IoT. Bagian input terdiri dari sensor pH, sensor Total Dissolved Solids (TDS), sensor suhu, dan sensor debit air. Sensor pH digunakan untuk membaca tingkat keasaman air, sensor TDS digunakan untuk membaca jumlah zat padat terlarut, sensor suhu digunakan untuk membaca temperatur air, sedangkan sensor debit air digunakan untuk membaca laju aliran air.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Data dari setiap sensor dikirimkan ke ESP32 untuk diproses. ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali yang membaca data sensor, mengolah hasil pembacaan, dan meneruskan data ke komponen lain. Hasil pembacaan sensor juga ditampilkan secara lokal melalui OLED Display agar pengguna dapat melihat data langsung pada perangkat.

Selain ditampilkan pada OLED Display, data hasil pembacaan sensor dikirimkan melalui WiFi/Internet menuju Firebase Realtime Database. Firebase digunakan sebagai media penyimpanan data secara *real-time* sehingga data hasil *monitoring* dapat diakses oleh aplikasi *mobile*.

Bagian output terdiri dari OLED Display dan aplikasi *mobile*. OLED Display berfungsi sebagai tampilan lokal pada perangkat, sedangkan aplikasi *mobile* berfungsi sebagai media *monitoring* jarak jauh. Dengan alur tersebut, pengguna dapat memantau nilai pH, TDS, suhu, dan debit air melalui aplikasi *mobile* tanpa harus melihat langsung perangkat utama.

4.2.2 Diagram Alur (Flowchart)

Diagram alur (*Flowchart*) digunakan untuk menggambarkan alur kerja sistem *monitoring* air limbah berbasis *Internet of Things* (IoT). *Flowchart* pada penelitian ini dibagi menjadi *flowchart* keseluruhan sistem, *flowchart* perangkat IoT, dan *flowchart* aplikasi *mobile*. Pembagian ini dilakukan agar alur kerja sistem dapat dijelaskan secara lebih jelas, mulai dari proses pembacaan sensor hingga data ditampilkan pada aplikasi *mobile*.



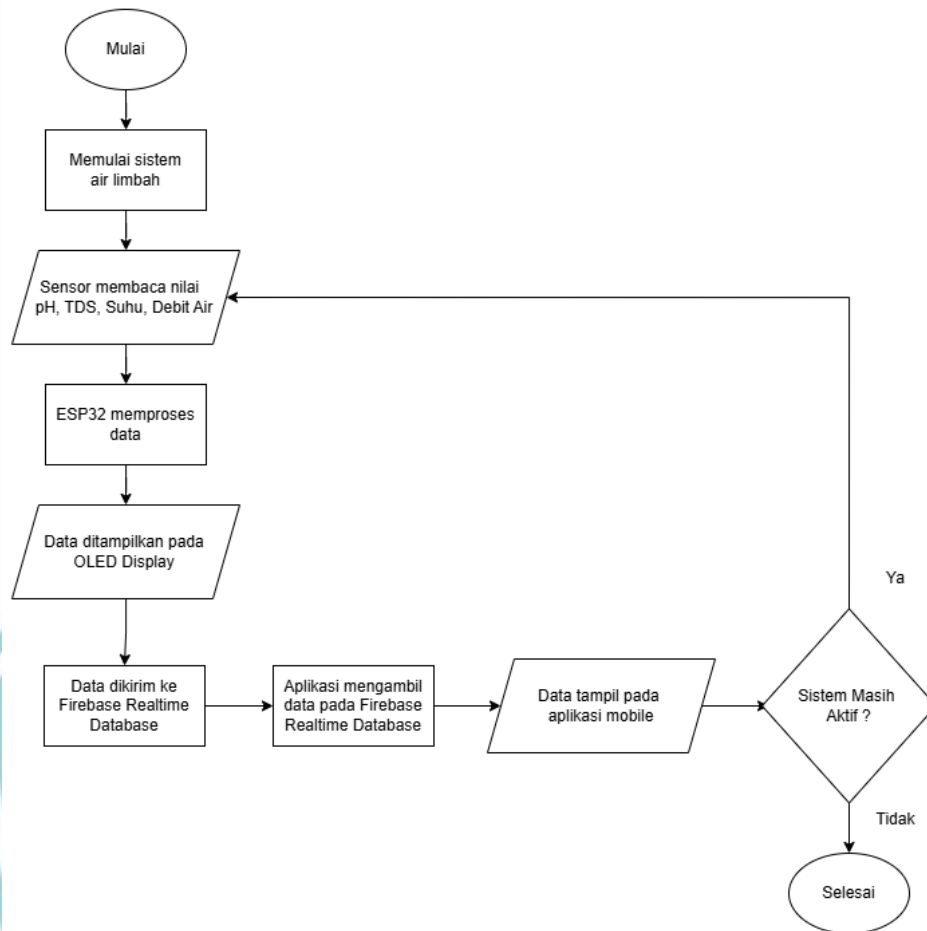
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.2 Flowchart Keseluruhan Sistem

Gambar 4.2 menunjukkan alur kerja keseluruhan sistem monitoring air limbah berbasis *Internet of Things* (IoT). Proses dimulai ketika sistem dijalankan, kemudian sensor membaca nilai pH, Total Dissolved Solids (TDS), suhu, dan debit air sebagai parameter yang dipantau.

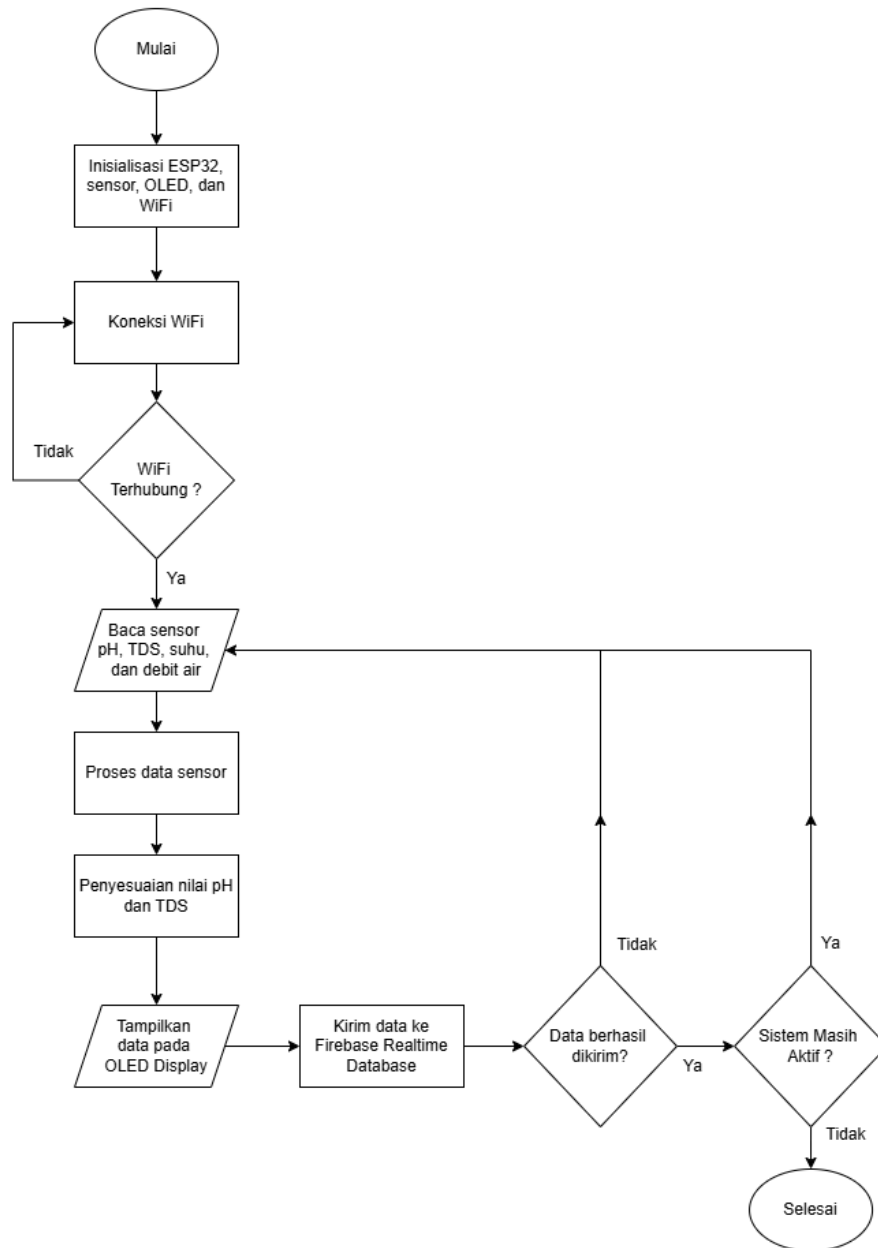
Data hasil pembacaan sensor diproses oleh ESP32, kemudian ditampilkan pada OLED Display sebagai tampilan lokal. Selanjutnya, data dikirimkan ke Firebase Realtime Database dan diambil oleh aplikasi *mobile* untuk ditampilkan kepada pengguna.

Setelah data tampil pada aplikasi *mobile*, sistem akan memeriksa apakah perangkat masih aktif. Jika sistem masih aktif, maka proses pembacaan sensor akan kembali dilakukan secara berulang. Jika sistem tidak aktif, maka proses *monitoring* dinyatakan selesai.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.3 Flowchart Perangkat IoT

Gambar 4.3 menunjukkan alur kerja perangkat IoT pada sistem monitoring air limbah. Proses dimulai dari inisialisasi ESP32, sensor, OLED Display, dan koneksi WiFi. Setelah itu, sistem akan memastikan perangkat terhubung ke jaringan WiFi sebelum melakukan pembacaan data sensor.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

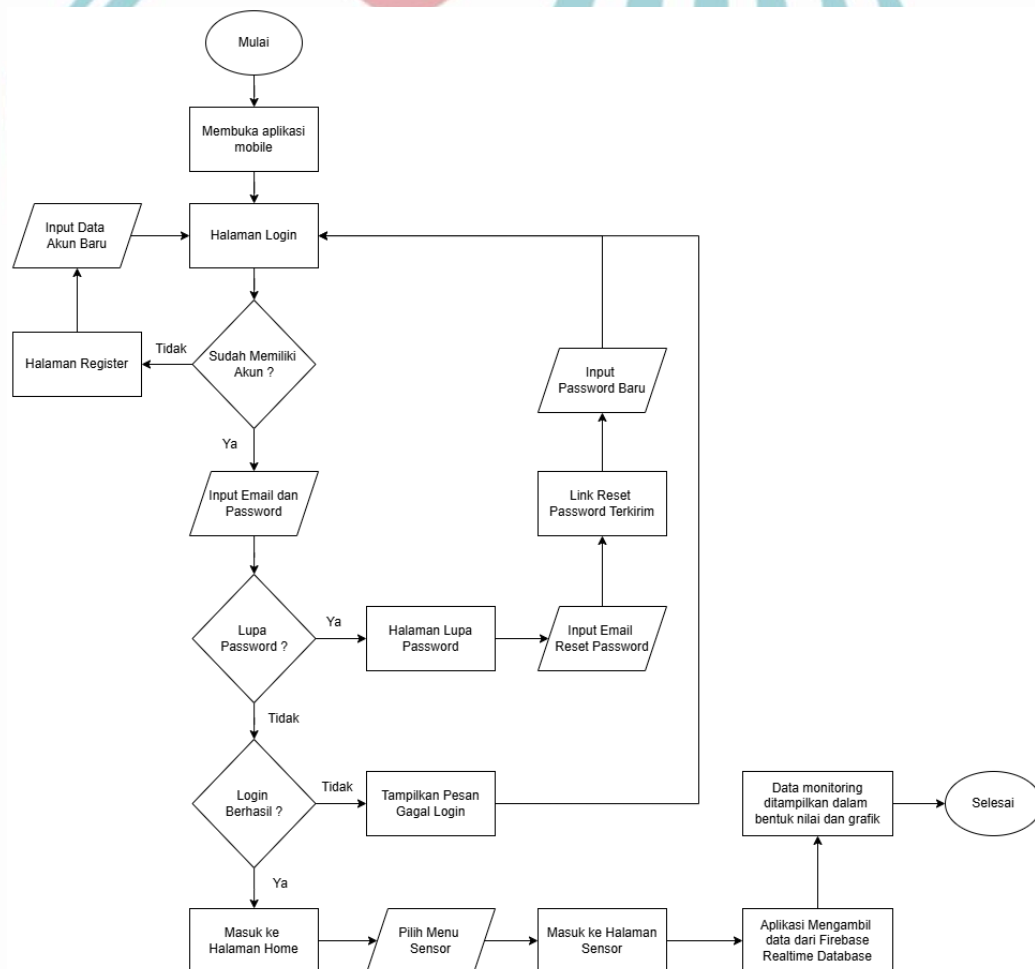
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Sensor pH, sensor Total Dissolved Solids (TDS), sensor suhu, dan sensor debit air akan membaca parameter air limbah, kemudian data tersebut diproses oleh ESP32. Pada tahap ini, nilai sensor pH dan TDS disesuaikan berdasarkan nilai acuan atau alat pembanding agar hasil pembacaan lebih mendekati kondisi sebenarnya.

Data yang telah diproses kemudian ditampilkan pada OLED Display dan dikirimkan ke Firebase Realtime Database. Setelah proses pengiriman data dilakukan, sistem akan kembali membaca sensor secara berulang selama perangkat masih aktif.



Gambar 4.4 Flowchart Aplikasi *Mobile*

Gambar 4.4 menunjukkan alur kerja aplikasi mobile pada sistem *monitoring* air limbah. Proses dimulai ketika pengguna membuka aplikasi *mobile*, kemudian



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

sistem menampilkan halaman *login*. Pada halaman ini, pengguna dapat masuk menggunakan akun yang sudah terdaftar, melakukan *registrasi* akun baru, atau menggunakan fitur lupa *password* apabila diperlukan.

Apabila pengguna belum memiliki akun, aplikasi *mobile* akan mengarahkan pengguna ke halaman *register* untuk mengisi data akun baru. Jika pengguna lupa *password*, aplikasi akan mengarahkan pengguna ke halaman lupa *password* untuk memasukkan email dan menerima link *reset password*.

Setelah pengguna memasukkan email dan *password*, sistem akan melakukan validasi *login*. Jika *login* gagal, aplikasi *mobile* menampilkan pesan gagal *login* dan pengguna kembali ke halaman *login*. Jika *login* berhasil, pengguna masuk ke halaman *home* dan dapat memilih menu sensor.

Pada halaman sensor, aplikasi *mobile* mengambil data dari Firebase Realtime Database, kemudian menampilkan data *monitoring* air limbah dalam bentuk nilai parameter dan grafik. Data yang ditampilkan meliputi pH, Total Dissolved Solids (TDS), suhu, dan debit air.

4.2.3 Perancangan Skematik dan Pinout

Perancangan skematik dan *pinout* dilakukan untuk menentukan hubungan antar komponen perangkat keras pada sistem *monitoring* air limbah berbasis *Internet of Things* (IoT). Perancangan ini digunakan sebagai acuan dalam proses perakitan perangkat keras agar setiap sensor dan komponen pendukung dapat terhubung dengan ESP32 sesuai dengan fungsi masing-masing.

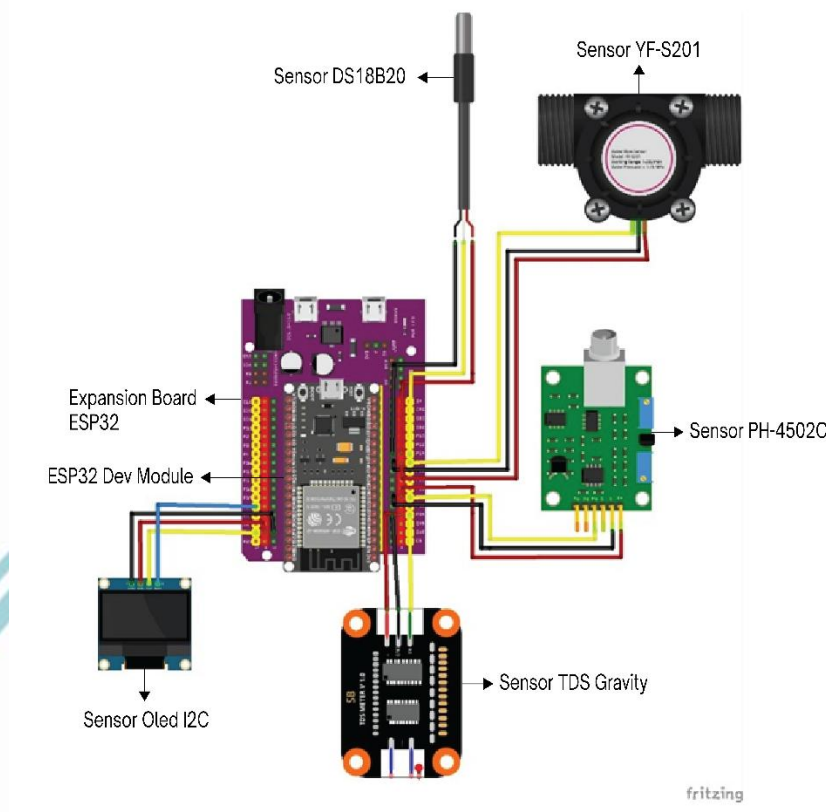


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.5 Rancangan Skematik dan Pinout ESP32

Pada sistem ini, ESP32 digunakan sebagai pusat kendali yang membaca data dari sensor pH PH-4502C, sensor Total Dissolved Solids (TDS), sensor suhu DS18B20, sensor debit air YF-S201, serta menampilkan data pada OLED Display 0,96 inch. Sensor pH dan sensor TDS menggunakan pin ADC karena menghasilkan keluaran berupa sinyal *analog*. Sensor suhu DS18B20 menggunakan komunikasi digital OneWire, sedangkan sensor debit air YF-S201 menghasilkan sinyal pulsa digital yang dibaca oleh ESP32. OLED Display menggunakan komunikasi I2C melalui pin SDA dan SCL.

Seluruh komponen pada rangkaian menggunakan *ground* yang sama agar sistem dapat bekerja secara stabil. Sumber daya sistem menggunakan adaptor catu daya 5V atau powerbank 5V, sehingga prototipe dapat digunakan saat pengujian maupun secara *portable*. Rancangan *pinout* yang digunakan pada sistem *monitoring* air limbah ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4.3 Rancangan *Pinout* ESP32

Nama Komponen	PIN di Expansion Board ESP32	PIN di Komponen
Sensor pH	V	VCC
	GND	GND
	GND	GND
	GPIO32	PO
	-	DO
	-	TO
Sensor TDS	GND	GND / -
	V	VCC / +
	GPIO34	AO
Sensor Suhu	GND	GND
	V	VCC
	GPIO14	DAT
Sensor Debit Air	GND	Kabel Black (GND)
	V	Kabel Merah (+5V)
	GPIO27	Kabel Oren (O/P)
Oled Display	V	VCC
	GND	GND
	GPIO22	SCL
	GPIO21	SDA

4.2.4 Rancangan Casing Komponen Alat



Gambar 4.6 Rancangan Casing Komponen Alat

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4.6 menunjukkan rancangan casing yang digunakan sebagai tempat penyimpanan komponen utama sistem *monitoring* air limbah. Casing yang digunakan berbentuk box plastik berwarna hitam dengan ukuran panjang 21,5 cm, lebar 14,5 cm, dan tinggi 8,5 cm.

Casing ini digunakan untuk menempatkan rangkaian perangkat keras seperti ESP32, modul sensor, OLED Display, serta kabel penghubung antar komponen. Penggunaan casing bertujuan agar susunan komponen menjadi lebih rapi, terlindungi, dan mudah dibawa saat proses pengujian sistem dilakukan.

4.2.5 Perancangan Database

Perancangan *database* dilakukan untuk menentukan struktur penyimpanan data hasil *monitoring* pada Firebase Realtime Database. *Database* ini digunakan untuk menerima data pembacaan sensor yang dikirimkan oleh ESP32 melalui jaringan WiFi, kemudian data tersebut dapat diakses oleh aplikasi *mobile* secara *real-time*.

Firebase Realtime Database menyimpan data dalam bentuk struktur hierarki berbasis JavaScript Object Notation (JSON). Pada sistem ini, struktur *database* dirancang secara sederhana agar data mudah disimpan, diperbarui, dan dibaca oleh aplikasi *mobile*.

Struktur utama database terdiri dari data *realtime* dan data *logs*. Data *realtime* digunakan untuk menyimpan nilai terbaru dari parameter pH, Total Dissolved Solids (TDS), suhu, debit air, status, keterangan, dan *timestamp*. Data ini digunakan oleh aplikasi *mobile* untuk menampilkan kondisi air limbah terkini. Sementara itu, data *logs* digunakan untuk menyimpan riwayat pembacaan sensor yang dikirimkan secara berkala, sehingga dapat digunakan sebagai data pendukung dalam proses pengujian dan analisis.

Tabel 4.4 Struktur Database Firebase Realtime Database

Node	Field	Keterangan
realtime	pH	Menyimpan nilai pH terbaru
realtime	TDS	Menyimpan nilai TDS terbaru

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

realtime	Suhu	Menyimpan nilai suhu terbaru
realtime	Debit	Menyimpan nilai debit terbaru
realtime	Timestamp	Menyimpan waktu data terbaru
logs/id_log	pH	Menyimpan riwayat nilai pH
logs/id_log	TDS	Menyimpan riwayat nilai TDS
logs/id_log	Suhu	Menyimpan riwayat nilai suhu
logs/id_log	Debit	Menyimpan riwayat nilai debit air
logs/id_log	Timestamp	Menyimpan riwayat waktu data

Berdasarkan struktur *database* tersebut, *node realtime* digunakan untuk menyimpan data terbaru yang ditampilkan pada aplikasi *mobile*, sedangkan *node logs* digunakan untuk menyimpan riwayat data hasil *monitoring*. Struktur ini dibuat sederhana agar ESP32 dapat mengirimkan data dengan mudah dan aplikasi *mobile* dapat membaca data secara *real-time* melalui Firebase Realtime Database.

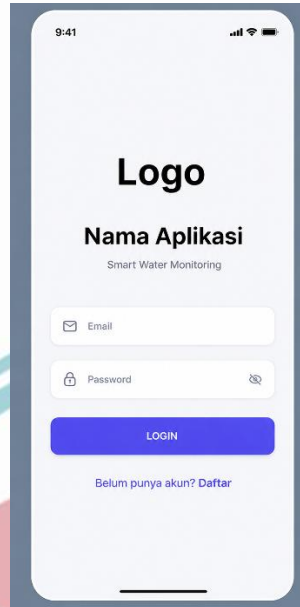
4.2.6 Perancangan Aplikasi Mobile

Perancangan aplikasi *mobile* dilakukan untuk menentukan tampilan dan fungsi aplikasi sebagai media *monitoring* air limbah. Aplikasi *mobile* dirancang agar pengguna dapat melihat data hasil pembacaan sensor secara real-time melalui smartphone. Data yang ditampilkan berasal dari Firebase Realtime Database yang menerima data dari ESP32. Tampilan aplikasi terdiri dari halaman login, register, lupa password, home, dan sensor. Halaman login digunakan untuk masuk ke aplikasi, halaman register digunakan untuk membuat akun baru, sedangkan halaman lupa password digunakan untuk membantu pengguna melakukan pemulihan akun.



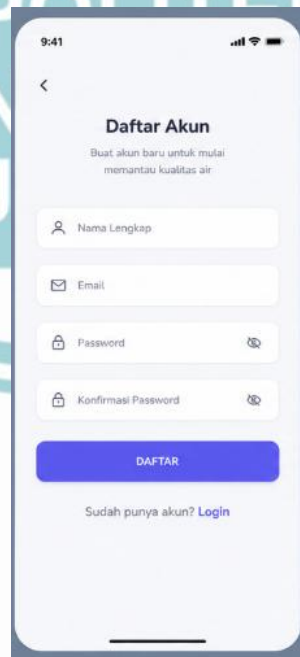
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.7 Mockup Aplikasi *Mobile* Halaman *Login*

Gambar 4.7 menunjukkan mockup halaman login aplikasi *mobile* AquaSense. Halaman ini dirancang sebagai tampilan awal pengguna sebelum masuk ke dalam aplikasi *monitoring*. Pada halaman login terdapat elemen logo, nama aplikasi, kolom email, kolom *password*, tombol *login*, serta tautan daftar akun bagi pengguna yang belum memiliki akun.

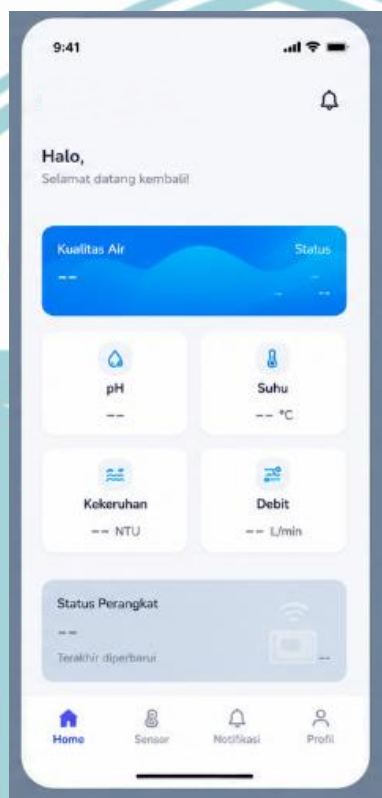


Gambar 4.8 Mockup Aplikasi *Mobile* Halaman *Register*

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4.8 menunjukkan mockup halaman register aplikasi *mobile* AquaSense. Halaman ini dirancang untuk pengguna yang belum memiliki akun agar dapat melakukan pendaftaran sebelum mengakses aplikasi. Pada halaman *register* terdapat kolom nama lengkap, email, *password*, konfirmasi *password*, tombol daftar, serta tautan *login* bagi pengguna yang sudah memiliki akun.



Gambar 4.9 Mockup Aplikasi *Mobile* Halaman *Home*

Gambar 4.9 menunjukkan mockup halaman home aplikasi *mobile* AquaSense. Halaman ini dirancang sebagai tampilan utama setelah pengguna berhasil masuk ke aplikasi *mobile*. Pada halaman *home* ditampilkan ringkasan informasi *monitoring* air limbah, seperti kualitas air, status kondisi air, nilai parameter pH, TDS, suhu, debit air, status perangkat, serta waktu pembaruan data.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.10 Mockup Aplikasi Mobile Halaman Sensor

Gambar 4.10 menunjukkan *mockup* halaman sensor pada aplikasi *mobile* AquaSense. Halaman ini digunakan untuk menampilkan informasi setiap parameter yang dipantau, yaitu pH, suhu, TDS, dan debit air. Pada masing-masing parameter tersedia tampilan nilai hasil pembacaan serta ikon grafik yang dapat digunakan untuk melihat data sensor secara lebih rinci.

4.3 Implementasi Sistem

Implementasi sistem merupakan tahap penerapan dari rancangan yang telah dibuat sebelumnya. Pada tahap ini, perangkat keras dan perangkat lunak diintegrasikan agar sistem *monitoring* air limbah dapat membaca data sensor, menampilkan data pada OLED Display, mengirimkan data ke Firebase Realtime Database, dan menampilkan data pada aplikasi *mobile*.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

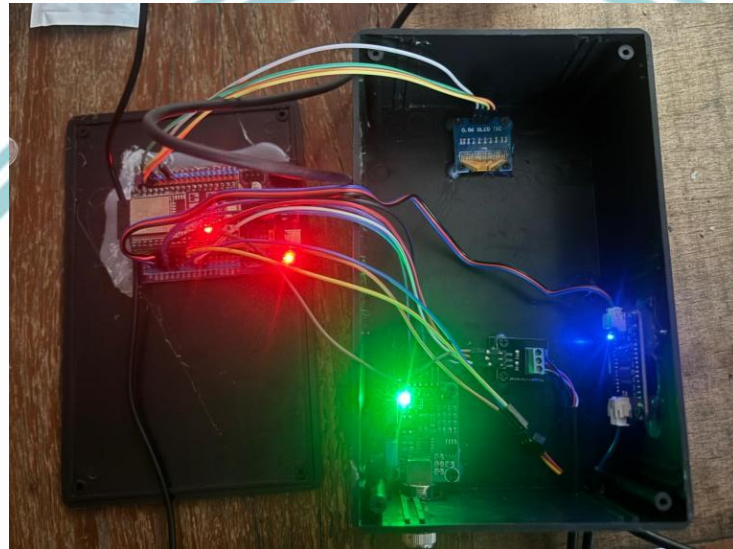
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.3.1 Implementasi Perangkat Keras

Implementasi sistem merupakan tahap penerapan dari rancangan yang telah dibuat sebelumnya. Pada tahap ini, perangkat keras dan perangkat lunak diintegrasikan agar sistem *monitoring* air limbah dapat membaca data sensor, menampilkan data pada OLED Display, mengirimkan data ke Firebase Realtime Database, dan menampilkan data pada aplikasi *mobile*.



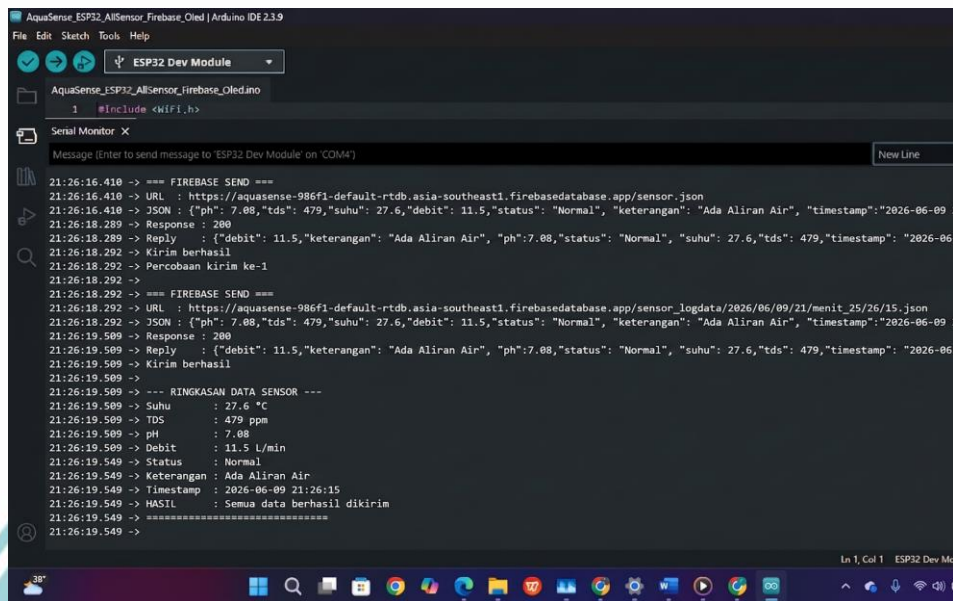
Gambar 4.11 Rangkaian Komponen Alat

Gambar 4.11 menunjukkan rangkaian komponen alat pada sistem *monitoring* air limbah berbasis *Internet of Things* (IoT). Komponen utama sistem ditempatkan pada box panel agar rangkaian lebih rapi dan terlindungi. Di dalam box tersebut terdapat ESP32 sebagai pusat kendali, modul sensor, OLED Display, serta kabel jumper yang menghubungkan setiap komponen.

ESP32 berfungsi untuk membaca data dari sensor, memproses hasil pembacaan, menampilkan data pada OLED Display, dan mengirimkan data ke Firebase Realtime Database melalui koneksi WiFi. Modul sensor yang terhubung pada rangkaian digunakan untuk mendukung pembacaan parameter air seperti pH, Total Dissolved Solids (TDS), suhu, dan debit air.

Penempatan komponen di dalam box bertujuan agar alat lebih mudah digunakan saat proses pengujian. Selain itu, penggunaan box juga membantu melindungi rangkaian dari gangguan luar dan membuat susunan kabel lebih terorganisir.

Rangkaian ini menjadi bagian utama dari implementasi perangkat keras sistem *monitoring* air limbah.



```

AquaSense_ESP32_AISensor_Firebase_Oled | Arduino IDE 2.3.9
File Edit Sketch Tools Help
ESP32 Dev Module
AquaSense_ESP32_AISensor_Firebase_Oled.ino
1 #include <WiFi.h>

Serial Monitor X
Message (Enter to send message to 'ESP32 Dev Module' on 'COM4')
New Line

21:26:16.410 -> === FIREBASE SEND ===
21:26:16.410 -> URL : https://aquesense-986f1-default-rtdb.asia-southeast1.firebaseio.com/sensor.json
21:26:16.410 -> JSON : {"ph": 7.08,"tds": 479,"suhu": 27.6,"debit": 11.5,"status": "Normal", "keterangan": "Ada Aliran Air", "timestamp": "2026-06-09 21:26:15"}
21:26:18.289 -> Response : 200
21:26:18.289 -> Reply : {"debit": 11.5,"keterangan": "Ada Aliran Air", "ph": 7.08,"status": "Normal", "suhu": 27.6,"tds": 479,"timestamp": "2026-06-09 21:26:15"}
21:26:18.292 -> Kirim berhasil
21:26:18.292 -> Percobaan Kirim ke-1
21:26:18.292 -> === FIREBASE SEND ===
21:26:18.292 -> URL : https://aquesense-986f1-default-rtdb.asia-southeast1.firebaseio.com/sensor_logdata/2026/06/09/21/menit_25/26/15.json
21:26:18.292 -> JSON : {"ph": 7.08,"tds": 479,"suhu": 27.6,"debit": 11.5,"status": "Normal", "keterangan": "Ada Aliran Air", "timestamp": "2026-06-09 21:26:15"}
21:26:19.509 -> Response : 200
21:26:19.509 -> Reply : {"debit": 11.5,"keterangan": "Ada Aliran Air", "ph": 7.08,"status": "Normal", "suhu": 27.6,"tds": 479,"timestamp": "2026-06-09 21:26:15"}
21:26:19.509 -> Kirim berhasil
21:26:19.509 -> --- RINGKASAN DATA SENSOR ---
21:26:19.509 -> Suhu : 27.6 °C
21:26:19.509 -> TDS : 479 ppm
21:26:19.509 -> pH : 7.08
21:26:19.509 -> Debit : 11.5 L/min
21:26:19.549 -> Status : Normal
21:26:19.549 -> Keterangan : Ada Aliran Air
21:26:19.549 -> Timestamp : 2026-06-09 21:26:15
21:26:19.549 -> HASIL : Semua data berhasil dikirim
21:26:19.549 -> =====
21:26:19.549 ->
  
```

Gambar 4.12 Output Serial Monitor

Gambar 4.12 menunjukkan output Serial Monitor pada Arduino IDE saat sistem *monitoring* air limbah dijalankan. Pada tampilan tersebut terlihat proses pengiriman data dari ESP32 ke Firebase Realtime Database. Data yang dikirimkan meliputi nilai pH, Total Dissolved Solids (TDS), suhu, debit air, status, keterangan, dan *timestamp*.

Pada Serial Monitor terlihat bahwa ESP32 mengirimkan data ke node sensor dan sensor_logdata pada Firebase Realtime Database. Sistem menerima *response* 200, yang menunjukkan bahwa data berhasil dikirim dan diterima oleh Firebase. Selain itu, terdapat pesan “Kirim berhasil” dan “Semua data berhasil dikirim” sebagai indikator bahwa proses pengiriman data berjalan dengan baik.

4.3.2 Implementasi Firebase Realtime Database

Implementasi Firebase Realtime Database dilakukan sebagai media penyimpanan data hasil *monitoring* air limbah secara *real-time*. Firebase digunakan untuk menerima data hasil pembacaan sensor yang dikirimkan oleh ESP32 melalui jaringan WiFi. Data yang dikirimkan meliputi nilai pH, Total Dissolved Solids (TDS), suhu, debit air, status, keterangan, dan *timestamp*.





Hak Cipta :

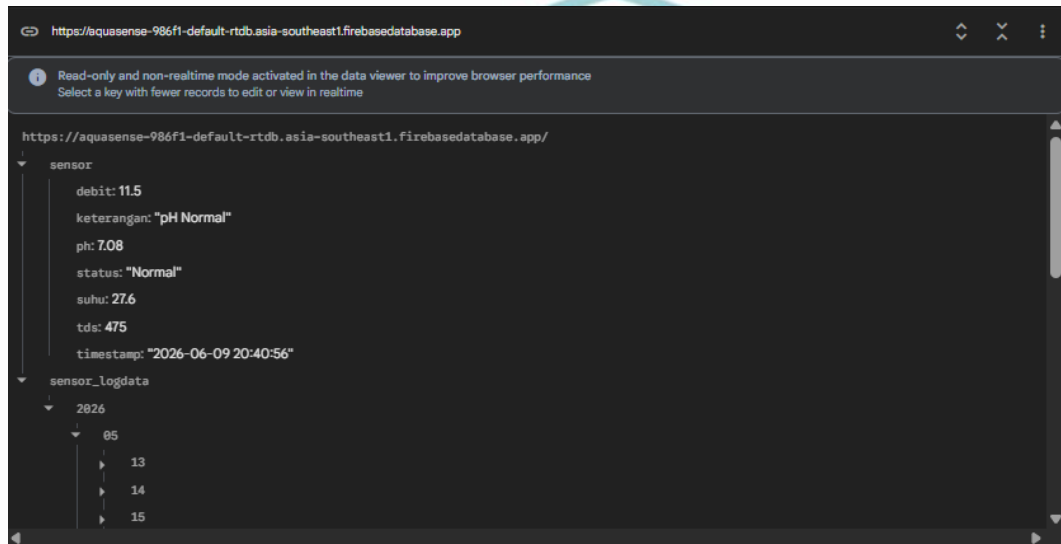
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

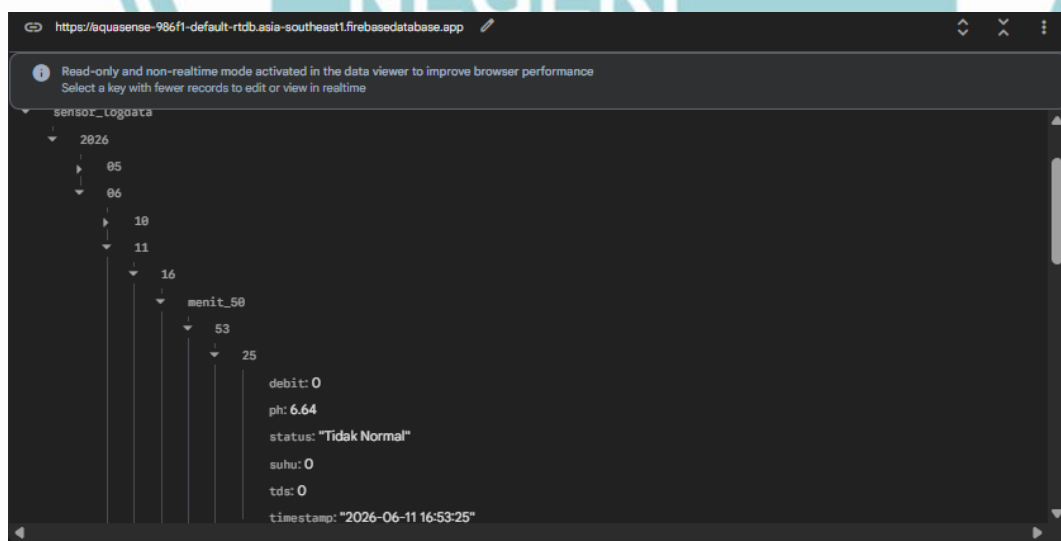
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pada implementasi ini, struktur database dibagi menjadi dua *node* utama, yaitu *node* sensor dan *node* sensor_logdata. *Node* sensor digunakan untuk menyimpan data terbaru hasil pembacaan sensor, sehingga aplikasi *mobile* dapat menampilkan kondisi *monitoring* terkini. Sementara itu, *node* sensor_logdata digunakan untuk menyimpan riwayat data hasil pembacaan sensor yang dikirimkan secara berkala.



Gambar 4.13 Firebase Realtime Database Node sensor

Gambar 4.13 menunjukkan implementasi Firebase Realtime Database pada *node* sensor. *Node* ini berfungsi sebagai penyimpanan data terbaru dari hasil pembacaan sensor yang dikirimkan oleh ESP32. Data yang tersimpan pada *node* sensor meliputi nilai debit air, keterangan, pH, status, suhu, TDS, dan *timestamp*.



Gambar 4.14 Firebase Realtime Database Node sensor_logdata



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4.14 menunjukkan implementasi Firebase Realtime Database pada *node* *sensor_logdata*. *Node* ini digunakan untuk menyimpan data riwayat hasil *monitoring* berdasarkan waktu pengiriman data. Dengan adanya *node* *sensor_logdata*, sistem dapat menyimpan data pembacaan sensor secara berkala sehingga data *monitoring* tidak hanya ditampilkan secara *real-time*, tetapi juga dapat digunakan sebagai riwayat pengujian.

Implementasi Firebase Realtime Database ini memungkinkan data dari perangkat IoT tersimpan secara langsung dan dapat diakses oleh aplikasi *mobile*. Dengan demikian, Firebase berperan sebagai penghubung antara perangkat IoT dan aplikasi *mobile* AquaSense dalam menampilkan data *monitoring* air limbah secara *real-time*.

4.3.3 Implementasi Aplikasi Mobile

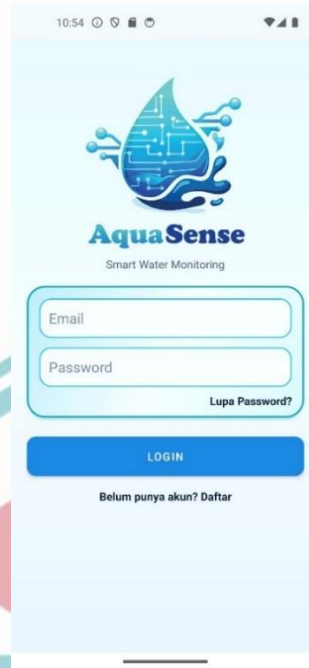
Implementasi aplikasi *mobile* dilakukan sebagai media untuk menampilkan data hasil *monitoring* air limbah yang tersimpan pada Firebase Realtime Database. Aplikasi *mobile* dibuat berbasis Android agar pengguna dapat memantau parameter pH, Total Dissolved Solids (TDS), suhu, dan debit air melalui perangkat *smartphone*. Aplikasi *mobile* terhubung dengan Firebase Realtime Database untuk mengambil data terbaru dari *node realtime*. Data yang ditampilkan pada aplikasi *mobile* meliputi nilai pH, TDS, suhu, debit air, serta waktu pembaruan data. Dengan adanya integrasi tersebut, perubahan data yang dikirimkan oleh ESP32 ke Firebase dapat ditampilkan pada aplikasi secara *real-time*. Implementasi aplikasi *mobile* ini memudahkan pengguna dalam memantau kondisi air limbah tanpa harus melihat langsung perangkat utama. Aplikasi *mobile* berperan sebagai antarmuka pengguna yang menyajikan informasi hasil pembacaan sensor secara sederhana, mudah dipahami, dan dapat diakses melalui perangkat Android.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

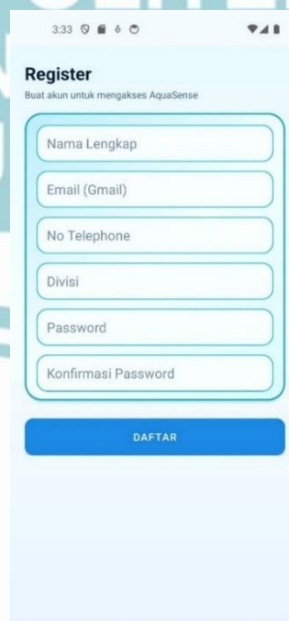
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.15 Halaman *Login*

Gambar 4.15 menunjukkan halaman login aplikasi *mobile* AquaSense yang digunakan sebagai akses awal pengguna sebelum masuk ke sistem monitoring. Pada halaman ini, pengguna dapat memasukkan email dan password untuk masuk ke aplikasi *mobile*. Selain itu, halaman login juga dilengkapi dengan fitur lupa password dan tautan daftar akun baru bagi pengguna yang belum memiliki akun.



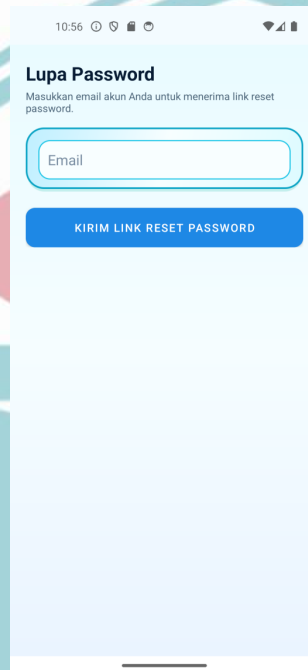
Gambar 4.16 Halaman *Register*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4.16 menunjukkan halaman register aplikasi *mobile* AquaSense yang digunakan untuk membuat akun baru sebelum pengguna dapat mengakses sistem monitoring. Pada halaman ini, pengguna diminta mengisi data seperti nama lengkap, email, nomor telepon, divisi, password, dan konfirmasi password. Data tersebut digunakan sebagai informasi awal akun pengguna pada aplikasi *mobile*.



Gambar 4.17 Halaman Lupa Password

Gambar 4.17 menunjukkan halaman lupa password pada aplikasi *mobile* AquaSense yang digunakan untuk membantu pengguna melakukan pemulihan akun. Pada halaman ini, pengguna diminta memasukkan email yang terdaftar, kemudian sistem akan mengirimkan link reset password agar pengguna dapat membuat password baru.



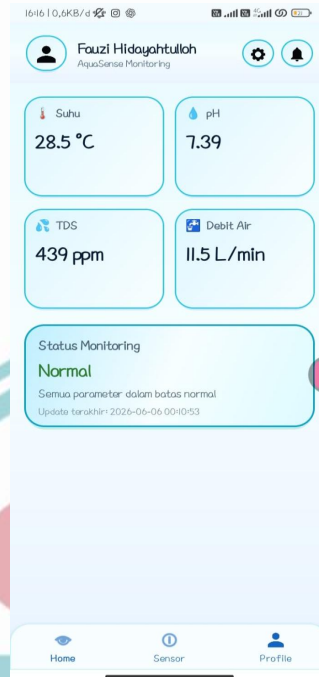
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.18 Halaman *Home*

Gambar 4.18 menunjukkan implementasi halaman home aplikasi *mobile* AquaSense. Halaman ini menampilkan ringkasan data monitoring air limbah, seperti nilai parameter utama dan status kondisi air yang diperoleh dari Firebase Realtime Database.



Gambar 4.19 Halaman *Sensor*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4.19 menunjukkan implementasi halaman sensor pada aplikasi *mobile* AquaSense. Halaman ini digunakan untuk menampilkan data parameter pH, Total Dissolved Solids (TDS), suhu, dan debit air secara lebih lengkap agar pengguna dapat melihat hasil *monitoring* dengan lebih jelas.

4.4 Pengujian Sistem

4.4.1 Deskripsi Pengujian

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui kemampuan prototipe sistem *monitoring* air limbah berbasis *Internet of Things* (IoT) dalam membaca data sensor, mengirimkan data ke Firebase Realtime Database, dan menampilkan data pada aplikasi *mobile*. Parameter yang diuji meliputi pH, Total Dissolved Solids (TDS), suhu, dan debit air.

Pengujian pembacaan sensor dilakukan menggunakan tiga jenis sampel air limbah domestik, yaitu air limbah domestik area hotel, area pertambangan, dan area rumah sakit. Hasil pembacaan sensor pH, TDS, dan suhu dibandingkan dengan alat ukur pembanding, sedangkan sensor debit air dibandingkan dengan hasil perhitungan manual menggunakan metode volume dan waktu.

Selain pengujian sensor, pengujian juga dilakukan pada tampilan OLED Display, pengiriman data dari ESP32 ke Firebase Realtime Database, penyimpanan data, serta tampilan data pada aplikasi *mobile*. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan sistem dapat bekerja secara terintegrasi dari perangkat IoT hingga aplikasi *mobile*.

Adapun pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi:

1. Pengujian fungsionalitas perangkat keras.
2. Pengujian akurasi pembacaan sensor.
3. Pengujian *durability* sistem.
4. Pengujian integrasi sistem.
5. Pengujian fungsionalitas aplikasi *mobile* menggunakan metode *black box testing*.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Dengan dilakukannya pengujian dari kelima aspek di atas, diharapkan bahwa sistem dapat bekerja secara optimal sesuai dengan kebutuhan dan harapan yang diinginkan.

4.4.2 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian merupakan proses yang dilakukan untuk mengetahui tahapan pengujian pada sistem yang telah dibuat. Prosedur pengujian disusun agar proses pengujian dapat dilakukan secara terarah dan hasil yang diperoleh dapat digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem *monitoring* air limbah berbasis *Internet of Things* (IoT).

Pada penelitian ini, prosedur pengujian dibagi menjadi dua bagian, yaitu prosedur pengujian alat dan prosedur pengujian Android. Prosedur pengujian alat dilakukan untuk memastikan perangkat keras, sensor, OLED Display, dan pengiriman data dapat berjalan sesuai rancangan. Sementara itu, prosedur pengujian Android dilakukan untuk memastikan aplikasi *mobile* dapat menampilkan data *monitoring* dan menjalankan fitur yang telah dirancang.

4.4.2.1 Prosedur Pengujian Alat

Prosedur pengujian alat dilakukan untuk mengetahui apakah perangkat keras pada sistem *monitoring* air limbah dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang telah dirancang. Pengujian ini mencakup fungsionalitas alat, pembacaan sensor, tampilan data pada OLED Display, pengiriman data ke Firebase Realtime Database, serta pengujian hasil pembacaan sensor terhadap nilai acuan atau alat pembanding.

1. Prosedur Pengujian Fungsionalitas Alat

Pengujian fungsionalitas alat dilakukan dengan menguji beberapa fitur utama pada perangkat yang telah dirancang. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap bagian pada alat dapat bekerja sesuai dengan kebutuhan sistem *monitoring* air limbah. Prosedur pengujian fungsionalitas alat ditunjukkan pada Tabel 4.5.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4.5 Prosedur Pengujian Fungsionalitas Alat

No	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan
1	Pengujian ESP32 saat sistem dinyalakan dan program dijalankan.	ESP32 dapat menyala dan menjalankan program sistem <i>monitoring</i> air limbah.
2	Pengujian koneksi ESP32 ke jaringan WiFi.	ESP32 dapat terhubung ke jaringan WiFi.
3	Pengujian fungsionalitas sensor kualitas air.	Sensor pH, TDS, suhu, dan debit air dapat membaca parameter air dan menghasilkan nilai numerik.
4	Pengujian tampilan data pada OLED Display.	OLED Display dapat menampilkan data hasil pembacaan sensor.
5	Pengujian pengiriman data dari ESP32 ke Firebase Realtime Database.	Data hasil pembacaan sensor dapat terkirim dan tersimpan pada Firebase Realtime Database.

2. Prosedur Pengujian Akurasi Sensor

Pengujian akurasi sensor dilakukan untuk mengetahui kesesuaian hasil pembacaan sensor terhadap nilai acuan atau alat pembanding. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan data hasil pembacaan sensor pada sistem dengan data pembanding yang diperoleh dari CRM, alat ukur pembanding, atau metode perhitungan manual sesuai parameter yang diuji.



Gambar 4.20 PH TDS EC Temperature Meter Tester ATC EZ9908, CRM pH dan CRM Konduktivitas



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4.20 menunjukkan alat ukur pH/TDS/EC/temperature meter serta bahan acuan yang digunakan dalam pengujian awal sensor, yaitu CRM pH dan CRM konduktivitas. Bahan acuan tersebut digunakan sebagai pembanding awal untuk mengetahui kesesuaian pembacaan sensor pH dan sensor TDS sebelum dilakukan pengujian pada sampel air limbah domestik.

Data hasil pengujian yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mengetahui tingkat kesalahan pembacaan sensor terhadap nilai acuan atau alat ukur pembanding. Analisis dapat dilakukan dengan mengetahui tingkat kesesuaian sebagai dasar untuk menilai kinerja sensor pada sistem *monitoring*. Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Error (\%) = \frac{(\text{Nilai Alat Ukur} - \text{Nilai Sensor})}{\text{Nilai Alat Ukur}} \times 100\%$$

Untuk mengetahui rata – rata persentase eror dari setiap pengujian dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Rata – rata} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

Kemudian bisa diketahui nilai akurasi sensor dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Akurasi} (\%) = 100\% - \text{Error} (\%)$$

3. Prosedur Pengujian Durability

Pengujian *durability* dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam bertahan saat dinyalakan dan menjalankan proses *monitoring*. Pengujian dilakukan dengan mencatat durasi pengujian dan durasi sistem berhasil berjalan selama tujuh hari.

$$\text{Persentase Durability} (\%) = \frac{\text{Durasi Berhasil}}{\text{Durasi Pengujian}} \times 100\%$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4. Prosedur Pengujian Integrasi Sistem

Pengujian integrasi sistem dilakukan untuk memastikan seluruh komponen sistem dapat terhubung dan bekerja secara berurutan. Pengujian ini mencakup proses pembacaan data sensor, pemrosesan data oleh ESP32, tampilan data pada OLED Display, pengiriman data ke Firebase Realtime Database, serta tampilan data pada aplikasi *mobile*. Prosedur pengujian fungsionalitas alat ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Prosedur Pengujian Integrasi Sistem

No	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan
1	Pengujian alur data dari sensor ke ESP32.	ESP32 dapat menerima data dari seluruh sensor.
2	Pengujian data dari ESP32 ke OLED Display	Data yang diproses ESP32 dapat ditampilkan pada OLED Display
3	Pengujian pengiriman data dari ESP32 ke Firebase Realtime Database	Data sensor dapat terkirim dan tersimpan pada <i>database</i> .
4	Pengujian tampilan data pada aplikasi <i>mobile</i>	Aplikasi <i>mobile</i> dapat mengambil dan menampilkan data <i>monitoring</i> dari Firebase.

4.4.2.2 Prosedur Pengujian Android

Prosedur pengujian Android dilakukan untuk memastikan bahwa aplikasi *mobile* AquaSense dapat berjalan sesuai dengan rancangan awal. Pengujian ini berfokus pada aspek fungsionalitas aplikasi *mobile*, yaitu memastikan setiap halaman dan fitur utama dapat digunakan dengan baik oleh pengguna.

Pengujian Android dilakukan menggunakan metode *black box testing*, yaitu pengujian yang berfokus pada masukan dan keluaran aplikasi *mobile* tanpa melihat struktur kode program. Pengujian dilakukan pada halaman login, register, lupa password, home, sensor, profil, serta fitur keluar aplikasi *mobile*. Hasil pengujian Android digunakan untuk mengetahui apakah aplikasi *mobile* dapat menampilkan



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

data *monitoring* air limbah secara *real-time* sesuai dengan data yang tersimpan pada Firebase Realtime Database.

4.4.3 Data Hasil Pengujian

Data hasil pengujian diperoleh dari proses pengujian sistem monitoring air limbah berbasis *Internet of Things* (IoT) yang telah dilakukan berdasarkan prosedur pengujian pada bagian sebelumnya. Data hasil pengujian disajikan untuk mengetahui kinerja alat dan aplikasi *mobile* dalam menjalankan fungsi *monitoring* air limbah.

4.4.3.1 Hasil Data Pengujian Alat

Hasil data pengujian alat diperoleh dari pengujian terhadap perangkat keras sistem monitoring air limbah. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah alat dapat menyala, membaca parameter air, menampilkan data pada OLED Display, serta mengirimkan data hasil pembacaan sensor ke Firebase Realtime Database.

1. Data Hasil Pengujian Fungsionalitas Alat

Pengujian fungsionalitas alat dilakukan sesuai dengan prosedur pengujian fungsionalitas alat yang telah ditentukan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah setiap fungsi utama pada alat dapat berjalan sesuai dengan hasil yang diharapkan. Hasil pengujian fungsionalitas alat ditampilkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Fungsionalitas Alat

No	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Pengujian ESP32 saat sistem dinyalakan dan program dijalankan.	ESP32 dapat menyala dan menjalankan program sistem <i>monitoring</i> air limbah.	ESP32 dapat menyala dan menjalankan program sistem <i>monitoring</i> air limbah.	Berhasil



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2	Pengujian koneksi ESP32 ke jaringan WiFi.	ESP32 dapat terhubung ke jaringan WiFi.	ESP32 dapat terhubung ke jaringan WiFi.	Berhasil
3	Pengujian fungsionalitas sensor kualitas air.	Sensor pH, TDS, suhu, dan debit air dapat membaca parameter air dan menghasilkan nilai numerik.	Sensor pH, TDS, suhu, dan debit air dapat membaca parameter air dan menghasilkan nilai numerik.	Berhasil
4	Pengujian tampilan data pada OLED Display.	OLED Display dapat menampilkan data hasil pembacaan sensor.	OLED Display dapat menampilkan data hasil pembacaan sensor.	Berhasil
5	Pengujian pengiriman data dari ESP32 ke Firebase Realtime Database.	Data hasil pembacaan sensor dapat terkirim dan tersimpan pada Firebase Realtime Database.	Data hasil pembacaan sensor dapat terkirim dan tersimpan pada Firebase Realtime Database.	Berhasil

Berdasarkan Tabel 4.7, hasil pengujian fungsionalitas alat menunjukkan bahwa komponen utama pada sistem *monitoring* air limbah dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang telah dirancang. ESP32 dapat menjalankan program, terhubung ke jaringan WiFi, membaca data sensor, menampilkan data pada OLED Display, dan mengirimkan data ke Firebase Realtime Database.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Data Hasil Pengujian Akurasi Sensor

Pengujian akurasi sensor dilakukan untuk mengetahui kesesuaian hasil pembacaan sensor terhadap nilai acuan atau alat pembanding. Pengujian ini dilakukan terhadap sensor pH, sensor Total Dissolved Solids (TDS), sensor suhu, dan sensor debit air. Data hasil pengujian digunakan untuk menghitung nilai selisih dan persentase error setiap sensor.

a. Data Hasil Pengujian Sensor pH

Pengujian sensor pH dilakukan melalui dua tahap, yaitu pengujian awal menggunakan CRM pH sebagai nilai acuan dan pengujian pada sampel air limbah domestik setelah dilakukan penyesuaian pembacaan sensor.



Gambar 4.21 Pengujian Awal Sensor pH

Gambar 4.21 menunjukkan proses pengujian awal sensor pH menggunakan CRM pH. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kesesuaian pembacaan awal sensor pH terhadap nilai acuan sebelum sensor digunakan pada sampel air limbah domestik.

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Awal Sensor pH

Pengujian ke-	Nilai CRM pH (pH)	Nilai pH Meter (pH)	Nilai Sensor pH (pH)	Selisih	Error (%)
1	4.01	4.01	3.92	0.09	2.24%
2	6.86	6.86	6.74	0.12	1.75%
3	10.01	10.01	9.83	0.18	1.80%



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Rata-rata <i>Error</i> (%)	1.93%
-----------------------------------	--------------

Berdasarkan Tabel 4.8, data hasil pengujian awal sensor pH digunakan sebagai dasar untuk melihat perbedaan pembacaan sensor terhadap nilai CRM pH. Data tersebut menjadi acuan sebelum dilakukan penyesuaian pembacaan sensor. Hasil pengujian awal sensor pH menunjukkan bahwa pembacaan sensor masih memiliki selisih terhadap nilai CRM pH sebagai nilai acuan. Rata-rata *error* yang diperoleh sebesar 1,93%, sehingga dilakukan penyesuaian pembacaan sebelum sensor digunakan pada sampel air limbah domestik. Setelah dilakukan penyesuaian, sensor pH diuji pada tiga jenis sampel air limbah domestik, yaitu area pertambangan, area hotel, dan area rumah sakit

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Sensor pH pada Sampel Air Limbah Domestik Setelah Penyesuaian

A. Air Limbah Domestik Area Pertambangan				
No	Sensor pH PH-4502C (pH)	pH Meter EZ9908 (pH)	Selisih (pH)	Error (%)
1	8,23	8,28	0,05	0,60%
2	8,23	8,27	0,04	0,48%
3	8,22	8,26	0,04	0,48%
4	8,22	8,25	0,03	0,36%
5	8,20	8,25	0,05	0,61%
6	8,19	8,25	0,06	0,73%
7	8,20	8,25	0,05	0,61%
8	8,21	8,24	0,03	0,36%
9	8,20	8,24	0,04	0,49%
10	8,20	8,23	0,03	0,36%
Jumlah <i>Error</i> (%)				5,08%
Rata-rata <i>Error</i> (%)				0,51%
Akurasi (%)				99,49%



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

B. Air Limbah Domestik Area Hotel

No	Sensor pH PH-4502C (pH)	pH Meter EZ9908 (pH)	Selisih (pH)	Error (%)
1	7,55	7,58	0,03	0,40%
2	7,53	7,56	0,03	0,40%
3	7,51	7,55	0,04	0,53%
4	7,49	7,52	0,03	0,40%
5	7,48	7,51	0,03	0,40%
6	7,46	7,51	0,05	0,67%
7	7,46	7,50	0,04	0,53%
8	7,45	7,50	0,05	0,67%
9	7,46	7,49	0,03	0,40%
10	7,45	7,49	0,04	0,53%
Jumlah <i>Error</i> (%)				4,93%
Rata-rata <i>Error</i> (%)				0,49%
Akurasi (%)				99,51%

C. Air Limbah Domestik Area Rumah Sakit

No	Sensor pH PH-4502C (pH)	pH Meter EZ9908 (pH)	Selisih (pH)	Error (%)
1	6,73	6,76	0,03	0,44%
2	6,71	6,75	0,04	0,59%
3	6,70	6,74	0,04	0,59%
4	6,68	6,73	0,05	0,74%
5	6,67	6,72	0,03	0,45%
6	6,67	6,71	0,04	0,60%
7	6,65	6,70	0,05	0,75%
8	6,64	6,68	0,04	0,60%
9	6,64	6,67	0,03	0,45%



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

10	6,62	6,67	0,03	0,45%
Jumlah <i>Error</i> (%)				5,66%
Rata-rata <i>Error</i> (%)				0,57%
Akurasi (%)				99,43%

Berdasarkan Tabel 4.9, hasil pembacaan sensor pH setelah penyesuaian ditampilkan berdasarkan masing-masing sampel air limbah domestik. Data tersebut digunakan sebagai dasar untuk mengetahui kesesuaian pembacaan sensor pH terhadap pH meter pembanding. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pembacaan sensor pH memiliki nilai *error* yang relatif kecil terhadap pH meter pembanding. Rata-rata *error* sensor pH pada sampel area pertambangan sebesar 0,51%, area hotel sebesar 0,49%, dan area rumah sakit sebesar 0,57%. Berdasarkan hasil tersebut, sensor pH setelah penyesuaian dapat membaca nilai pH dengan tingkat kesesuaian yang baik terhadap alat ukur pembanding.

b. Data Hasil Pengujian Sensor TDS

Pengujian sensor TDS dilakukan melalui dua tahap, yaitu pengujian awal menggunakan CRM konduktivitas sebagai nilai acuan dan pengujian pada sampel air limbah domestik setelah dilakukan penyesuaian pembacaan sensor.



Gambar 4.22 Pengujian Awal Sensor TDS

Gambar 4.22 menunjukkan proses pengujian awal sensor TDS menggunakan CRM konduktivitas. Nilai CRM konduktivitas digunakan



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

sebagai acuan awal dan dikonversi menjadi nilai acuan TDS agar dapat dibandingkan dengan hasil pembacaan sensor TDS.

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Awal Sensor TDS

No	Nilai CRM Konduktivitas ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Nilai Konversi TDS (ppm)	Nilai Sensor TDS (ppm)	Selisih (ppm)	Error (%)
1	1413	706,5	687,5	19,0	2,69%
2	1413	706,5	687,8	18,7	2,65%
3	1413	706,5	693,1	13,4	1,90%
Rata-rata <i>Error</i> (%)					2.41%

Berdasarkan Tabel 4.10, data hasil pengujian awal sensor TDS digunakan untuk mengetahui perbedaan pembacaan sensor terhadap nilai acuan TDS hasil konversi dari CRM konduktivitas. Data tersebut menjadi acuan sebelum dilakukan penyesuaian pembacaan sensor.

Tabel 4.11 Hasil Pengujian Sensor TDS pada Sampel Air Limbah Domestik Setelah Penyesuaian

A. Air Limbah Domestik Area Pertambangan				
No	Sensor TDS (ppm)	TDS Meter EZ9908 (ppm)	Selisih (ppm)	Error (%)
1	925	930	5	0,54%
2	936	942	6	0,64%
3	944	950	6	0,63%
4	952	958	6	0,63%
5	959	965	6	0,62%
6	966	972	6	0,62%
7	971	977	6	0,61%
8	965	973	8	0,82%
9	959	970	11	1,13%



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

10	966	973	7	0,72%
Jumlah <i>Error</i> (%)				6,96%
Rata-rata <i>Error</i> (%)				0,70%
Akurasi (%)				99,30%
B. Air Limbah Domestik Area Hotel				
No	Sensor TDS (ppm)	TDS Meter EZ9908 (ppm)	Selisih (ppm)	Error (%)
1	645	650	5	0,77%
2	648	653	5	0,77%
3	651	655	4	0,61%
4	660	668	8	1,20%
5	663	668	5	0,75%
6	672	678	6	0,88%
7	672	675	3	0,44%
8	668	675	7	1,04%
9	663	670	7	1,04%
10	663	668	5	0,75%
Jumlah <i>Error</i> (%)				8,25%
Rata-rata <i>Error</i> (%)				0,83%
Akurasi (%)				99,17%
C. Air Limbah Domestik Area Rumah Sakit				
No	Sensor TDS (ppm)	TDS Meter EZ9908 (ppm)	Selisih (ppm)	Error (%)
1	786	790	4	0,51%
2	789	793	4	0,50%
3	790	793	3	0,38%
4	790	796	6	0,75%
5	799	803	4	0,50%



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

6	802	810	8	1,00%
7	800	809	9	1,11%
8	800	806	6	0,74%
9	805	813	8	0,98%
10	808	815	7	0,86%
Jumlah <i>Error</i> (%)				7,33%
Rata-rata <i>Error</i> (%)				0,73%
Akurasi (%)				99,27%

Berdasarkan Tabel 4.11, data hasil pembacaan sensor TDS setelah penyesuaian ditampilkan berdasarkan masing-masing sampel air limbah domestik. Data tersebut digunakan sebagai dasar untuk mengetahui kesesuaian pembacaan sensor TDS terhadap TDS meter pembanding. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pembacaan sensor TDS memiliki nilai *error* yang relatif kecil terhadap TDS meter pembanding. Rata-rata *error* sensor TDS pada sampel area pertambangan sebesar 0,70%, area hotel sebesar 0,83%, dan area rumah sakit sebesar 0,73%. Berdasarkan hasil tersebut, sensor TDS setelah penyesuaian dapat membaca nilai TDS dengan tingkat kesesuaian yang baik terhadap alat ukur pembanding.

c. Data Hasil Pengujian Sensor Suhu

Pengujian sensor suhu dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor DS18B20 terhadap temperature meter sebagai alat ukur pembanding. Pengujian dilakukan pada tiga jenis sampel air limbah domestik, yaitu area pertambangan, area hotel, dan area rumah sakit.

Tabel 4.12 Hasil Pengujian Sensor Suhu pada Sampel Air Limbah Domestik

A. Air Limbah Domestik Area Pertambangan				
No	Sensor Suhu DS18B20 (°C)	Temperature Meter EZ9908 (°C)	Selisih (°C)	Error (%)
1	31,3	31,5	0,2	0,63%



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2	31,0	31,3	0,3	0,96%
3	30,5	31,0	0,5	1,61%
4	30,7	31,2	0,5	1,60%
5	31,1	31,4	0,3	0,96%
6	30,8	31,1	0,3	0,96%
7	31,5	31,6	0,1	0,32%
8	31,4	31,8	0,4	1,26%
9	31,4	31,7	0,3	0,94%
10	31,1	31,5	0,4	1,26%
Jumlah <i>Error</i> (%)				10,50%
Rata-rata <i>Error</i> (%)				1,05%
Akurasi (%)				98,95%
B. Air Limbah Domestik Area Hotel				
No	Sensor Suhu DS18B20 (°C)	Temperature Meter EZ9908 (°C)	Selisih (°C)	Error (%)
1	31,1	31,3	0,2	0,64%
2	30,9	31,0	0,1	0,32%
3	31,0	31,1	0,1	0,32%
4	31,2	31,4	0,2	0,64%
5	31,3	31,6	0,3	0,95%
6	31,5	31,8	0,3	0,94%
7	31,4	31,7	0,3	0,95%
8	31,0	31,2	0,2	0,64%
9	31,1	31,5	0,4	1,27%
10	30,5	31,0	0,5	1,61%
Jumlah <i>Error</i> (%)				8,28%
Rata-rata <i>Error</i> (%)				0,83%
Akurasi (%)				99,17%
C. Air Limbah Domestik Area Rumah Sakit				



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

No	Sensor Suhu DS18B20 (°C)	Temperature Meter EZ9908 (°C)	Selisih (°C)	Error (%)
1	30,9	31,0	0,1	0,32%
2	30,5	30,8	0,3	0,98%
3	30,4	30,9	0,5	1,62%
4	30,7	31,1	0,4	1,29%
5	31,0	31,3	0,3	0,96%
6	31,1	31,5	0,4	1,27%
7	31,4	31,7	0,3	0,95%
8	31,5	31,6	0,1	0,32%
9	31,0	31,4	0,4	1,27%
10	30,9	31,2	0,3	0,96%
Jumlah <i>Error</i> (%)				9,94%
Rata-rata <i>Error</i> (%)				0,99%
Akurasi (%)				99,01%

Berdasarkan Tabel 4.12, data hasil pengujian sensor suhu ditampilkan berdasarkan masing-masing sampel air limbah domestik. Data tersebut digunakan sebagai dasar untuk mengetahui kesesuaian pembacaan sensor suhu terhadap temperature meter. pengujian sensor suhu dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor DS18B20 terhadap temperature meter sebagai alat ukur pembanding. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor suhu DS18B20 memiliki selisih pembacaan yang relatif kecil terhadap temperature meter. Rata-rata *error* sensor suhu pada sampel area pertambangan sebesar 1,05%, area hotel sebesar 0,83%, dan area rumah sakit sebesar 0,99%. Berdasarkan hasil tersebut, sensor suhu DS18B20 dapat membaca suhu air limbah domestik dengan tingkat kesesuaian yang cukup baik terhadap alat ukur pembanding. Sensor suhu juga dapat digunakan sebagai parameter pendukung dalam sistem *monitoring* air limbah berbasis IoT.

d. Data Hasil Pengujian Sensor Debit Air



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pengujian sensor debit air dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor YF-S201 terhadap hasil perhitungan manual menggunakan metode volume dan waktu. Pengujian dilakukan dengan menampung air pada volume tertentu, kemudian mencatat waktu yang dibutuhkan selama proses pengisian.

Tabel 4.13 Hasil Pengujian Sensor Debit Air pada Sampel Air Limbah Domestik

A. Air Limbah Domestik Area Pertambangan						
No	Volume Air (L)	Waktu (detik)	Debit Manual (L/menit)	Sensor Debit YF-S201 (L/menit)	Selisih (L/menit)	Error (%)
1	1,50	18,4	4,89	4,78	0,11	2,28%
2	1,50	18,1	4,97	5,05	0,08	1,56%
3	1,50	18,7	4,81	4,70	0,11	2,34%
4	1,50	17,9	5,03	4,93	0,10	1,95%
5	1,50	18,5	4,86	4,77	0,09	1,95%
6	1,50	18,2	4,95	5,04	0,09	1,92%
7	1,50	17,8	5,06	4,94	0,12	2,30%
8	1,50	18,6	4,84	4,75	0,09	1,83%
9	1,50	18,3	4,92	5,01	0,09	1,87%
10	1,50	17,8	5,05	4,95	0,10	1,98%
Jumlah <i>Error</i> (%)						19,98%
Rata-rata <i>Error</i> (%)						2,00%
Akurasi (%)						98,00%
B. Air Limbah Domestik Area Hotel						
No	Volume Air (L)	Waktu (detik)	Debit Manual (L/menit)	Sensor Debit YF-S201 (L/menit)	Selisih (L/menit)	Error (%)
1	1,50	16,8	5,36	5,25	0,11	2,00%



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2	1,50	17,0	5,29	5,20	0,09	1,62%
3	1,50	16,6	5,42	5,30	0,12	2,24%
4	1,50	17,2	5,23	5,12	0,11	2,15%
5	1,50	16,9	5,33	5,22	0,11	1,98%
6	1,50	17,4	5,17	5,08	0,09	1,79%
7	1,50	16,7	5,39	5,48	0,09	1,68%
8	1,50	17,1	5,26	5,15	0,11	2,15%
9	1,50	16,5	5,45	5,34	0,11	2,10%
10	1,50	17,3	5,20	5,27	0,07	1,30%
Jumlah <i>Error</i> (%)						19,01%
Rata-rata <i>Error</i> (%)						1,90%
Akurasi (%)						98,10%
C. Air Limbah Domestik Area Rumah Sakit						
No	Volume Air (L)	Waktu (detik)	Debit Manual (L/menit)	Sensor Debit YF- S201 (L/menit)	Selisih (L/menit)	Error (%)
1	1,50	17,5	5,14	5,05	0,09	1,81%
2	1,50	17,8	5,06	4,95	0,11	2,10%
3	1,50	17,3	5,20	5,10	0,10	1,88%
4	1,50	18,0	5,00	4,91	0,09	1,80%
5	1,50	17,6	5,11	5,02	0,09	1,69%
6	1,50	18,1	4,97	4,85	0,12	2,46%
7	1,50	17,4	5,17	5,08	0,09	1,79%
8	1,50	17,9	5,03	4,93	0,10	1,95%
9	1,50	17,2	5,23	5,12	0,11	2,15%
10	1,50	17,7	5,08	5,17	0,09	1,68%
Jumlah <i>Error</i> (%)						19,31%
Rata-rata <i>Error</i> (%)						1,93%
Akurasi (%)						98,07%



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Berdasarkan Tabel 4.13, data hasil pengujian sensor debit air ditampilkan berdasarkan masing-masing sampel air limbah domestik. Data tersebut digunakan sebagai dasar untuk mengetahui kesesuaian pembacaan sensor debit air terhadap hasil perhitungan manual. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor debit air memiliki selisih terhadap hasil perhitungan manual. Rata-rata *error* sensor debit air pada sampel area pertambangan sebesar 2,00%, area hotel sebesar 1,90%, dan area rumah sakit sebesar 1,93%. Berdasarkan hasil tersebut, sensor debit air YF-S201 masih dapat membaca aliran air dengan tingkat kesesuaian yang cukup baik terhadap hasil perhitungan manual.

3. Data Hasil Pengujian Durability Sistem

Pengujian *durability* sistem dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam bertahan saat dinyalakan dan menjalankan proses *monitoring* selama durasi tertentu. Pengujian dilakukan selama tujuh hari dengan mencatat durasi pengujian dan durasi sistem berhasil berjalan.

Tabel 4.14 Hasil Pengujian Durability Sistem

No	Hari Ke-	Durasi Pengujian (Jam)	Durasi Berhasil (Jam)
1	1	12	12
2	2	12	12
3	3	12	12
4	4	12	11
5	5	12	12
6	6	12	12
7	7	12	11
Total		84	82
Persentase Durability			97,62%

Berdasarkan Tabel 4.14, data hasil pengujian *durability* sistem ditampilkan berdasarkan durasi sistem berhasil berjalan selama proses pengujian. Data tersebut



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

digunakan sebagai dasar untuk mengetahui kemampuan sistem dalam menjalankan proses *monitoring* secara terus-menerus selama durasi pengujian berlangsung.

4. Data Hasil Integrasi Sistem

Pengujian integrasi sistem dilakukan untuk mengetahui apakah setiap bagian sistem dapat saling terhubung dan bekerja sesuai alur yang telah dirancang. Pengujian ini mencakup alur data dari sensor ke ESP32, tampilan data pada OLED Display, pengiriman data ke Firebase Realtime Database, serta tampilan data pada aplikasi *mobile* ditampilkan pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Hasil Pengujian Integrasi Sistem

No	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Pengujian alur data dari sensor ke ESP32.	ESP32 dapat menerima data dari seluruh sensor.	ESP32 dapat menerima data dari seluruh sensor.	Berhasil
2	Pengujian data dari ESP32 ke OLED Display	Data yang diproses ESP32 dapat ditampilkan pada OLED Display	Data yang diproses ESP32 dapat ditampilkan pada OLED Display	Berhasil
3	Pengujian pengiriman data dari ESP32 ke Firebase Realtime Database	Data sensor dapat terkirim dan tersimpan pada <i>database</i> .	Data sensor dapat terkirim dan tersimpan pada <i>database</i> .	Berhasil
4	Pengujian tampilan data pada aplikasi <i>mobile</i>	Aplikasi <i>mobile</i> dapat mengambil dan menampilkan data	Aplikasi <i>mobile</i> dapat mengambil dan menampilkan data	Berhasil



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

		monitoring dari Firebase.	monitoring dari Firebase.	
--	--	------------------------------	------------------------------	--

4.4.3.2 Hasil Data Pengujian Android

Pengujian Android dilakukan menggunakan metode *black box testing* untuk mengetahui apakah setiap fitur pada aplikasi *mobile* AquaSense dapat berjalan sesuai dengan fungsi yang telah dirancang. Pengujian dilakukan pada halaman login, register, lupa password, home, sensor, profil, dan fitur keluar aplikasi. Hasil pengujian fungsionalitas aplikasi *mobile* ditampilkan pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Hasil Pengujian Aplikasi *Mobile*

No	Fitur	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Status
1	Halaman <i>Login</i>	Pengguna memasukkan email dan <i>password</i> , kemudian masuk ke halaman <i>home</i> apabila data akun sesuai.	Aplikasi menampilkan halaman <i>home</i> apabila data akun sesuai.	Berhasil
2	Halaman <i>Register</i>	Pengguna membuat akun baru dengan mengisi data yang dibutuhkan, kemudian akun tersimpan dan dapat digunakan untuk <i>login</i> .	Akun baru dapat dibuat dan digunakan untuk <i>login</i> ke aplikasi.	Berhasil
3	Halaman Lupa <i>Password</i>	Pengguna memasukkan email untuk melakukan proses pemulihan kata sandi.	Sistem mengirimkan link reset password ke email pengguna.	Berhasil
4	Halaman <i>Home</i>	Aplikasi menampilkan ringkasan hasil	Aplikasi menampilkan	Berhasil



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

		<i>monitoring</i> air limbah, seperti status kondisi air dan nilai parameter utama.	ringkasan hasil <i>monitoring</i> air limbah, seperti status kondisi air dan nilai parameter utama.	
5	Halaman Sensor	Aplikasi menampilkan data parameter pH, TDS, suhu, dan debit air secara lebih lengkap sesuai data dari Firebase Realtime Database.	Aplikasi menampilkan data pH, TDS, suhu, dan debit air sesuai data dari Firebase Realtime Database.	Berhasil
6	Halaman <i>Profil</i>	Aplikasi menampilkan informasi akun pengguna serta menu pendukung seperti pengaturan, tentang aplikasi, dan keluar aplikasi.	Aplikasi menampilkan informasi akun dan fitur keluar aplikasi.	Berhasil
7	Fitur Logout	Pengguna keluar dari aplikasi dan sistem kembali menampilkan halaman login.	Sistem mengeluarkan pengguna dari aplikasi dan kembali menampilkan halaman login.	Berhasil



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.4.4 Analisis Data dan Evaluasi Pengujian

Analisis data dan evaluasi pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem *monitoring* air limbah berbasis *Internet of Things* (IoT) berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan. Pengujian yang dianalisis meliputi pengujian fungsionalitas alat, akurasi sensor, *durability* sistem, integrasi sistem, dan pengujian aplikasi *mobile*.

4.4.4.1 Analisis Data

Analisis dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem *monitoring* air limbah berbasis *Internet of Things* (IoT) berdasarkan pengujian fungsionalitas alat, akurasi sensor, *durability* sistem, integrasi sistem, dan pengujian aplikasi *mobile*.

1. Analisis Data Pengujian Fungsionalitas Alat

Analisis pengujian fungsionalitas alat dilakukan berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4.7. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah fungsi utama pada perangkat IoT dapat berjalan sesuai dengan rancangan sistem. Berdasarkan hasil pengujian, seluruh skenario pengujian fungsionalitas alat memperoleh status berhasil. ESP32 dapat menyala dan menjalankan program, terhubung ke jaringan WiFi, menerima data dari sensor pH, TDS, suhu, dan debit air, menampilkan data pada OLED Display, serta mengirimkan data ke Firebase Realtime Database.

Persentase keberhasilan pengujian fungsionalitas alat dihitung berdasarkan jumlah skenario pengujian yang berhasil dibandingkan dengan total skenario pengujian. Dari 5 skenario pengujian yang dilakukan, seluruh skenario berhasil dijalankan, sehingga persentase keberhasilan pengujian fungsionalitas alat sebesar 100%.

$$\text{Persentase Keberhasilan} = \left(\frac{5}{5} \right) \times 100\% = 100\%$$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa perangkat IoT pada sistem *monitoring* air limbah dapat menjalankan fungsi dasar yang dibutuhkan, mulai dari pembacaan data sensor, tampilan data lokal, hingga pengiriman data ke *database*.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Analisis Data Pengujian Akurasi Sensor

Analisis data pengujian akurasi sensor dilakukan untuk mengetahui tingkat kesesuaian hasil pembacaan sensor terhadap nilai acuan atau alat ukur pembanding. Parameter yang dianalisis meliputi sensor pH, sensor TDS, sensor suhu, dan sensor debit air. Analisis dilakukan berdasarkan nilai selisih, persentase *error*, rata-rata *error*, dan akurasi yang diperoleh dari hasil pengujian.

a. Analisis Pengujian Sensor pH

Berdasarkan Tabel 4.8, hasil pengujian awal sensor pH menunjukkan bahwa pembacaan sensor masih memiliki selisih terhadap nilai CRM pH sebagai nilai acuan. Rata-rata *error* yang diperoleh sebesar 1,93%, sehingga dilakukan penyesuaian pembacaan sebelum sensor digunakan pada sampel air limbah domestik. Setelah dilakukan penyesuaian, sensor pH diuji pada tiga jenis sampel air limbah domestik, yaitu area pertambangan, area hotel, dan area rumah sakit. Berdasarkan Tabel 4.9, hasil pengujian menunjukkan bahwa pembacaan sensor pH memiliki nilai *error* yang relatif kecil terhadap pH meter pembanding. Rata-rata *error* sensor pH pada sampel area pertambangan sebesar 0,51%, area hotel sebesar 0,49%, dan area rumah sakit sebesar 0,57%. Berdasarkan hasil tersebut, sensor pH setelah penyesuaian dapat membaca nilai pH dengan tingkat kesesuaian yang baik terhadap alat ukur pembanding.

b. Analisis Pengujian Sensor TDS

Berdasarkan Tabel 4.10, hasil pengujian awal sensor TDS menunjukkan bahwa pembacaan sensor masih memiliki selisih terhadap nilai acuan TDS hasil konversi dari CRM konduktivitas. Rata-rata *error* yang diperoleh sebesar 2,41%, sehingga dilakukan penyesuaian pembacaan sebelum sensor digunakan pada sampel air limbah domestik. Setelah dilakukan penyesuaian, sensor TDS diuji pada tiga jenis sampel air limbah domestik, yaitu area pertambangan, area hotel, dan area rumah sakit. Berdasarkan Tabel 4.11, hasil pengujian menunjukkan bahwa pembacaan sensor TDS memiliki nilai *error* yang relatif kecil terhadap TDS meter pembanding.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Rata-rata *error* sensor TDS pada sampel area pertambangan sebesar 0,70%, area hotel sebesar 0,83%, dan area rumah sakit sebesar 0,73%. Berdasarkan hasil tersebut, sensor TDS setelah penyesuaian dapat membaca nilai TDS dengan tingkat kesesuaian yang baik terhadap alat ukur pembanding.

c. Analisis Pengujian Sensor Suhu

Berdasarkan Tabel 4.12, pengujian sensor suhu dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor DS18B20 terhadap temperature meter sebagai alat ukur pembanding. Pengujian dilakukan pada tiga jenis sampel air limbah domestik, yaitu area pertambangan, area hotel, dan area rumah sakit. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor suhu DS18B20 memiliki selisih pembacaan yang relatif kecil terhadap temperature meter. Rata-rata *error* sensor suhu pada sampel area pertambangan sebesar 1,05%, area hotel sebesar 0,83%, dan area rumah sakit sebesar 0,99%. Berdasarkan hasil tersebut, sensor suhu DS18B20 dapat membaca suhu air limbah domestik dengan tingkat kesesuaian yang cukup baik terhadap alat ukur pembanding. Sensor suhu juga dapat digunakan sebagai parameter pendukung dalam sistem *monitoring* air limbah berbasis IoT.

d. Analisis Pengujian Debit Air

Berdasarkan Tabel 4.13, pengujian sensor debit air dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor YF-S201 terhadap debit manual menggunakan metode volume dan waktu. Pengujian dilakukan pada tiga jenis sampel air limbah domestik, yaitu area pertambangan, area hotel, dan area rumah sakit. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor debit air memiliki selisih terhadap hasil perhitungan manual. Rata-rata *error* sensor debit air pada sampel area pertambangan sebesar 2,00%, area hotel sebesar 1,90%, dan area rumah sakit sebesar 1,93%. Berdasarkan hasil tersebut, sensor debit air YF-S201 masih dapat membaca aliran air dengan tingkat kesesuaian yang cukup baik terhadap hasil perhitungan manual. Perbedaan nilai pembacaan dapat dipengaruhi oleh kondisi aliran air, waktu pengisian, dan karakteristik sensor debit yang menggunakan putaran rotor dalam proses pembacaannya.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Analisis Komparasi Hasil Pengujian Sensor

Komparasi hasil pengujian sensor dilakukan untuk melihat perbandingan rata-rata *error* dari setiap sensor pada masing-masing sampel air limbah domestik. Parameter yang dibandingkan meliputi sensor pH, sensor Total Dissolved Solids (TDS), sensor suhu, dan sensor debit air. Hasil komparasi ini digunakan untuk mengetahui sensor yang memiliki tingkat kesesuaian paling baik terhadap alat pembanding atau metode perhitungan yang digunakan.

Tabel 4.17 Komparasi Rata-Rata Error Sensor pada Sampel Air Limbah Domestik

No	Sampel Air Limbah	pH (%)	TDS (%)	Suhu (%)	Debit (%)
1	Pertambangan	0,51	0,70	1,05	2,00
2	Hotel	0,49	0,83	0,83	1,90
3	Rumah Sakit	0,53	0,73	0,99	1,93

Berdasarkan Tabel 4.17, sensor pH memiliki rata-rata error yang paling kecil dibandingkan sensor lainnya pada seluruh sampel air limbah domestik. Hal ini menunjukkan bahwa setelah dilakukan penyesuaian, pembacaan sensor pH memiliki tingkat kesesuaian yang baik terhadap pH meter pembanding. Sensor TDS juga menunjukkan nilai error yang relatif kecil, sehingga masih dapat digunakan untuk memberikan informasi awal mengenai jumlah zat padat terlarut pada air limbah.

Sensor suhu DS18B20 menunjukkan nilai error yang sedikit lebih tinggi dibandingkan sensor pH dan TDS, tetapi masih berada pada tingkat yang cukup baik sebagai parameter pendukung. Suhu memiliki keterkaitan dengan pembacaan TDS karena nilai TDS berhubungan dengan konduktivitas air yang dapat dipengaruhi oleh perubahan suhu. Sementara itu, sensor debit air memiliki nilai *error* paling besar dibandingkan sensor lainnya, karena pembacaan debit dapat



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

dipengaruhi oleh kestabilan aliran, tekanan air, dan putaran rotor pada sensor YF-S201.

Secara keseluruhan, hasil komparasi menunjukkan bahwa setiap sensor memiliki karakteristik pembacaan yang berbeda. Sensor pH dan TDS berperan sebagai parameter utama dalam penentuan status kondisi air karena berkaitan langsung dengan kualitas air limbah. Sensor suhu berperan sebagai parameter pendukung karena perubahan suhu dapat memengaruhi kondisi fisik air dan pembacaan TDS yang berkaitan dengan konduktivitas. Sementara itu, sensor debit air tidak secara langsung menentukan kualitas air, tetapi memberikan informasi mengenai kuantitas aliran yang dapat memengaruhi kestabilan pembacaan saat proses monitoring berlangsung. Dengan demikian, keempat sensor tersebut saling melengkapi dalam memberikan informasi awal mengenai kondisi air limbah.

4. Analisis Data Pengujian Durability Sistem

Berdasarkan Tabel 4.14, pengujian *durability* sistem dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam bertahan saat dinyalakan dan menjalankan proses monitoring secara terus-menerus. Pengujian dilakukan selama tujuh hari dengan durasi pengujian 12 jam setiap hari.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa total durasi pengujian selama tujuh hari adalah 84 jam, sedangkan durasi sistem berhasil berjalan adalah 82 jam. Persentase *durability* sistem dihitung dengan membandingkan durasi sistem berhasil berjalan terhadap total durasi pengujian.

$$\text{Presentase Durability} = \left(\frac{82}{84} \right) \times 100\% = 97,62\%$$

Berdasarkan hasil tersebut, sistem memiliki persentase *durability* sebesar 97,62%. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem *monitoring* air limbah dapat bertahan dan menjalankan proses monitoring dengan baik selama durasi pengujian berlangsung.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

5. Analisis Data Pengujian Integrasi Sistem

Berdasarkan Tabel 4.15, pengujian integrasi sistem dilakukan untuk mengetahui keberhasilan alur data dari perangkat IoT hingga aplikasi *mobile*. Pengujian ini mencakup proses pembacaan data sensor oleh ESP32, tampilan data pada OLED Display, pengiriman data ke Firebase Realtime Database, serta tampilan data pada aplikasi *mobile*.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh skenario integrasi sistem memperoleh keterangan berhasil. Data dari sensor pH, TDS, suhu, dan debit air dapat diterima oleh ESP32, ditampilkan pada OLED Display, dikirimkan ke Firebase Realtime Database, dan ditampilkan kembali pada aplikasi *mobile*.

$$\text{Presentase Keberhasilan} = \left(\frac{4}{4}\right) \times 100\% = 100\%$$

Dari 4 skenario pengujian yang dilakukan, seluruh skenario berhasil dijalankan. Dengan demikian, persentase keberhasilan pengujian integrasi sistem adalah 100%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem *monitoring* air limbah dapat bekerja secara terhubung sesuai dengan alur sistem yang telah dirancang.

6. Analisis Data Pengujian Android

Berdasarkan Tabel 4.16, pengujian Android dilakukan menggunakan metode *black box testing* untuk mengetahui apakah fitur utama pada aplikasi *mobile* AquaSense dapat berjalan sesuai dengan fungsi yang telah dirancang. Pengujian dilakukan pada halaman login, register, lupa password, home, sensor, profil, dan fitur logout.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fitur yang diuji memperoleh status berhasil. Halaman login dapat digunakan untuk masuk ke aplikasi *mobile*, halaman register dapat digunakan untuk membuat akun baru, halaman lupa password dapat digunakan untuk proses pemulihan akun, halaman home dan sensor dapat menampilkan data *monitoring*, halaman profil dapat menampilkan informasi akun, serta fitur logout dapat mengembalikan pengguna ke halaman login.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Persentase keberhasilan pengujian Android dihitung berdasarkan jumlah fitur yang berhasil dibandingkan dengan total fitur yang diuji.

$$\text{Presentase Keberhasilan} = \left(\frac{7}{7}\right) \times 100\% = 100\%$$

Berdasarkan hasil tersebut, aplikasi *mobile* AquaSense dapat menjalankan fitur utama sesuai dengan rancangan. Aplikasi *mobile* juga dapat digunakan sebagai media untuk menampilkan data hasil *monitoring* air limbah yang diperoleh dari Firebase Realtime Database. Berdasarkan hasil tersebut, aplikasi *mobile* AquaSense dapat menjalankan fitur utama sesuai dengan rancangan.

4.4.4.2 Evaluasi Pengujian

Berdasarkan hasil analisis data pengujian, sistem *monitoring* air limbah berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dikembangkan telah dapat menjalankan fungsi utama sesuai dengan rancangan. Pengujian fungsionalitas alat menunjukkan bahwa perangkat IoT dapat menyala, membaca data sensor, menampilkan data pada OLED Display, serta mengirimkan data ke Firebase Realtime Database.

Pada pengujian akurasi sensor, hasil pembacaan sensor pH, TDS, suhu, dan debit air menunjukkan nilai error yang masih relatif kecil terhadap alat ukur pembanding atau metode perhitungan manual. Sensor pH dan sensor TDS menunjukkan hasil pembacaan yang lebih mendekati alat pembanding setelah dilakukan penyesuaian pembacaan. Sensor suhu DS18B20 dapat membaca suhu air dengan cukup baik, sedangkan sensor debit air YF-S201 masih dapat digunakan untuk membaca aliran air meskipun memiliki error yang lebih besar dibandingkan sensor lainnya.

Pengujian *durability* sistem menunjukkan bahwa sistem mampu bertahan dan menjalankan proses *monitoring* selama durasi pengujian yang telah dilakukan. Selain itu, pengujian integrasi sistem menunjukkan bahwa alur data dari sensor menuju ESP32, OLED Display, Firebase Realtime Database, hingga aplikasi *mobile* dapat berjalan dengan baik.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pengujian Android menunjukkan bahwa fitur utama aplikasi *mobile* AquaSense dapat berjalan sesuai dengan fungsi yang dirancang, seperti login, register, lupa password, tampilan home, halaman sensor, profil, dan logout. Aplikasi *mobile* juga dapat menampilkan nilai parameter monitoring serta status dan keterangan kondisi air berdasarkan nilai acuan yang digunakan dalam penelitian.

Meskipun sistem telah berjalan sesuai dengan fungsi yang dirancang, sistem ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Sensor yang digunakan merupakan sensor *low-cost* sehingga hasil pembacaan masih dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, kestabilan sensor, kualitas sampel, dan proses pembacaan saat pengujian. Selain itu, pengiriman data masih bergantung pada koneksi jaringan WiFi dan layanan Firebase Realtime Database. Oleh karena itu, sistem ini lebih tepat digunakan sebagai prototipe pemantauan awal, bukan sebagai alat ukur standar atau sistem penilaian resmi kualitas air limbah.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem *monitoring* air limbah yang dikembangkan telah dapat membaca parameter pH, TDS, suhu, dan debit air, mengirimkan data ke Firebase Realtime Database, serta menampilkan data pada aplikasi *mobile*. Dengan demikian, sistem ini dapat digunakan sebagai prototipe *early monitoring system* untuk membantu pemantauan awal kondisi air limbah berbasis IoT. Status yang ditampilkan pada sistem digunakan sebagai informasi awal *monitoring* dan tidak digunakan sebagai penilaian kepatuhan lingkungan secara resmi.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sistem *monitoring* air limbah berbasis *Internet of Things* (IoT) berhasil dirancang dan dibangun menggunakan ESP32, sensor pH, sensor Total Dissolved Solids (TDS), sensor suhu DS18B20, sensor debit air YF-S201, OLED Display, Firebase Realtime Database, dan aplikasi *mobile*. Sistem dapat membaca parameter pH, TDS, suhu, dan debit air, kemudian mengirimkan data ke Firebase dan menampilkannya pada aplikasi *mobile* secara *real-time*.
2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang dirancang. Pengujian fungsionalitas alat, integrasi sistem, dan aplikasi *mobile* menunjukkan hasil berhasil. Pada pengujian akurasi sensor, sensor pH, TDS, suhu, dan debit air memiliki nilai *error* yang masih relatif kecil terhadap alat ukur pembanding atau metode perhitungan manual. Selain itu, pengujian *durability* menunjukkan bahwa sistem mampu bertahan dan menjalankan proses *monitoring* selama durasi pengujian yang dilakukan.
3. Sistem dapat menampilkan nilai parameter hasil *monitoring* serta status kondisi air berdasarkan nilai acuan yang digunakan dalam penelitian. Status tersebut digunakan sebagai informasi awal untuk membantu pengguna memahami kondisi air limbah yang sedang dipantau. Namun, sistem ini masih bersifat prototipe *early monitoring system* dan tidak digunakan sebagai alat ukur standar atau sistem penilaian resmi kepatuhan kualitas air limbah.



5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk pengembangan sistem selanjutnya, yaitu:

1. Pengembangan selanjutnya dapat menggunakan sensor dengan tingkat akurasi dan kestabilan yang lebih baik agar hasil pembacaan parameter air limbah menjadi lebih mendekati alat ukur standar.
2. Sistem dapat dikembangkan dengan metode kalibrasi atau penyesuaian sensor yang lebih terstruktur, khususnya pada sensor pH dan TDS, agar hasil pengukuran menjadi lebih stabil dalam penggunaan jangka panjang.
3. Pengujian sistem dapat dilakukan dalam durasi yang lebih lama dan pada variasi sampel air limbah yang lebih banyak agar performa sistem dapat dievaluasi secara lebih menyeluruh.
4. Aplikasi *mobile* dapat dikembangkan dengan fitur tambahan seperti riwayat data yang lebih lengkap, grafik *monitoring* berdasarkan waktu, notifikasi otomatis, dan ekspor data hasil *monitoring*.
5. Sistem dapat dikembangkan menggunakan sumber daya dan koneksi jaringan yang lebih stabil agar proses *monitoring*, pengiriman data, dan tampilan data pada aplikasi *mobile* dapat berjalan lebih optimal.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- Budi, N.S., Aprilia, S., Nugroho, S.A. and Anindyahadi, F. (2025) 'Perancangan alat ukur kadar pH dan suhu air berbasis Arduino Uno', *JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan)*, 13(2), pp. 1055–1060. Available at: <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i2.6398>
- Chowdury, M.S.U. et al. (2019). *IoT Based real-time river water quality monitoring system*. *Procedia Computer Science*, 155, pp. 161–168. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.08.025>
- Danang, D., Suasana, I.S. and Fatah, K.A., 2023. Monitoring Air Limbah Rumah Sakit Berdasarkan Kadar pH Dan Suhu Menggunakan Arduino. 5(1), pp.166-179. Available At : <https://sinov.semarangkab.go.id/index.php/sinov/article/view/573>
- De Camargo, E.T., Spanhol, F.A., Slongo, J.S., Da Silva, M.V.R., Pazinato, J., de Lima Lobo, A.V., Coutinho, F.R., Pfrimer, F.W.D., Lindino, C.A., Oyamada, M.S. and Martins, L.D., 2023. Low-cost water quality sensors for IoT: A systematic review. *Sensors*, 23(9), p.4424. Available At : <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/9/4424>
- Espressif Systems. (2020). *ESP32 Datasheet*. Available at: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf
- Faza, J., Purnama, S.I. and Syifa, F.T., 2021. Sistem Monitoring Tingkat pH, Kekeruhan dan Suhu Air Limbah Batik pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Berbasis LoRa. *JTECE(Journal Of Telecommunication, Electronics, And Control Engineering)*, 3(01), pp.1-6. Available At : <https://www.academia.edu/download/95149515/106.pdf>
- Handson Technology. (n.d.). *YF-S201 Water Flow Sensor User Guide*. Available at: <https://handsontec.com/dataspecs/sensor/Water%20Flow%20Sensor.pdf>
- Hardika, B., Kurniawan, M.D., Adzka, M., Prastowiyono, D., Banyubasa, A., Wicaksono, A. and Nasir, M., 2024. Pengujian Blackbox Testing Website



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Garuda Farm Menggunakan Teknik Equivalence Partitioning. *Jurnal Kridatama Sains dan Teknologi*, 6(02), pp.740-753. Available at : <https://jurnal.umnu.ac.id/index.php/kst/article/view/1420>

Hermawan, I., Kurniawan, A., Hanafi, R., Sumarsono, A.F.K. and Ardiawan, M.A., 2023. Development of Mobile Smart Trash Bin Using Raspberry Pi. *Jurnal Komputer Terapan*, 9(1), pp.19–30. Available at : <https://doi.org/10.35143/jkt.v9i1.5749>.

Hidayat, S. .-. (2025). Sistem Monitoring Kualitas Air Limbah Rumah Tangga Berbasis Iot. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 13(1). Available At : <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i1.5938>

KEMLHK Indonesia, 2018, “Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Tentang Pemantauan Kualitas Air Limbah Secara Terus Menerus dan Dalam jaringan Bagi Usaha dan/atau Kegiatan (Sparing)”, Jakarta, Indonesia. Available At : <https://peraturan.bpk.go.id/Details/164071/permen-lhk-no-93-tahun-2018>

Lakshmikantha, V., Hiriyannagowda, A., Manjunath, A., Patted, A., Basavaiah, J. and Anthony, A.A., 2021. IoT based smart water quality monitoring system. *Global Transitions Proceedings*, 2(2), pp.181-186. Available At : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666285X2100090X>

Maulidin, M.P., Gusri, K., Dzaudan, D., Jasa, L. and Wijaya, A., 2025. Rancang Bangun Prototype Monitoring Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Di Suwung Berbasis Internet of Things. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 24(1), pp.103-116. Available At : <https://ejournal2.unud.ac.id/index.php/mite/article/view/96>

Maxim Integrated. (2019). *DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer Datasheet*. Available At : <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/download/1244260/MAXIM/DS18B20.html>

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

- Oo, Z.L., Lai, T., Ko, S. and Moe, A. (2019). *IoT based Weather Monitoring System Using Firebase Real Time Database with Mobile Application*. Available At : https://www.researchgate.net/profile/Zaw-Lin-Oo/publication/338169748_IoT_based_Weather_Monitoring_System_Using_Firebase_Real_Time_Database_with_Mobile_Application/links/5e046efd4585159aa49ab290/IoT-based-Weather-Monitoring-System-Using-Firebase-Real-Time-Database-with-Mobile-Application.pdf
- PP RI No. 22 Tahun 2021, Lampiran VI, Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup: Baku Mutu Air. Jakarta: Sekretariat Negara Republik Indonesia. Available At : <https://peraturan.bpk.go.id/Details/161852/pp-no-22-tahun-2021>
- PP RI No. 22 Tahun 2021, Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Jakarta: Sekretariat Negara Republik Indonesia. Available At : <https://peraturan.bpk.go.id/Details/161852/pp-no-22-tahun-2021>
- Rianto, A., Kusanti, J. and Agus Triono Sudalyo, R. (2023) “Perancangan Monitoring Limbah Air Sungai Bengawan Solo di Kalurahan Sewu”, *Jurnal Pengabdian Masyarakat Darul Ulum*, 2(2), pp. 88–95. Available At : <https://doi.org/10.32492/dimas-undar.v2i2.2205>
- Rikanto, T. and Witanti, A., 2021. Sistem Monitoring Kualitas Kekeruhan Air Berbasis Internet Of Thing. *II*(2), pp.87-90. Available At : <https://ejurnal.umri.ac.id/index.php/JIK/article/download/2714/1563>
- Safrilly, S.M. and Badarudin, R., 2024. Sistem Monitoring Suhu secara Real-Time berbasis Arduino Uno untuk Pemantauan Lingkungan. *ELECTROPS: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 3(1), pp.1-7. Available At: <https://ocs.unmul.ac.id/index.php/TE/article/view/15789/6354>
- Sahu, N. and Maldhure, A. (2025) *Framework for evaluating the performance of water quality sensors*. *Cleaner Water*, 4, p. 100144. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.clwat.2025.100144>



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Sari, A.R., Al Husnawati, H., Suryono, J., Marzuki, M. and Mulyapradana, A., 2025. Metode Penelitian Kualitatif, Kuantitatif, Dan R&D. *YPAD Penerbit*. Available at: <https://journal.yayasanpad.org/index.php/ypadbook/article/view/432>
- Saves, F., Rochmah, N. and Putra, R.F.A., 2020. Analisis Debit Air Andalan PDAM di Daerah Zona 5 Wilayah Surabaya Barat Pertumbuhan Penduduk Tahun 2028. *EXTRAPOLASI*, 17(1), pp.11-19. Available at: <https://www.academia.edu/download/111542251/2772.pdf>
- Setyawan, L. B. (2017). Prinsip Kerja dan Teknologi OLED. *Techné : Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 16(02), 121–132. Available at: <https://doi.org/10.31358/techne.v16i02.165>
- Ulum, O. T. (2025) Analysis Of River Water Quality Around Pt Mertex Mojokerto Based On Physical, Chemical, And Heavy Metal Parameters, *Unesa Journal of Chemistry*, 14(2), pp. 50–55. Available At : <https://doi.org/10.26740/ujc.v14n2.p50-55>
- Wijaya, D.L., Panjaitan, S.D. and Marindani, E.D. (2021). *Sistem Monitoring pH, TDS dan Debit Air Outlet Oil Trap PT PLN (Persero) ULPLTU/D Sei Raya*. Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology. Available At : <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/j3eituntan/article/viewFile/48240/75676590014>
- Younis, M.F. and Alwan, Z.S., 2023, July. Monitoring the performance of cloud real-time databases: A firebase case study. In *2023 Al-Sadiq International Conference on Communication and Information Technology (AICCIT)* (pp. 240-245). IEEE. Available At : [10.1109/AICCIT57614.2023.10217953](https://doi.org/10.1109/AICCIT57614.2023.10217953)

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Fauzi Hidayatulloh

Lahir di Depok, 13 Januari 2001. Penulis merupakan anak terakhir dari tiga bersaudara, dari pasangan Harun Nur Rosyid dan Suparni. Penulis memasuki pendidikan formal di SD Negeri Cisalak 4 pada tahun 2007. Kemudian melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 16 Depok pada tahun 2014. Selanjutnya melanjutkan pendidikan atas di SMA Negeri 7 Depok pada tahun 2017. Setelah itu pada tahun 2021, Penulis berkesempatan untuk melanjutkan pendidikan tinggi di Politeknik Negeri Jakarta Jurusan Teknik Informatika dan Komputer, Program Studi D4 Teknik Multimedia dan Jaringan.



POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

Lampiran 1 – Surat Keterangan Izin Pengambilan Sampel Air Limbah area Pertambangan PT. Trimata Benua



PT. TRIMATA BENUA

SURAT KETERANGAN

No: 081/SK-TB/IV/2026

Tentang

IZIN PENGAMBILAN SAMPEL AIR LIMBAH UNTUK KEPERLUAN PENELITIAN

Dengan ini menerangkan bahwa:

Nama : Fauzi Hidayatulloh

NIM : 2107421017

Program Studi : Teknik Multimedia dan Jaringan

Benar telah diberikan izin untuk melakukan pengambilan sampel air limbah di lingkungan PT. Trimata Benua. Pengambilan sampel tersebut dilakukan untuk keperluan penelitian/skripsi mahasiswa yang bersangkutan.

Adapun sampel air limbah yang diambil hanya digunakan untuk kebutuhan akademik dan penelitian, serta tidak diperuntukkan bagi kepentingan lain di luar kegiatan tersebut.

Demikian surat keterangan ini dibuat dengan sebenar-benarnya agar dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di : Banyuasin

Pada Tanggal : 24 April 2026

PT. Trimata Benua,


TRIMATA BENUA
Abiseka Prahasto



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 2 – Surat Keterangan Izin Pengambilan Sampel Air Limbah area Perhotelan Hotel Aviary Bintaro


HOTEL AVIARY BINTARO
 Jl. Boulevard Bintaro Jaya No.3A Blok B7, Pd. Jaya, Kec. Pd. Aren,
 Kota Tangerang Selatan, Banten 15229

SURAT KETERANGAN
No: SK/037/V/2026

Menerangkan bahwa mahasiswa berikut:

Nama : Fauzi Hidayatulloh
 NIM : 2107421017
 Program Studi : Teknik Multimedia dan Jaringan

Telah melakukan pengambilan sampel air limbah di lingkungan Hotel Aviary pada tanggal 6 Mei 2026. Kegiatan tersebut dilakukan sebagai bagian dari pengumpulan data untuk keperluan penyusunan penelitian/skripsi.

Pengambilan sampel dilakukan secara terbatas dan telah diketahui oleh pihak hotel. Sampel yang diperoleh digunakan untuk kebutuhan analisis penelitian akademik, khususnya berkaitan dengan sistem pemantauan kualitas air limbah.

Surat keterangan ini dibuat sebagai bukti bahwa kegiatan pengambilan sampel tersebut benar telah dilaksanakan di Hotel Aviary pada kolam IPAL, dan dapat digunakan sebagai kelengkapan administrasi penelitian mahasiswa yang bersangkutan.

Bintaro, 7 Mei 2026
Hotel Aviary

Ilham Permana



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 3 – Surat Keterangan Izin Pengambilan Sampel Air Limbah area Rumah Sakit Primaya Hospital



**PRIMAYA
HOSPITAL**

PRIMAYA HOSPITAL
Depok
Jl. H. Soesilo Raya, RT.001 RW. 014, Sekeloa Jaya
Cibubur, Kota Depok
Jawa Barat, Indonesia

SURAT KETERANGAN
NO: PHSK/DPK/VI/2026/0252

Yang bertanda tangan di bawah ini, pihak dari **PRIMAYA HOSPITAL DEPOK** menerangkan bahwa:

Nama : Fauzi Hidayatulloh
NIM : 2107421017
Program Studi : Teknik Multimedia dan Jaringan

Adalah benar telah diberikan izin untuk melakukan pengambilan sampel air limbah di lingkungan **Primaya Hospital Depok**.

Pengambilan sampel air limbah tersebut dilakukan untuk keperluan penelitian/skripsi mahasiswa yang bersangkutan. Sampel air limbah yang diambil hanya digunakan untuk kebutuhan akademik dan penelitian, serta tidak digunakan untuk kepentingan lain di luar kegiatan tersebut.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat agar dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Depok, 10 Juni 2026


dr. Putra Shely Sundawa, Sp.A

CS Dipindai dengan CamScanner



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 4 – Dokumentasi Pengambilan Sampel air limbah dan breafing perihal tata tertib pada area pertambangan PT. Trimata benua



Lampiran 5 – Dokumentasi Pengambilan Sampel air limbah area perhotelan bagian Outlet IPAL di Hotel Aviary Bintaro





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

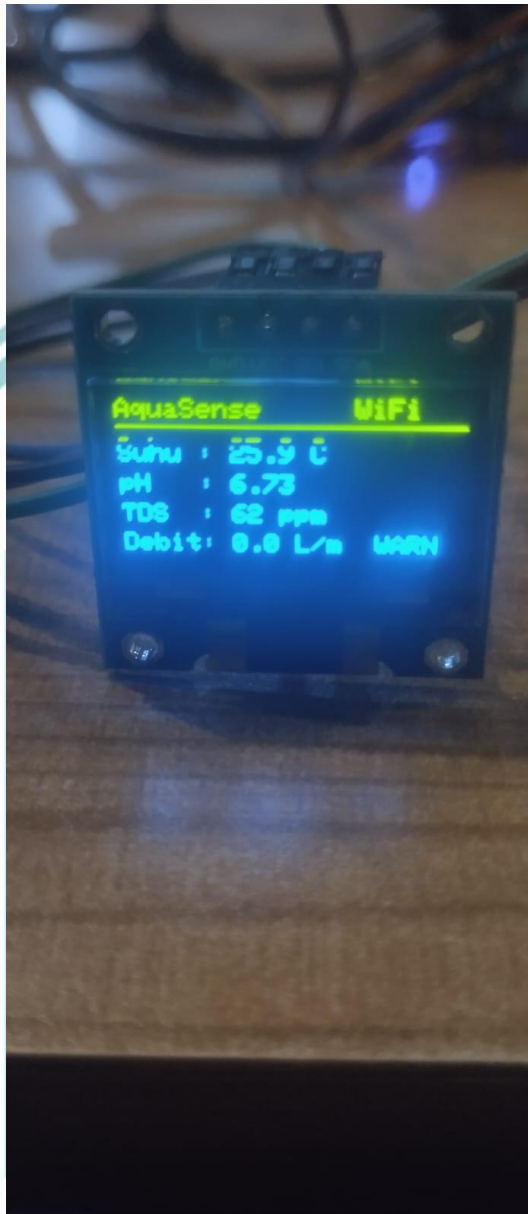
Lampiran 6 – Dokumentasi Pengambilan Sampel air limbah area Rumah Sakit bagian IPAL di Primaya Hospital



Lampiran 7 – Dokumentasi Perancangan Alat Monitoring berbasis *Internet of Things*



Lampiran 8 – Dokumentasi Tampilan Oled dengan menampilkan nilai dari parameter / sensor



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

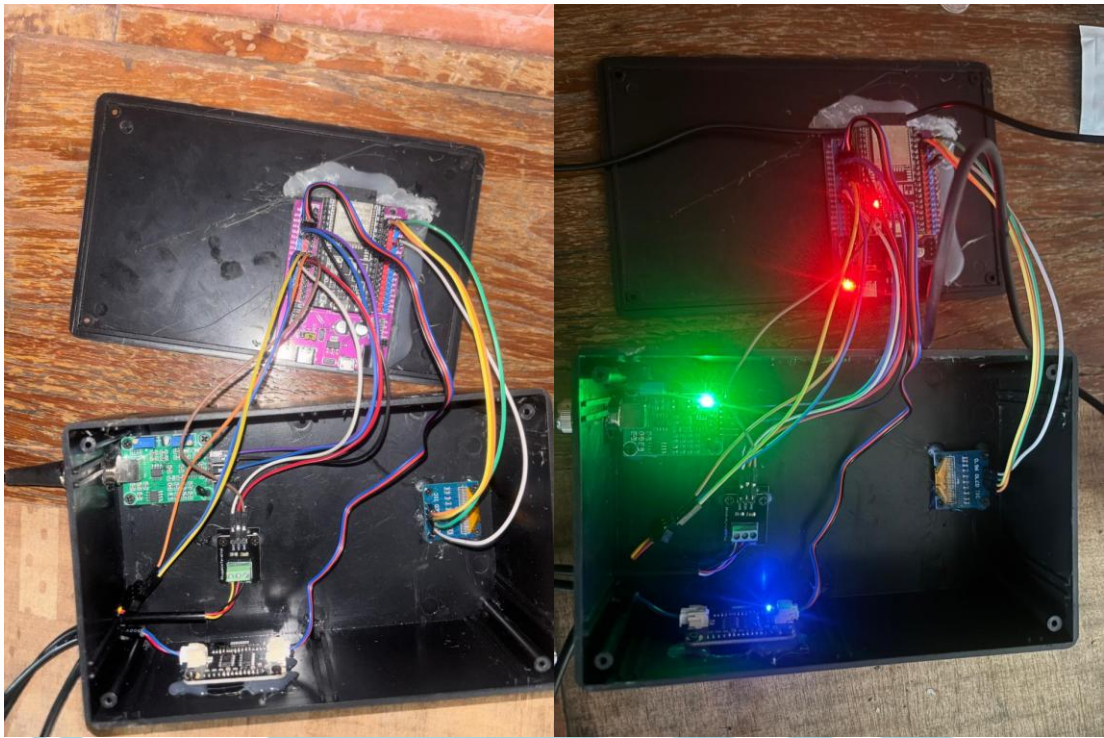


© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 8 – Dokumentasi Perakitan Komponen Alat *Internet of Things* ke Casing Box



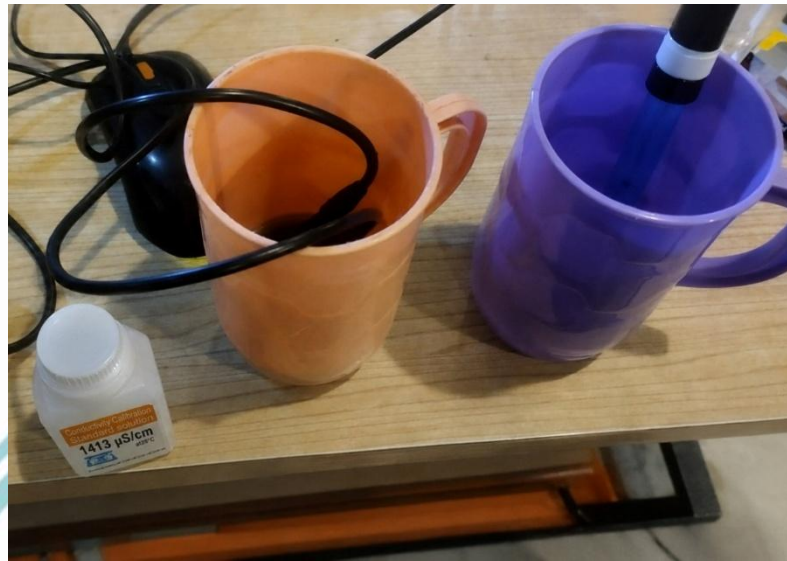


© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 9 – Dokumentasi Pengujian Alat pH Meter dan TDS dengan CRM dan Alat Standart





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 10 – Dokumentasi Tampilan Output Serial Monitor setelah Kode di Running

```

AquaSense_ESP32_AISensor_Firebase_Oled.ino
1 #include <WiFi.h>

Serial Monitor X
Message (Enter to send message to 'ESP32 Dev Module' on 'COM4')

21:26:16.410 -> === FIREBASE SEND ===
21:26:16.410 -> URL : https://aquesense-986f1-default-rtdb.asia-southeast1.firebaseio.com/sensor.json
21:26:16.410 -> JSON : {"ph": 7.08,"tds": 479,"suhu": 27.6,"debit": 11.5,"status": "Normal", "keterangan": "Ada Aliran Air", "timestamp": "2026-06-09 21:26:16"}
21:26:18.289 -> Response : 200
21:26:18.292 -> Reply : {"debit": 11.5,"keterangan": "Ada Aliran Air", "ph": 7.08,"status": "Normal", "suhu": 27.6,"tds": 479,"timestamp": "2026-06-09 21:26:18"}
21:26:18.292 -> Kirim berhasil
21:26:18.292 -> Percobaan kirim ke-1
21:26:18.292 -> === FIREBASE SEND ===
21:26:18.292 -> URL : https://aquesense-986f1-default-rtdb.asia-southeast1.firebaseio.com/sensor_logdata/2026/06/09/21/26/15.json
21:26:18.292 -> JSON : {"ph": 7.08,"tds": 479,"suhu": 27.6,"debit": 11.5,"status": "Normal", "keterangan": "Ada Aliran Air", "timestamp": "2026-06-09 21:26:15"}
21:26:19.509 -> Response : 200
21:26:19.509 -> Reply : {"debit": 11.5,"keterangan": "Ada Aliran Air", "ph": 7.08,"status": "Normal", "suhu": 27.6,"tds": 479,"timestamp": "2026-06-09 21:26:15"}
21:26:19.509 -> Kirim berhasil
21:26:19.509 -> --- RINGKASAN DATA SENSOR ---
21:26:19.509 -> Suhu : 27.6 °C
21:26:19.509 -> Tds : 479 ppm
21:26:19.509 -> ph : 7.08
21:26:19.509 -> Debit : 11.5 L/min
21:26:19.549 -> Status : Normal
21:26:19.549 -> Keterangan : Ada Aliran Air
21:26:19.549 -> Timestamp : 2026-06-09 21:26:15
21:26:19.549 -> HASIL : Semua data berhasil dikirim
21:26:19.549 -> =====
21:26:19.549 ->
  
```

```

sketch_junbino.ino
1 //
2 //
3 //
4 //
5 //
6 //
7 //
8 //
9 //
10 //
11 //
12 //
13 //
14 //
15 //
16 //
17 //
18 //
19 //
20 //
21 //
22 //
23 //
24 //
25 //
26 //
27 //
28 //
29 //
30 //
31 //
32 //
33 //
34 //
35 //
36 //
37 //
38 //
39 //
40 //
41 //
42 //
43 //
44 //
45 //
46 //
47 //
48 //
49 //
50 //
51 //
52 //
53 //
54 //
55 //
56 //
57 //
58 //
59 //
60 //
61 //
62 //
63 //
64 //
65 //
66 //
67 //
68 //
69 //
70 //
71 //
72 //
73 //
74 //
75 //
76 //
77 //
78 //
79 //
80 //
81 //
82 //
83 //
84 //
85 //
86 //
87 //
88 //
89 //
90 //
91 //
92 //
93 //
94 //
95 //
96 //
97 //
98 //
99 //
100 //
101 //
102 //
103 //
104 //
105 //
106 //
107 //
108 //
109 //
110 //
111 //
112 //
113 //
114 //
115 //
116 //
117 //
118 //
119 //
120 //
121 //
122 //
123 //
124 //
125 //
126 //
127 //
128 //
129 //
130 //
131 //
132 //
133 //
134 //
135 //
136 //
137 //
138 //
139 //
140 //
141 //
142 //
143 //
144 //
145 //
146 //
147 //
148 //
149 //
150 //
151 //
152 //
153 //
154 //
155 //
156 //
157 //
158 //
159 //
160 //
161 //
162 //
163 //
164 //
165 //
166 //
167 //
168 //
169 //
170 //
171 //
172 //
173 //
174 //
175 //
176 //
177 //
178 //
179 //
180 //
181 //
182 //
183 //
184 //
185 //
186 //
187 //
188 //
189 //
190 //
191 //
192 //
193 //
194 //
195 //
196 //
197 //
198 //
199 //
200 //
201 //
202 //
203 //
204 //
205 //
206 //
207 //
208 //
209 //
210 //
211 //
212 //
213 //
214 //
215 //
216 //
217 //
218 //
219 //
220 //
221 //
222 //
223 //
224 //
225 //
226 //
227 //
228 //
229 //
230 //
231 //
232 //
233 //
234 //
235 //
236 //
237 //
238 //
239 //
240 //
241 //
242 //
243 //
244 //
245 //
246 //
247 //
248 //
249 //
250 //
251 //
252 //
253 //
254 //
255 //
256 //
257 //
258 //
259 //
260 //
261 //
262 //
263 //
264 //
265 //
266 //
267 //
268 //
269 //
270 //
271 //
272 //
273 //
274 //
275 //
276 //
277 //
278 //
279 //
280 //
281 //
282 //
283 //
284 //
285 //
286 //
287 //
288 //
289 //
290 //
291 //
292 //
293 //
294 //
295 //
296 //
297 //
298 //
299 //
300 //
301 //
302 //
303 //
304 //
305 //
306 //
307 //
308 //
309 //
310 //
311 //
312 //
313 //
314 //
315 //
316 //
317 //
318 //
319 //
320 //
321 //
322 //
323 //
324 //
325 //
326 //
327 //
328 //
329 //
330 //
331 //
332 //
333 //
334 //
335 //
336 //
337 //
338 //
339 //
340 //
341 //
342 //
343 //
344 //
345 //
346 //
347 //
348 //
349 //
350 //
351 //
352 //
353 //
354 //
355 //
356 //
357 //
358 //
359 //
360 //
361 //
362 //
363 //
364 //
365 //
366 //
367 //
368 //
369 //
370 //
371 //
372 //
373 //
374 //
375 //
376 //
377 //
378 //
379 //
380 //
381 //
382 //
383 //
384 //
385 //
386 //
387 //
388 //
389 //
390 //
391 //
392 //
393 //
394 //
395 //
396 //
397 //
398 //
399 //
400 //
401 //
402 //
403 //
404 //
405 //
406 //
407 //
408 //
409 //
410 //
411 //
412 //
413 //
414 //
415 //
416 //
417 //
418 //
419 //
420 //
421 //
422 //
423 //
424 //
425 //
426 //
427 //
428 //
429 //
430 //
431 //
432 //
433 //
434 //
435 //
436 //
437 //
438 //
439 //
440 //
441 //
442 //
443 //
444 //
445 //
446 //
447 //
448 //
449 //
450 //
451 //
452 //
453 //
454 //
455 //
456 //
457 //
458 //
459 //
460 //
461 //
462 //
463 //
464 //
465 //
466 //
467 //
468 //
469 //
470 //
471 //
472 //
473 //
474 //
475 //
476 //
477 //
478 //
479 //
480 //
481 //
482 //
483 //
484 //
485 //
486 //
487 //
488 //
489 //
490 //
491 //
492 //
493 //
494 //
495 //
496 //
497 //
498 //
499 //
500 //
501 //
502 //
503 //
504 //
505 //
506 //
507 //
508 //
509 //
510 //
511 //
512 //
513 //
514 //
515 //
516 //
517 //
518 //
519 //
520 //
521 //
522 //
523 //
524 //
525 //
526 //
527 //
528 //
529 //
530 //
531 //
532 //
533 //
534 //
535 //
536 //
537 //
538 //
539 //
540 //
541 //
542 //
543 //
544 //
545 //
546 //
547 //
548 //
549 //
550 //
551 //
552 //
553 //
554 //
555 //
556 //
557 //
558 //
559 //
560 //
561 //
562 //
563 //
564 //
565 //
566 //
567 //
568 //
569 //
570 //
571 //
572 //
573 //
574 //
575 //
576 //
577 //
578 //
579 //
580 //
581 //
582 //
583 //
584 //
585 //
586 //
587 //
588 //
589 //
590 //
591 //
592 //
593 //
594 //
595 //
596 //
597 //
598 //
599 //
600 //
601 //
602 //
603 //
604 //
605 //
606 //
607 //
608 //
609 //
610 //
611 //
612 //
613 //
614 //
615 //
616 //
617 //
618 //
619 //
620 //
621 //
622 //
623 //
624 //
625 //
626 //
627 //
628 //
629 //
630 //
631 //
632 //
633 //
634 //
635 //
636 //
637 //
638 //
639 //
640 //
641 //
642 //
643 //
644 //
645 //
646 //
647 //
648 //
649 //
650 //
651 //
652 //
653 //
654 //
655 //
656 //
657 //
658 //
659 //
660 //
661 //
662 //
663 //
664 //
665 //
666 //
667 //
668 //
669 //
670 //
671 //
672 //
673 //
674 //
675 //
676 //
677 //
678 //
679 //
680 //
681 //
682 //
683 //
684 //
685 //
686 //
687 //
688 //
689 //
690 //
691 //
692 //
693 //
694 //
695 //
696 //
697 //
698 //
699 //
700 //
701 //
702 //
703 //
704 //
705 //
706 //
707 //
708 //
709 //
710 //
711 //
712 //
713 //
714 //
715 //
716 //
717 //
718 //
719 //
720 //
721 //
722 //
723 //
724 //
725 //
726 //
727 //
728 //
729 //
730 //
731 //
732 //
733 //
734 //
735 //
736 //
737 //
738 //
739 //
740 //
741 //
742 //
743 //
744 //
745 //
746 //
747 //
748 //
749 //
750 //
751 //
752 //
753 //
754 //
755 //
756 //
757 //
758 //
759 //
760 //
761 //
762 //
763 //
764 //
765 //
766 //
767 //
768 //
769 //
770 //
771 //
772 //
773 //
774 //
775 //
776 //
777 //
778 //
779 //
780 //
781 //
782 //
783 //
784 //
785 //
786 //
787 //
788 //
789 //
790 //
791 //
792 //
793 //
794 //
795 //
796 //
797 //
798 //
799 //
800 //
801 //
802 //
803 //
804 //
805 //
806 //
807 //
808 //
809 //
810 //
811 //
812 //
813 //
814 //
815 //
816 //
817 //
818 //
819 //
820 //
821 //
822 //
823 //
824 //
825 //
826 //
827 //
828 //
829 //
830 //
831 //
832 //
833 //
834 //
835 //
836 //
837 //
838 //
839 //
840 //
841 //
842 //
843 //
844 //
845 //
846 //
847 //
848 //
849 //
850 //
851 //
852 //
853 //
854 //
855 //
856 //
857 //
858 //
859 //
860 //
861 //
862 //
863 //
864 //
865 //
866 //
867 //
868 //
869 //
870 //
871 //
872 //
873 //
874 //
875 //
876 //
877 //
878 //
879 //
880 //
881 //
882 //
883 //
884 //
885 //
886 //
887 //
888 //
889 //
890 //
891 //
892 //
893 //
894 //
895 //
896 //
897 //
898 //
899 //
900 //
901 //
902 //
903 //
904 //
905 //
906 //
907 //
908 //
909 //
910 //
911 //
912 //
913 //
914 //
915 //
916 //
917 //
918 //
919 //
920 //
921 //
922 //
923 //
924 //
925 //
926 //
927 //
928 //
929 //
930 //
931 //
932 //
933 //
934 //
935 //
936 //
937 //
938 //
939 //
940 //
941 //
942 //
943 //
944 //
945 //
946 //
947 //
948 //
949 //
950 //
951 //
952 //
953 //
954 //
955 //
956 //
957 //
958 //
959 //
960 //
961 //
962 //
963 //
964 //
965 //
966 //
967 //
968 //
969 //
970 //
971 //
972 //
973 //
974 //
975 //
976 //
977 //
978 //
979 //
980 //
981 //
982 //
983 //
984 //
985 //
986 //
987 //
988 //
989 //
990 //
991 //
992 //
993 //
994 //
995 //
996 //
997 //
998 //
999 //
1000 //
1001 //
1002 //
1003 //
1004 //
1005 //
1006 //
1007 //
1008 //
1009 //
1010 //
1011 //
1012 //
1013 //
1014 //
1015 //
1016 //
1017 //
1018 //
1019 //
1020 //
1021 //
1022 //
1023 //
1024 //
1025 //
1026 //
1027 //
1028 //
1029 //
1030 //
1031 //
1032 //
1033 //
1034 //
1035 //
1036 //
1037 //
1038 //
1039 //
1040 //
1041 //
1042 //
1043 //
1044 //
1045 //
1046 //
1047 //
1048 //
1049 //
1050 //
1051 //
1052 //
1053 //
1054 //
1055 //
1056 //
1057 //
1058 //
1059 //
1060 //
1061 //
1062 //
1063 //
1064 //
1065 //
1066 //
1067 //
1068 //
1069 //
1070 //
1071 //
1072 //
1073 //
1074 //
1075 //
1076 //
1077 //
1078 //
1079 //
1080 //
1081 //
1082 //
1083 //
1084 //
1085 //
1086 //
1087 //
1088 //
1089 //
1090 //
1091 //
1092 //
1093 //
1094 //
1095 //
1096 //
1097 //
1098 //
1099 //
1100 //
1101 //
1102 //
1103 //
1104 //
1105 //
1106 //
1107 //
1108 //
1109 //
1110 //
1111 //
1112 //
1113 //
1114 //
1115 //
1116 //
1117 //
1118 //
1119 //
1120 //
1121 //
1122 //
1123 //
1124 //
1125 //
1126 //
1127 //
1128 //
1129 //
1130 //
1131 //
1132 //
1133 //
1134 //
1135 //
1136 //
1137 //
1138 //
1139 //
1140 //
1141 //
1142 //
1143 //
1144 //
1145 //
1146 //
1147 //
1148 //
1149 //
1150 //
1151 //
1152 //
1153 //
1154 //
1155 //
1156 //
1157 //
1158 //
1159 //
1160 //
1161 //
1162 //
1163 //
1164 //
1165 //
1166 //
1167 //
1168 //
1169 //
1170 //
1171 //
1172 //
1173 //
1174 //
1175 //
1176 //
1177 //
1178 //
1179 //
1180 //
1181 //
1182 //
1183 //
1184 //
1185 //
1186 //
1187 //
1188 //
1189 //
1190 //
1191 //
1192 //
1193 //
1194 //
1195 //
1196 //
1197 //
1198 //
1199 //
1200 //
1201 //
1202 //
1203 //
1204 //
1205 //
1206 //
1207 //
1208 //
1209 //
1210 //
1211 //
1212 //
1213 //
1214 //
1215 //
1216 //
1217 //
1218 //
1219 //
1220 //
1221 //
1222 //
1223 //
1224 //
1225 //
1226 //
1227 //
1228 //
1229 //
1230 //
1231 //
1232 //
1233 //
1234 //
1235 //
1236 //
1237 //
1238 //
1239 //
1240 //
1241 //
1242 //
1243 //
1244 //
1245 //
1246 //
1247 //
1248 //
1249 //
1250 //
1251 //
1252 //
1253 //
1254 //
1255 //
1256 //
1257 //
1258 //
1259 //
1260 //
1261 //
1262 //
1263 //
1264 //
1265 //
1266 //
1267 //
1268 //
1269 //
1270 //
1271 //
1272 //
1273 //
1274 //
1275 //
1276 //
1277 //
1278 //
1279 //
1280 //
1281 //
1282 //
1283 //
1284 //
1285 //
1286 //
1287 //
1288 //
1289 //
1290 //
1291 //
1292 //
1293 //
1294 //
1295 //
1296 //
1297 //
1298 //
1299 //
1300 //
1301 //
1302 //
1303 //
1304 //
1305 //
1306 //
1307 //
1308 //
1309 //
1310 //
1311 //
1312 //
1313 //
1314 //
1315 //
1316 //
1317 //
1318 //
1319 //
1320 //
1321 //
1322 //
1323 //
1324 //
1325 //
1326 //
1327 //
1328 //
1329 //
1330 //
1331 //
1332 //
1333 //
1334 //
1335 //
1336 //
1337 //
1338 //
1339 //
1340 //
1341 //
1342 //
1343 //
1344 //
1345 //
1346 //
1347 //
1348 //
1349 //
1350 //
1351 //
1352 //
1353 //
1354 //
1355 //
1356 //
1357 //
1358 //
1359 //
1360 //
1361 //
1362 //
1363 //
1364 //
1365 //
1366 //
1367 //
1368 //
1369 //
1370 //
1371 //
1372 //
1373 //
1374 //
1375 //
1376 //
1377 //
1378 //
1379 //
1380 //
1381 //
1382 //
1383 //
1384 //
1385 //
1386 //
1387 //
1388 //
1389 //
1390 //
1391 //
1392 //
1393 //
1394 //
1395 //
1396 //
1397 //
1398 //
1399 //
1400 //
1401 //
1402 //
1403 //
1404 //
1405 //
1406 //
1407 //
1408 //
1409 //
1410 //
1411 //
1412 //
1413 //
1414 //
1415 //
1416 //
1417 //
1418 //
1419 //
1420 //
1421 //
1422 //
1423 //
1424 //
1425 //
1426 //
1427 //
1428 //
1429 //
1430 //
1431 //
1432 //
1433 //
1434 //
1435 //
1436 //
1437 //
1438 //
1439 //
1440 //
1441 //
1442 //
1443 //
1444 //
1445 //
1446 //
1447 //
1448 //
1449 //
1450 //
1451 //
1452 //
1453 //
1454 //
1455 //
1456 //
1457 //
1458 //
1459 //
1460 //
1461 //
1462 //
1463 //
1464 //
1465 //
1466 //
1467 //
1468 //
1469 //
1470 //
1471 //
1472 //
1473 //
1474 //
1475 //
1476 //
1477 //
1478 //
1479 //
1480 //
1481 //
1482 //
1483 //
1484 //
1485 //
1486 //
1487 //
1488 //
1489 //
1490 //
1491 //
1492 //
1493 //
1494 //
1495 //
1496 //
1497 //
1498 //
1499 //
1500 //
1501 //
1502 //
1503 //
1504 //
1505 //
1506 //
1507 //
1508 //
1509 //
1510 //
1511 //
1512 //
1513 //
1514 //
1515 //
1516 //
1517 //
1518 //
1519 //
1520 //
1521 //
1522 //
1523 //
1524 //
1525 //
1526 //
1527 //
1528 //
1529 //
1530 //
1531 //
1532 //
1533 //
1534 //
1535 //
1536 //
1537 //
1538 //
1539 //
1540 //
1541 //
1542 //
1543 //
1544 //
1545 //
1546 //
1547 //
1548 //
1549 //
1550 //
1551 //
1552 //
1553 //
1554 //
1555 //
1556 //
1557 //
1558 //
1559 //
1560 //
1561 //
1562 //
1563 //
1564 //
1565 //
1566 //
1567 //
1568 //
1569 //
1570 //
1571 //
1572 //
1573 //
1574 //
1575 //
1576 //
1577 //
1578 //
1579 //
1580 //
1581 //
1582 //
1583 //
1584 //
1585 //
1586 //
1587 //
1588 //
1589 //
1590 //
1591 //
1592 //
1593 //
1594 //
1595 //
1596 //
1597 //
1598 //
1599 //
1600 //
1601 //
1602 //
1603 //
1604 //
1605 //
1606 //
1607 //
1608 //
1609 //
1610 //
1611 //
1612 //
1613 //
1614 //
1615 //
1616 //
1617 //
1618 //
1619 //
1620 //
1621 //
1622 //
1623 //
1624 //
1625 //
1626 //
1627 //
1628 //
1629 //
1630 //
1631 //
1632 //
1633 //
1634 //
1635 //
1636 //
1637 //
1638 //
1639 //
1640 //
1641 //
1642 //
1643 //
1644 //
1645 //
1646 //
1647 //
1648 //
1649 //
1650 //
1651 //
1652 //
1653 //
1654 //
1655 //
1656 //
1657 //
1658 //
1659 //
1660 //
1661 //
1662 //
1663 //
1664 //
1665 //
1666 //
1667 //
1668 //
1669 //
1670 //
1671 //
1672 //
1673 //
1674 //
1675 //
1676 //
1677 //
1678 //
1679 //
1680 //
1681 //
1682 //
1683 //
1684 //
1685 //
1686 //
1687 //
1688 //
1689 //
1690 //
1691 //
1692 //
1693 //
1694 //
1695 //
1696 //
1697 //
1698 //
1699 //
1700 //
1701 //
1702 //
1703 //
1704 //
1705 //
1706 //
1707 //
1708 //
1709 //
1710 //
1711 //
1712 //
1713 //
1714 //
1715 //
1716 //
1717 //
1718 //
1719 //
1720 //
1721 //
1722 //
1723 //
1724 //
1725 //
1726 //
1727 //
1728 //
1729 //
1730 //
1731 //
1732 //
1733 //
1734 //
1735 //
1736 //
1737 //
1738 //
1739 //
1740 //
1741 //
1742 //
1743 //
1744 //
1745 //
1746 //
1747 //
1748 //
1749 //
1750 //
1751 //
1752 //
1753 //
1754 //
1755 //
1756 //
1757 //
1758 //
1759 //
1760 //
1761 //
1762 //
1763 //
1764 //
1765 //
1766 //
1767 //
1768 //
1769 //
1770 //
1771 //
1772 //
1773 //
1774 //
1775 //
1776 //
1777 //
1778 //
1779 //
1780 //
1781 //
1782 //
1783 //
1784 //
1785 //
1786 //
1787 //
1788 //
1789 //
1790 //
1791 //
1792 //
1793 //
1794 //
1795 //
1796 //
1797 //
1798 //
1799 //
1800 //
1801 //
1802 //
1803 //
1804 //
1805 //
1806 //
1807 //
1808 //
1809 //
1810 //
1811 //
1812 //
1813 //
1814 //
1815 //
1816 //
1817 //
1818 //
1819 //
1820 //
1821 //
1822 //
1823 //
1824 //
1825 //
1826 //
1827 //
1828 //
1829 //
1830 //
1831 //
1832 //
1833 //
1834 //
1835 //
1836 //
1837 //
1838 //
1839 //
1840 //
1841 //
1842 //
1843 //
1844 //
1845 //
1846 //
1847 //
1848 //
1849 //
1850 //
1851 //
1852 //
1853 //
1854 //
1855 //
1856 //
1857 //
1858 //
1859 //
1860 //
1861 //
1862 //
1863 //
1864 //
1865 //
1866 //
1867 //
1868 //
1869 //
1870 //
1871 //
1872 //
1873 //
1874 //
1875 //
1876 //
1877 //
1878 //
1879 //
1880 //
1881 //
1882 //
1883 //
1884 //
1885 //
1886 //
1887 //
1888 //
1889 //
1890 //
1891 //
1892 //
1893 //
1894 //
1895 //
1896 //
1897 //
1898 //
1899 //
1900 //
1901 //
1902 //
1903 //
1904 //
1905 //
1906 //
1907 //
1908 //
1909 //
1910 //
1911 //
1912 //
1913 //
1914 //
1915 //
1916 //
1917 //
1918 //
1919 //
1920 //
1921 //
1922 //
1923 //
1924 //
1925 //
1926 //
1927 //
1928 //
1929 //
1930 //
1931 //
1932 //
1933 //
1934 //
1935 //
1936 //
1937 //
1938 //
1939 //
1940 //
1941 //
1942 //
1943 //
1944 //
1945 //
1946 //
1947 //
1948 //
1949 //
1950 //
1951 //
1952 //
1953 //
1954 //
1955 //
1956 //
1957 //
1958 //
1959 //
1960 //
1961 //
1962 //
1963 //
1964 //
1965 //
1966 //
1967 //
1968 //
1969 //
1970 //
1971 //
1972 //
1973 //
1974 //
1975 //
1976 //
1977 //
1978 //
1979 //
1980 //
1981 //
1982 //
1983 //
1984 //
1985 //
1986 //
1987 //
1988 //
1989 //
19
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 11 – Dokumentasi Kode Sistem Monitoring pada Alat *Internet of Things*

```

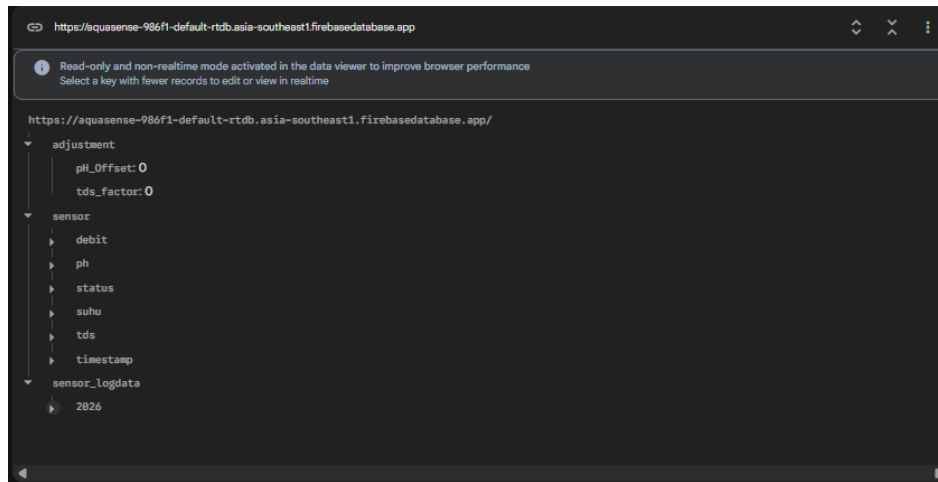
1 #include <WiFi.h>
2 #include <HTTPClient.h>
3 #include <time.h>
4 #include <OneWire.h>
5 #include <DallasTemperature.h>
6 #include <Wire.h>
7 #include <Adafruit_GFX.h>
8 #include <Adafruit_SSD1306.h>
9
10 const char* ssid = "ASPIRES 2140";
11 const char* password = "9/N0154u";
12
13 const char* firebaseurl =
14   "https://aquesense-986f1-default-rtb.asia-southeast1.firebaseio.com";
15
16 #define TDS_PIN 34
17 #define PH_PIN 32
18 #define TEMP_PIN 14
19 #define FLOW_PIN 27
20
21 #define SCREEN_WIDTH 128
22 #define SCREEN_HEIGHT 64
23
24 #define OLED_SDA 21
25 #define OLED_SCL 22
26 #define OLED_RESET -1
27
28 Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, OLED_RESET);
29 bool oledOK = false;
30
31
32
33
34 const long getOffsetSec = 7 * 3600;
35 const int daylightOffsetSec = 0;
36
37 const float PH_MIN = 6.0;
38 const float PH_MAX = 9.0;
39 const int TDS_MAX = 1000;
40 const float SURF_MAX = 38.0;
41 const float DEBIT_MIN = 0.1;
42
43 unsigned long previousMillis = 0;
44 const unsigned long intervalKirim = 10000;
45
46 unsigned long previousAdjustmentMillis = 0;
47 const unsigned long intervalAdjustment = 60000;
48
49 OneWire oneWire(TEMP_PIN);
50 DallasTemperature sensors(&oneWire);
51
52 volatile unsigned long pulseCount = 0;
53 unsigned long oldFlowTime = 0;
54 float flowRate = 0.0;
55 float calibrationFactorFlow = 7.5;
56
57 void IRAM_ATTR pulseCounter() {
58   pulseCount++;
59 }
  
```



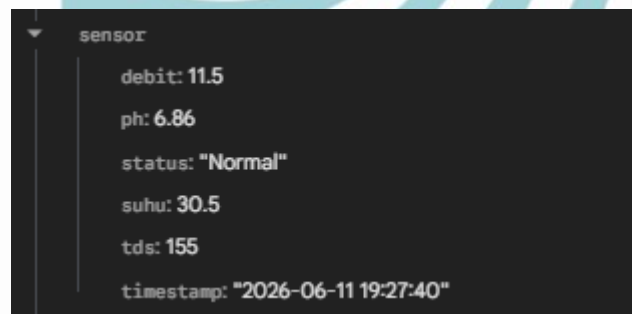
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

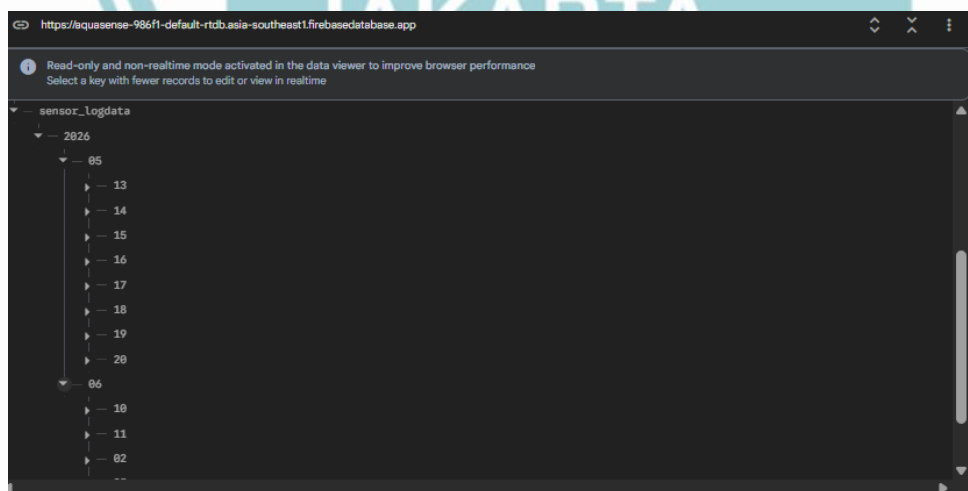
Lampiran 12 – Dokumentasi Tampilan *Node/field* Firebase Real-time Database Secara Keseluruhan



Lampiran 13 – Dokumentasi Tampilan *Node/field* Sensor Firebase Real-time Database



Lampiran 14 – Dokumentasi Tampilan *Node/field* sensor_logdata Firebase Real-time Database

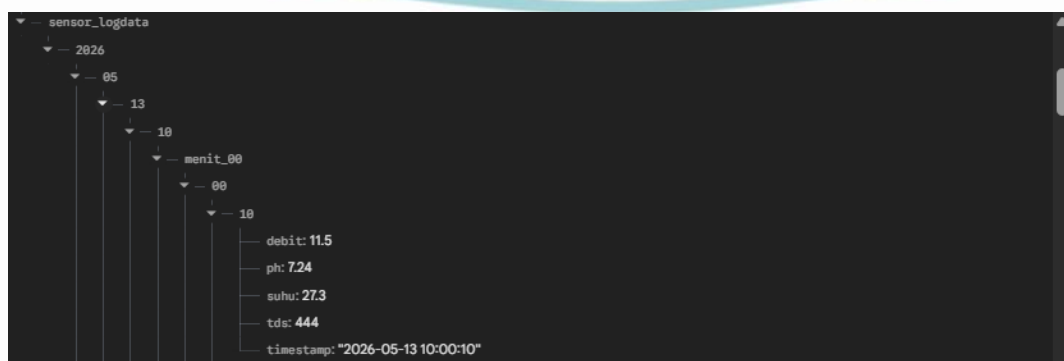
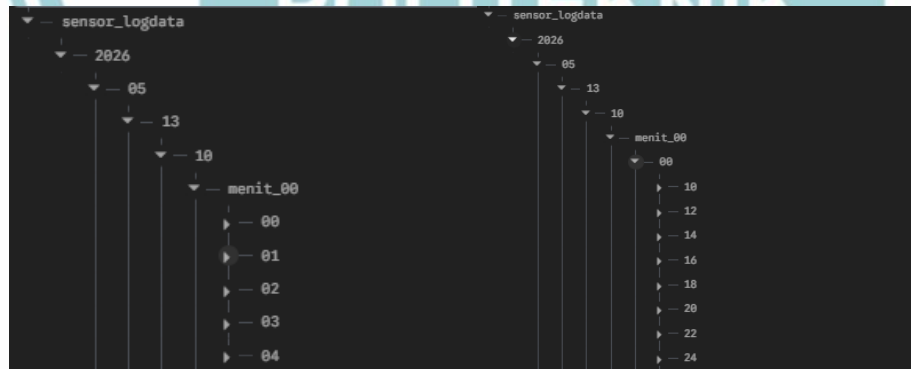
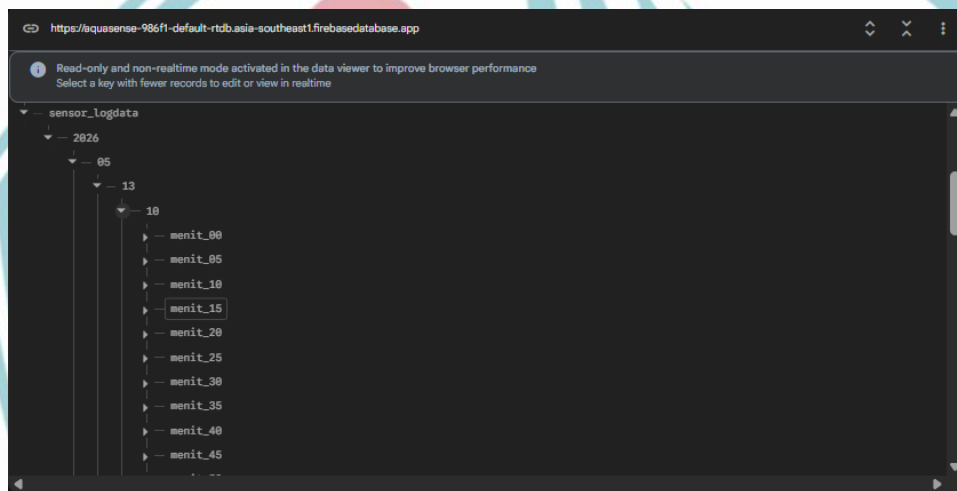
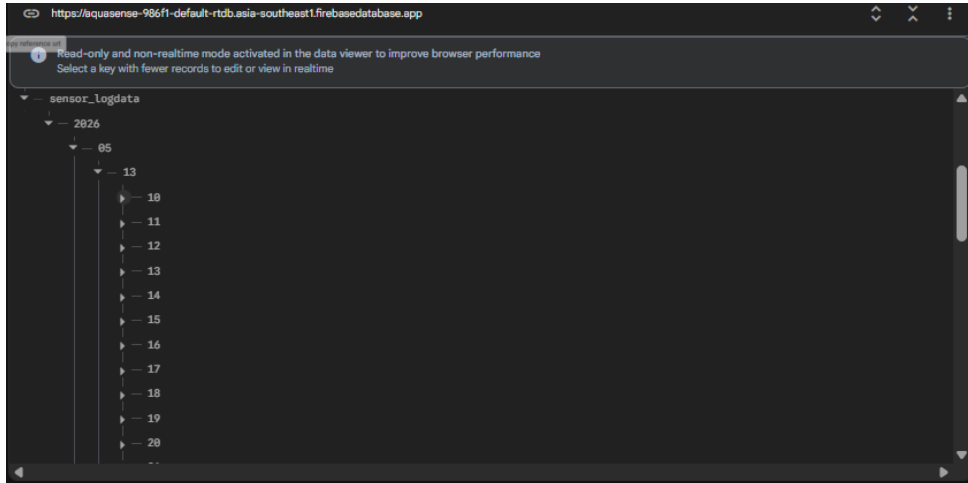


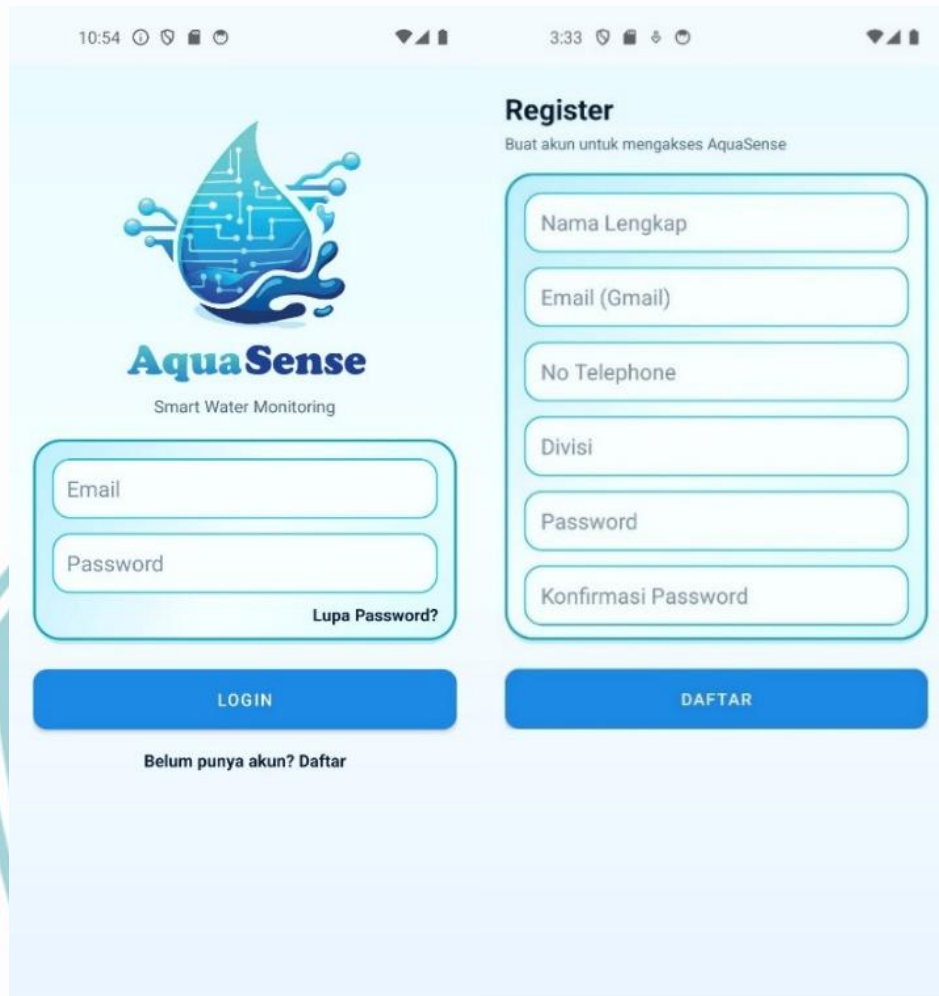


© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 15 – Dokumentasi Tampilan Aplikasi *Mobile*


The screenshot displays the AquaSense mobile application interface. At the top, the status bar shows the time as 10:54 and 3:33, along with various system icons. The app's logo, "AquaSense Smart Water Monitoring", is prominently displayed on the left. The interface is divided into two main sections: "Login" and "Register".

Login Section:

- Fields for "Email" and "Password".
- A link for "Lupa Password?" (Forgot Password?).
- A blue "LOGIN" button.
- A link for "Belum punya akun? Daftar" (Don't have an account? Register).

Register Section:

- Header: "Register" with the subtext "Buat akun untuk mengakses AquaSense" (Create account to access AquaSense).
- Fields for "Nama Lengkap" (Full Name), "Email (Gmail)", "No Telephone", "Divisi" (Division), "Password", and "Konfirmasi Password" (Confirm Password).
- A blue "DAFTAR" (Register) button.

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

10:56 16:16 | 0,6KB/d

Lupa Password

Masukkan email akun Anda untuk menerima link reset password.

Email

KIRIM LINK RESET PASSWORD

Fauzi Hidayatulloh
AquaSense Monitoring

Suhu
28.5 °C

pH
7.39

TDS
439 ppm

Debit Air
11.5 L/min

Status Monitoring
Normal
Semua parameter dalam batas normal
Update terakhir: 2026-06-06 00:10:53

Home Sensor Profile



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

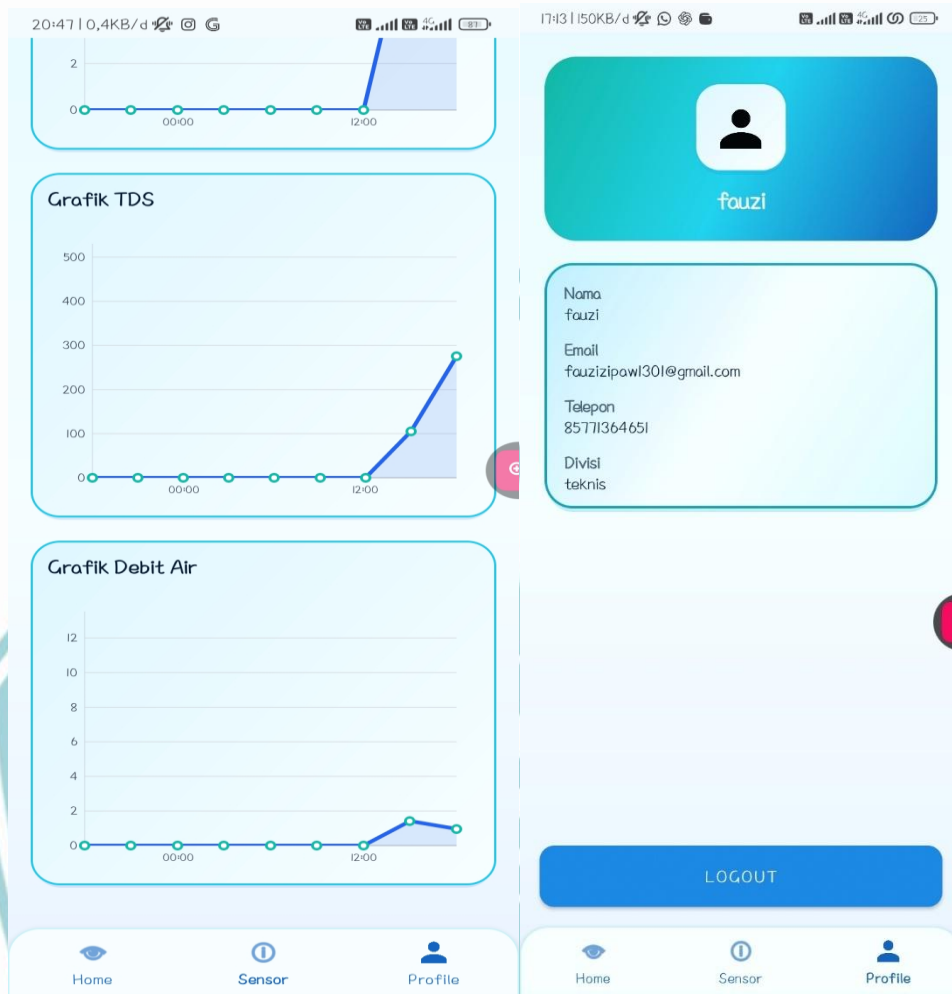
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 16 – Link Github

https://github.com/Deliciousz/AquaSense_Monitoring_Air_Limbah

```

1 #include <WiFi.h>
2 #include <HTTPClient.h>
3 #include <time.h>
4 #include <OneWire.h>
5 #include <DallasTemperature.h>
6 #include <Wire.h>
7 #include <Adafruit_GFX.h>
8 #include <Adafruit_SSD1306.h>
9
10 const char* ssid = "ASPIRES 2140";
11 const char* password = "9/80154w";
12
13 const char* firebaseUrl =
14   "https://aquesense-986f1-default-rtdb.asia-southeast1.firebaseio.com";
15
16 #define TDS_PIN 34
  
```