



RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KUALITAS AIR KOLAM RENANG BERBASIS IOT

SKRIPSI

ACHMAD ZAHRAN ZAKIYYANSYAH

2207421014

**PROGRAM STUDI TEKNIK MULTIMEDIA DAN JARINGAN
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA DAN KOMPUTER
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
TAHUN 2026**



RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KUALITAS AIR KOLAM RENANG BERBASIS IOT

SKRIPSI

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

**ACHMAD ZAHARAN ZAKIYYANSYAH
2207421014**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MULTIMEDIA DAN JARINGAN
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA DAN KOMPUTER
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
TAHUN 2026**



© 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

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Achmad Zahran Zakiyyansyah
NIM : 2207421014
Jurusan/Program Studi : Teknik Informatika dan Komputer / Teknik
Multimedia dan Jaringan
Judul Skripsi : Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Air
Kolam Renang Berbasis Iot

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.

Depok 09 Juni 2026

Yang Membuat Pernyataan



Achmad Zahran Zakiyyansyah
NIM.2207421014



© 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 : Achmad Zahran Zakiyyansyah
NIM : 2207421014
Program Studi : Teknik Multimedia dan Jaringan
Judul Skripsi : Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam Renang Berbasis IoT

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Skripsi pada hari ... Tanggal ²⁶ 26 Bulan Juni 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 Andika Riyadi Jasril, M.Pd.T.

Penguji III Dwi Ermawati, MT

Mengetahui:

Jurusan Teknik Informatika dan Komputer

Ketua



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

NIP. 19790803200312200



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

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas segala berkat dan rahmat-Nya yang telah memudahkan penulis menyelesaikan skripsi ini, yang merupakan syarat untuk lulus di Politeknik Negeri Jakarta. Dalam proses penulisan skripsi ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT atas segala kemudahan, kekuatan, dan petunjuk-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini tepat waktu.
2. Kedua Orang tua yang selalu memberikan dukungan, mendoakan dan juga memfasilitasi segala macam kebutuhan selama kegiatan dari masa perkuliahan sampai proses skripsi ini berlangsung.
3. Bapak Chandra Wirawan, S.Kom., M.Kom sebagai dosen pembimbing yang telah meluangkan banyak waktu, tenaga, dan pikirannya dalam membimbing selama kegiatan penelitian ini.
4. Bapak Teguh pemilik dari kolam renang Tirta Asri yang bersedia memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian
5. Teman-teman seperjuangan dari TMJ angkatan 2021 yang telah menjadi bagian penting dalam perjalanan penulis selama mengemban ilmu di Politeknik Negeri Jakarta.

Akhir kata penulis memohon maaf atas kekeliruan dan kesalahan yang terdapat dalam Skripsi ini semoga dapat bermanfaat bagi pembacanya.

Depok 09 Juni 2026

Penulis



© 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

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Achmad Zahran Zakiyyansyah

NIM : 2207421014

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 Kualitas Air Kolam Renang Berbasis Iot

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 09 Juni 2026

Yang Membuat Pernyataan



Achmad Zahran Zakiyyansyah
NIM.2207421014



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 Kualitas Air Kolam Renang Berbasis IoT

Abstrak

Pemantauan kualitas air kolam renang secara manual dan berkala sering kali membuat pengelola kesulitan dalam menjaga parameter air tetap normal. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem monitoring kualitas air kolam renang berbasis Internet of Things (IoT) untuk mengukur suhu, pH, kepekatan air (TDS), dan kekeruhan (turbidity), serta mengontrol pompa air secara real-time. Metode penelitian meliputi integrasi mikrokontroler ESP32 dengan sensor suhu DS18B20, sensor pH 4502C, sensor TDS V1.0, dan sensor turbidity, serta modul relay 5V dan relay MK2P yang terhubung ke database Firebase dan aplikasi mobile. Pengujian sistem dilakukan melalui uji akurasi sensor, fungsionalitas perangkat lunak (Black Box Testing), dan uji ketahanan (durability) selama 7 hari. Hasil pengujian menunjukkan tingkat akurasi sensor suhu sebesar 98,73%, sensor pH 4502C sebesar 97,00%, dan sensor TDS sebesar 97,54%. Pengujian Black Box pada aplikasi mobile menghasilkan persentase keberhasilan fungsionalitas sebesar 100%. Selain itu, pengujian durability sistem dilakukan selama 10 jam setiap hari selama 7 hari (total 70 jam uptime) menunjukkan stabilitas operasional dengan persentase ketahanan sebesar 95,71%.

Kata Kunci: *Internet of Things, ESP32, Kolam Renang, Kualitas Air, Relay, Sensor DS18B20, Sensor pH4502C, Sensor TDS, Sensor Turbidity, 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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	iv
Abstrak.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan dan Manfaat.....	4
1.4.1 Tujuan.....	4
1.4.2 Manfaat.....	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Kualitas Air Kolam Renang.....	9
2.3 Internet of Things.....	10
2.4 ESP32.....	10
2.5 Sensor Suhu Air.....	10
2.6 Sensor Ph.....	10
2.7 Sensor TDS.....	11
2.8 Sensor Turbidity.....	11
2.9 Bot Telegram.....	11
2.10 Flutter.....	11
2.11 Firebase.....	12
2.12 Dart.....	12
2.13 Android Studio.....	12
2.14 HTTP.....	12
2.15 Waterfall.....	13
2.16 Flowchart.....	13
BAB III METODE PENELITIAN.....	15
3.1 Rancangan Penelitian.....	15
3.2 Tahapan Penelitian.....	15



© 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

3.3 Objek Penelitian.....	18
3.4 Metode Pengembangan Perangkat Lunak.....	18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21
4.1 Analisis Kebutuhan.....	21
4.1.1 Analisis Kebutuhan Perangkat Keras.....	21
4.1.2 Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak.....	24
4.2 Perancangan Sistem.....	24
4.2.1 Diagram Blok Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam Renang.....	25
4.2.2 Alur Diagram Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam Renang.....	28
4.2.3 Alur Diagram Aplikasi Mobile.....	30
4.2.4 USe Case Diagram.....	32
4.2.5 Desain Casing.....	33
4.2.6 Skematik Rangkaian Alat.....	33
4.2.7 Desain Mockup Aplikasi Mobile.....	35
4.3 Implementasi Sistem.....	38
4.3.1 Implementasi Perangkat Keras.....	38
4.3.1.1 Perangkaian Modul Sensor.....	39
4.3.1.2 Perangkaian Modul Relay.....	39
4.3.1.3 Perangkaian ESP32 dan Casing.....	40
4.3.2 Implementasi Perangkat Lunak.....	41
4.3.2.2 Implementasi User Interface Aplikasi Mobile.....	41
4.4 Pengujian Alat.....	45
4.4.1 Deskripsi Pengujian.....	46
4.4.2 Prosedur Pengujian.....	46
4.4.2.1 Prosedur Pengujian Alat.....	46
4.4.2.2 Prosedur Pengujian Aplikasi Mobile.....	50
4.4.3 Data Hasil Pengujian.....	50
4.4.3.1 Hasil Data Pengujian Alat.....	50
4.4.3.2 Hasil Data Pengujian Aplikasi Mobile.....	60
4.4.4 Analisis Data.....	61
4.4.4.1 Analisis Data Pengujian Alat.....	61
BAB V PENUTUP.....	66
5.1 Kesimpulan.....	66
5.2 Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA.....	68
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	71
LAMPIRAN.....	72



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 GAMBAR

Gambar 1.1 Pengecekan Kondisi Air.....	3
Gambar 3.1 Tahapan Penelitian.....	15
Gambar 3.2 Alur Metode Waterfall.....	18
Gambar 4.1 Diagram Blok.....	26
Gambar 4.2 Flowchart Sistem Monitoring.....	28
Gambar 4.3 Flowchart Aplikasi Mobile.....	30
Gambar 4.4 Use Case Diagram.....	32
Gambar 4.5 Desain Casing.....	33
Gambar 4.6 Skematik Rangkaian Alat.....	34
Gambar 4.7 Mockup Halaman Login.....	35
Gambar 4.8 Mockup Halaman Buat Akun.....	36
Gambar 4.9 Mockup Halaman Lupa Password.....	36
Gambar 4.10 Mockup Halaman Dashboard.....	37
Gambar 4.11 Mockup Halaman Riwayat Kualitas Air.....	38
Gambar 4.12 Rangkaian ESP32 dan Sensor.....	39
Gambar 4.13 Rangkaian ESP32 dan Relay.....	40
Gambar 4.14 Rangkaian Alat dan Casing.....	41
Gambar 4.15 Tampilan Halaman Login.....	42
Gambar 4.16 Tampilan Halaman Daftar Akun Baru.....	43
Gambar 4.17 Tampilan Halaman Lupa Password.....	43
Gambar 4.18 Tampilan Halaman Dashboard Monitoring.....	44
Gambar 4.19 Tampilan Halaman History.....	45
Gambar 4.20 PH TDS EC Temperature Meter EZ9908.....	48
Gambar 4.21 Diagram Akurasi Sensor Suhu DS18B20.....	62
Gambar 4.22 Diagram Akurasi Sensor pH.....	63
Gambar 4.23 Diagram Akurasi Sensor TDS V1.0.....	64



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 TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
Tabel 2.2 Standar Baku Mutu Permenkes.....	9
Tabel 2.3 Flowchart.....	13
Tabel 4.1 Kebutuhan Perangkat Keras.....	22
Tabel 4.2 Rancangan Pinout.....	34
Tabel 4.3 Uji Fungsionalitas Alat.....	47
Tabel 4.4 Uji Integrasi Sistem.....	49
Tabel 4.5 Hasil Uji Fungsionalitas Alat.....	51
Tabel 4.6 Hasil Uji Sensor Suhu.....	52
Tabel 4.7 Hasil Uji Sensor pH.....	54
Tabel 4.8 Hasil Uji Sensor TDS.....	56
Tabel 4.9 Hasil Uji Durability.....	58
Tabel 4.10 Data Hasil Uji Integrasi Sistem.....	59
Tabel 4.11 Hasil Uji Fungsionalitas Aplikasi Mobile.....	60

**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 I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kolam renang adalah fasilitas rekreasi dan olahraga yang sering dimanfaatkan oleh masyarakat, baik di tempat umum maupun di area pribadi seperti hotel dan rumah tinggal (Harjuno et al., 2025). Tingginya intensitas penggunaan kolam renang menyebabkan air kolam rentan mengalami penurunan kualitas akibat paparan kotoran, keringat, urin, serta mikroorganisme yang terbawa oleh pengunjung (I D Alim Wahyuni, 2023). Hal ini menuntut pengelolaan kualitas air yang baik agar kolam renang tetap aman dan layak digunakan oleh masyarakat secara berkelanjutan.

Bersumber pada Permenkes RI No. 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, Dan Pemandian Umum, kualitas air kolam renang tidak hanya ditentukan oleh kejernihan secara visual, tetapi juga oleh parameter fisik dan kimia yang meliputi suhu air, derajat keasaman (pH), *Total Dissolved Solids* (TDS), serta tingkat kekeruhan (turbiditas). Permenkes ini mengatur berbagai parameter fisik, kimia, dan mikrobiologi yang harus dipantau secara berkala untuk menjamin bahwa air kolam renang aman dan sesuai standar kesehatan yang berlaku. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa air kolam renang dengan pH dan kekeruhan yang tidak terkontrol berpotensi menyebabkan iritasi kulit, gangguan mata, dan masalah kesehatan lainnya bagi pengguna kolam renang (Salim & Sulistyorini, 2025).

Perkembangan teknologi saat ini telah mengalami kemajuan yang sangat pesat, berbagai inovasi terus diciptakan untuk mempermudah pekerjaan manusia serta meningkatkan efisiensi operasional di berbagai sektor industri. Salah satu bentuk inovasi tersebut adalah hadirnya *Internet of Things (IoT)*. *Internet of Things (IoT)* merupakan suatu sistem yang terdiri dari perangkat keras dan perangkat



© 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

lunak yang saling terhubung dan berkomunikasi lewat jaringan internet untuk melakukan pengumpulan, pengolahan, dan penyajian data secara otomatis. Penerapan *IoT* memberikan peluang besar dalam meningkatkan efektivitas sistem monitoring kualitas air kolam renang berbasis *IoT*. Dengan adanya teknologi *IoT*, proses pemantauan parameter kualitas air seperti suhu, pH, TDS, dan kekeruhan dapat dilakukan secara *real-time* dan berkelanjutan, sehingga membantu pengelola kolam renang dalam melakukan pengawasan kondisi air secara otomatis, menyediakan sistem peringatan dini ketika terjadi penyimpangan kualitas air dari standar yang ditetapkan, serta mengurangi ketergantungan pada pemantauan manual yang berpotensi menimbulkan kesalahan manusia (Saraswati et al., 2023).

Beberapa penelitian terkait monitoring kualitas air kolam renang telah dibuat menggunakan sensor suhu, sensor pH, dan sensor kekeruhan dengan menggunakan mikrokontroler ESP8266. Pada penelitian ini monitoring dilakukan menggunakan platform cayenne, belum menggunakan aplikasi *mobile* (Anggraini et al., 2021).

Sistem monitoring kualitas air kolam renang juga sudah dilakukan penelitian tersebut menggunakan sensor pH, sensor TDS, dan sensor suhu, dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno. Pada penelitian ini baru menggunakan tiga parameter yaitu pH air, TDS dan suhu, belum menggunakan parameter kekeruhan dengan sensor turbiditas. Dalam penelitian ini juga belum menerapkan sistem notifikasi dengan bot telegram, sehingga ketika kualitas air pada kolam renang tidak sesuai standar baku mutu dapat diketahui sesegera mungkin (Harjuno et al., 2025).

Dari hasil wawancara dengan Pak Teguh Widodo, saat ini pengecekan kondisi air di kolam renang Tirta Asri masih dilakukan secara manual menggunakan alat *test kit* kolam renang yang ditunjukkan pada Gambar 1.1. Waktu pengecekan dilakukan secara terjadwal, namun jadwal pengecekan bisa berubah jika secara pengamatan visual air sudah terlihat keruh. Hal ini tentu kurang efisien dalam



© 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

hal pekerjaan dan operasional. Kemudian, tidak adanya sistem peringatan dini (*early warning system*) ketika kualitas air memburuk kepada pengelola menyebabkan penanganan sering terlambat. Oleh karena itu, perlu adanya solusi yang efektif untuk membantu jalannya operasional pemeliharaan kolam dengan efektif dan efisien. Pemantauan secara akurat dan *real-time* sangat dibutuhkan untuk membantu pengelola dalam pengambilan keputusan guna menjaga kebersihan air serta mencegah risiko gangguan kesehatan bagi para pengunjung.



Gambar 1.1 Pengecekan Kondisi Air

Berdasarkan latar belakang diatas, penulis mengusulkan penelitian terkait dengan sistem monitoring kualitas air kolam renang berbasis *Internet of Things* dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 yang diterapkan sebagai studi kasus di kolam renang Tirta Asri. Sistem ini memanfaatkan sensor suhu air, sensor pH, sensor TDS, dan sensor kekeruhan sebagai alat pengukur kualitas air kolam renang secara otomatis. Data hasil pengukuran dikirimkan melalui koneksi internet menggunakan protokol HTTP dan ditampilkan pada aplikasi



© 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

mobile sebagai media visualisasi data secara *real-time*. Selain itu, sistem ini dilengkapi dengan kontrol jarak jauh pompa air dan fitur notifikasi melalui bot Telegram sebagai pemberitahuan kepada pengelola kolam renang Tirta Asri apabila nilai parameter kualitas air tidak sesuai dengan standar yang telah ditetapkan berdasarkan standar Permenkes No. 32 Tahun 2017. Pemilihan Telegram sebagai media notifikasi didasarkan pada kemudahan integrasi dengan sistem *IoT*, kecepatan pengiriman pesan, serta fleksibilitas dalam pengelolaan notifikasi secara otomatis.





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

1.2 Rumusan Masalah

- 1) Bagaimana merancang dan membangun sistem monitoring kualitas air kolam renang yang mampu mendeteksi parameter suhu, pH (Potensial Hidrogen) , TDS (*total dissolved solids*), dan kekeruhan (*turbidity*) air dan melakukan kontrol jarak jauh pompa air kolam melalui aplikasi *mobile*?
- 2) Bagaimana sistem monitoring kualitas air kolam renang berbasis IoT memberikan notifikasi untuk memberikan peringatan ketika kualitas air kolam renang tidak normal?

1.3 Batasan Masalah

- 1) Sistem yang dirancang berfokus pada monitoring kualitas air kolam renang.
- 2) Parameter yang diukur meliputi suhu air, pH, *Total Dissolved Solids* (TDS), dan tingkat kekeruhan (turbiditas).
- 3) Kolam renang yang dimonitoring adalah kolam renang umum.
- 4) Notifikasi peringatan dini (*early warning*) dikirimkan secara otomatis dalam bentuk teks melalui Bot Telegram.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah membangun sistem monitoring kualitas air kolam renang berbasis *Internet of Things (IoT)* menggunakan ESP32 dengan parameter suhu air, pH, Total Dissolved Solids (TDS), dan tingkat kekeruhan. Sistem ini dirancang untuk memonitor kondisi kualitas air kolam renang secara *real-time*, menampilkan data hasil pengukuran pada aplikasi *mobile*, melakukan kontrol jarak jauh dan otomatisasi pompa air kolam renang, serta memberikan notifikasi peringatan melalui bot Telegram jika kualitas air kolam renang tidak sesuai standar yang ditetapkan oleh Kementerian Kesehatan (Kemenkes).

1.4.2 Manfaat

Adapun manfaat yang akan dicapai dari penelitian ini adalah:



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

- 1) Pengelola atau pemilik kolam renang dapat memantau kualitas air kolam renang secara *real-time* dan jarak jauh melalui aplikasi *mobile*.
- 2) Pengelola atau pemilik kolam renang mendapatkan notifikasi telegram jika kualitas air kolam renang tidak normal.

1.5 Sistematika Penulisan

Berikut adalah sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan laporan dari penelitian ini, adalah sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab pertama berisikan penjelasan mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat, serta sistematika penulisan terkait topik rancang bangun sistem *monitoring* kualitas air kolam renang berbasis *Internet of Things* (IoT).

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab kedua berisikan beberapa penelitian yang relevan terkait dengan sistem *monitoring* kualitas air kolam renang untuk dikaji, serta mengenai landasan teori atau kajian ilmu yang relevan dengan penelitian ini.

3. BAB III METODE PENELITIAN

Bab ketiga berisikan penjelasan mengenai rancangan, metode, dan tahapan penelitian yang dilakukan dalam perancangan sistem *monitoring* kualitas air kolam renang. Pembahasan pada bab ini meliputi rancangan penelitian, tahapan penelitian dan objek penelitian.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab keempat berisikan hasil implementasi sistem yang telah dirancang serta pembahasan terhadap hasil pengujian yang dilakukan. Pada bab ini dijelaskan mengenai implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, pengujian pembacaan sensor, pengujian sistem secara keseluruhan, serta analisis terhadap kinerja sistem *monitoring* kualitas air kolam renang yang telah dikembangkan.

5. BAB V PENUTUP

Bab kelima penutup, berisi tentang ringkasan hasil pengujian, serta saran untuk penelitian berikutnya berdasarkan hasil yang didapatkan.



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 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu memiliki peranan yang sangat penting dalam mendukung pengembangan ide atau gagasan penulis dalam pelaksanaan penelitian, khususnya penelitian yang memiliki keterkaitan dengan topik monitoring kualitas air. Oleh karena itu, beberapa penelitian yang relevan dijadikan sebagai referensi dan acuan dalam penyusunan Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam Renang Berbasis *IoT*.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

Jurnal	Teknologi dan Cara Kerja	Catatan
Perancangan Alat Monitoring Kelayakan Air Kolam Renang Dengan Mikrokontroler Berbasis Website (Harjuno et al., 2025)	Tujuan: Membuat sistem monitoring kelayakan air kolam renang menggunakan mikrokontroler Arduino Uno, sensor suhu, sensor pH, sensor TDS, dan module Wifi Wemos D1 Mini, hasil pengukuran sensor ditampilkan melalui LCD 16x2 I2C dan <i>website</i> , serta indikator kualitas air menggunakan Lampu LED. Teknologi: Arduino Uno, sensor suhu air, sensor pH, sensor TDS, Wifi Wemos D1 Mini, LCD 16x2 I2C, Lampu LED, dan <i>website</i>	Pada penelitian ini belum menggunakan sensor kekeruhan untuk mengukur kekeruhan air dan belum ada fitur peringatan berupa notifikasi bot telegram jika kualitas air tidak sesuai standar baku mutu.

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

	berbasis database.	
Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam Renang Menggunakan Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan Cayenne (Anggraini et al., 2021)	Tujuan: Membuat sistem monitoring kualitas air kolam renang secara <i>real-time</i> menggunakan NodeMCU ESP8266, sensor pH, sensor kekeruhan dan sensor suhu, kemudian data dikirim ke platform Cayenne dan ditampilkan. Jika kualitas air tidak sesuai standar Permenkes, Cayenne akan memberi notifikasi ke pengguna. Teknologi: NodeMCU ESP8266, sensor pH, sensor kekeruhan (turbidity), sensor suhu DS18B20, dan platform <i>IoT</i> Cayenne.	Pada penelitian ini tidak menggunakan sensor TDS untuk mengukur zat terlarut dalam air dan masih menggunakan platform Cayenne untuk monitoring dan notifikasi jika air tidak sesuai dengan standar baku mutu.
Automatic Water Level Sensor dan Pendeteksi Keruh Air Kolam Renang dengan Sensor Turbidity Berbasis <i>IoT</i> (Saraswati et al., 2023)	Tujuan: Membuat sistem monitoring kualitas dan level air di kolam renang menggunakan ESP32, sensor ultrasonik untuk mengukur ketinggian air, dan sensor kekeruhan. Relay digunakan untuk memicu Solenoid Valve mengalirkan air dan mengisi kolam renang. Data ditampilkan melalui LCD 20x4 12C dan platform Blynk Teknologi: ESP32, sensor ultrasonik, sensor turbidity, LCD 20x4 12C, relay, solenoid valve, dan Blynk.	Penelitian ini hanya menggunakan sensor kekeruhan untuk mengukur kualitas air kolam, belum menggunakan sensor pH, TDS dan suhu. Untuk monitoring masih menggunakan aplikasi Blynk dan belum ada peringatan seperti notifikasi bot telegram.

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

Iot Based Water Quality Monitoring System And Test For Swimming Pool Water Physicochemical Quality (Yusri & Mohamed, 2023)	Tujuan: Membuat sistem monitoring kualitas air kolam renang secara otomatis berdasarkan parameter fisikokimia menggunakan mikrokontroller TTGO Lora ESP32, sensor pH, dan sensor TDS. Data sensor ditampilkan melalui layar OLED pada mikrokontroler dan aplikasi Blynk Teknologi: TTGO Lora ESP32, sensor pH, sensor TDS, dan Blynk.	Pada penelitian hanya menggunakan sensor pH dan TDS saja untuk mengukur kualitas air kolam renang dan masih menggunakan aplikasi Blynk.
IoT-Based Water Quality Monitoring System for Swimming Pool (Hassan et al., 2025)	Tujuan: Merancang sistem monitoring kualitas air kolam renang menggunakan ESP32, sensor suhu, sensor pH, sensor TDS, dan sensor kekeruhan. Data sensor ditampilkan melalui platform Arduino Cloud. Teknologi: ESP32, sensor pH, sensor suhu, sensor TDS, sensor turbiditas, dan Arduino Cloud.	Pada penelitian ini sudah menggunakan 4 parameter, tetapi monitoring masih dilakukan melalui platform Arduino Cloud dan belum ada fitur notifikasi bot telegram

Berdasarkan tinjauan terhadap kelima penelitian terdahulu, dapat disimpulkan bahwa terdapat beberapa perbedaan dan celah penelitian yang menjadi landasan kebaruan (*novelty*) pada penelitian ini. Meskipun penelitian sebelumnya sama-sama menerapkan sistem monitoring air kolam renang berbasis *Internet of Things (IoT)*, sebagian besar belum mengukur parameter fisikokimia secara lengkap. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang belum menggunakan sensor kekeruhan atau tidak menggunakan sensor TDS, pada penelitian ini



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

mengintegrasikan empat parameter utama, yaitu suhu, pH, TDS, dan kekeruhan. Perbedaan selanjutnya terletak pada platform pemantauan. Mayoritas penelitian terdahulu masih sangat bergantung pada aplikasi IoT pihak ketiga (*third-party*) seperti Blynk, Cayenne, dan Arduino Cloud. Sedangkan, penelitian ini dikembangkan menggunakan aplikasi *mobile* mandiri. Selain itu, perbedaan yang paling krusial adalah pada sistem peringatan dini. Pada penelitian terdahulu belum terdapat sistem notifikasi, sedangkan penelitian ini secara khusus mengimplementasikan peringatan *real-time* yang terintegrasi langsung melalui bot Telegram untuk memberikan pesan otomatis apabila kualitas air terdeteksi tidak normal.

2.2 Kualitas Air Kolam Renang

Air yang terdapat dalam kolam renang merupakan air yang digunakan untuk aktivitas fisik dan memenuhi standar kesehatan yang ditetapkan. Kolam renang dianggap aman jika mampu mempertahankan kualitas airnya, desain kolam yang tepat, dan penerapan manajemen keselamatan sesuai dengan standar yang berlaku. Air kolam renang harus memenuhi kriteria yang ditentukan oleh Permenkes RI Nomor 32 Tahun 2017 (Lumbantobing et al., 2022).

Tabel 2.2 Standar Baku Mutu Permenkes

No	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (kadar minimum/kisaran)
1	Suhu	°C	16-40
2	pH		7 – 7,8
3	TDS (<i>Total Dissolved Solid</i>)	ppm	1000
4	Kekeruhan	NTU	0,5



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

2.3 Internet of Things

Internet of Things (IoT) adalah objek yang terhubung dalam suatu sistem terintegrasi yang berkomunikasi melalui jaringan internet dengan sistem lain tanpa melibatkan manusia sebagai peran utama, karena *IoT* terdiri dari banyak sensor yang berfungsi mengumpulkan informasi (Candradewani et al., 2025). Dalam penelitian ini, penggunaan *IoT* diterapkan pada sistem monitoring melalui aplikasi *mobile*.

2.4 ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler SoC (System on Chip) yang sudah terintegrasi WiFi 802.11 b/g/n, Bluetooth versi 4.2, serta berbagai *peripheral* lainnya. Chip pada ESP32 dilengkapi dengan prosesor, penyimpanan, dan akses ke GPIO (*General Purpose Input Output*). ESP32 bisa menjadi alternatif dari penggunaan Arduino, karena ESP32 bisa langsung terhubung ke W-F (Nizam et al., 2022).

2.5 Sensor Suhu Air

Sensor suhu DS18B20 ialah sensor suhu digital yang hanya memerlukan satu pin untuk jalur data komunikasi. Sensor dilengkapi dengan nomor seri 64-bit yang unik, memungkinkan untuk menghubungkan beberapa sensor ke GPIO yang sama (Harahap & Zega, 2023). Pada penelitian ini digunakan sensor DS18B20 untuk mengukur tingkat suhu air di kolam renang dengan maksimal nilai 40 derajat celsius.

2.6 Sensor Ph

Sensor pH 4502C adalah sensor yang digunakan untuk mengukur tingkat pH atau tingkat keasaman dalam air. Sensor pH-4502C dilengkapi dengan elektroda pH yang mampu mengukur potensial elektrokimia dari sistem yang ukur. Elektroda pH mengirimkan sinyal elektrik ke modul pengolah sinyal, yang memproses dan menghasilkan sinyal yang kemudian dikeluarkan oleh mikrokontroler secara digital dan merepresentasikan nilai pH sistem tersebut (Robiyanto 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.7 Sensor TDS

Sensor TDS beroperasi berdasarkan prinsip yang sesuai dengan karakteristik daya hantar listrik. Ada dua elektrode yang mampu mengukur daya hantar dalam cairan. Kandungan partikel ion dan karakteristik elektrolit pada larutan dapat mempengaruhi hasil pengukuran oleh sensor TDS (Chuzaini & Dzulkiflih, 2022)

2.8 Sensor Turbidity

Sensor turbidity adalah perangkat yang mampu mengukur sejauh mana kekeruhan pada air, yang pada dasarnya tingkat kekeruhan dalam air tidak bisa diamati dengan jelas oleh mata. Turbidimeter dapat disambungkan ke mikrokontroler. Sensor kekeruhan ini dilengkapi mode keluaran dalam bentuk sinyal analog yang dapat disesuaikan dengan nilai batas pembacaan sensor berkat adanya variabel resistor/potensiometer (Lestari & Zafía, 2022)

2.9 Bot Telegram

Telegram Bot adalah sebuah API yang memberikan kesempatan bagi para pengembang untuk membuat interaksi secara otomatis pada platform Telegram. Bot ini dilengkapi dengan banyak fitur, mulai dari menerima pesan, pemrosesan data teks, hingga tindakan otomatis contohnya menghapus dan merespons pesan (Juliyanto et al., 2025).

2.10 Flutter

Flutter merupakan *framework* yang dikembangkan oleh Google untuk menciptakan aplikasi *multi-platform* yang menarik dan berkinerja tinggi. Flutter memberikan tiga keunggulan dalam pengembangan sistem, yaitu kecepatannya saat menjalankan proses *runtime* (cepat), kemudahan dalam memperbarui kode melalui fitur hot reload (produktif), dan memberikan kebebasan kepada pengembang untuk menciptakan desain kustom (fleksibel) (Putri et al., 2023)

2.11 Firebase

Firebase merupakan sebuah API yang dikembangkan oleh Google dengan tujuan untuk menciptakan aplikasi mobile serta web. Di samping itu, Firebase memiliki



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

fitur untuk membangun dan mengakses database secara *real-time*, di mana penyimpanan database tersebut menggunakan format file JSON (Oktivasari et al., 2024).

2.12 Dart

Dart adalah bahasa pemrograman berorientasi objek yang memiliki syntax yang mirip dengan C++, Java, dan JavaScript. Tidak hanya digunakan untuk pengembangan aplikasi seluler, Dart juga dapat digunakan untuk mengembangkan berbagai jenis aplikasi yang menggunakan teknologi *Internet of Things (IoT)*, seperti aplikasi *web*, *microservice*, desktop, dan aplikasi lainnya (Tampubolon Kennedy, 2023)

2.13 Android Studio

Android Studio merupakan IDE yang digunakan untuk menciptakan aplikasi Android, dibangun di atas IntelliJ IDEA. Sebagai lanjutan dari Eclipse, Android Studio memiliki berbagai fitur yang lebih banyak. Tidak seperti Eclipse yang bergantung pada Ant, Android Studio memanfaatkan Gradle sebagai sistem *development* (Riza et al., 2023)

2.14 HTTP

HTTP adalah dasar komunikasi dari *World Wide Web (WWW)*, dimana *HTTP* ini adalah aturan dalam meminta dan menjawab antara client dan server. *Client HTTP* biasanya memulai permintaan menggunakan *TCP/IP* ke port tertentu dalam membuat hubungan. Selanjutnya, server *HTTP* akan mendengarkan permintaan tersebut dan menunggu *client* untuk mengirim permintaan seperti "*GET / HTTP/1.1*". Kemudian server akan merespon dengan jawaban "*200 OK*", lalu menerima permintaan dan mengirim data yang dibutuhkan ke *client* (Luthfansa & Rosiani, 2021).

2.15 Waterfall

Menurut artikel yang ditulis oleh Wahid, Metode waterfall merupakan salah satu metode *Software Development Life Cycle* yang umum digunakan pada fase



Hak Cipta :

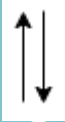
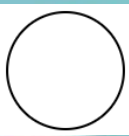
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

pembuatan atau peningkatan software. Karakteristik dari metode waterfall yaitu pelaksanaannya yang dilakukan secara linier dan terencana, di mana setiap langkah berikutnya tidak akan dimulai sampai langkah yang sedang dikerjakan saat ini selesai. Proses ini dapat diulang beberapa kali sampai sistem yang dibuat dapat memenuhi kebutuhan pengguna dengan baik. Keunggulan metode waterfall dalam pengembangan sistem informasi adalah kualitas sistem yang dihasilkan baik, karena implementasinya bertahap. Metode ini cocok untuk proyek di mana sistem masih baru (Pratama et al., 2023).

2.16 Flowchart

Bagan alir (*flowchart*) adalah metode visual yang digunakan untuk menggambarkan urutan atau tahapan dalam suatu proses, dengan tujuan untuk menyajikan informasi sistem dengan cara yang jelas, padat, dan logis. Hal ini sangat membantu dalam memahami, menganalisis, dan menyederhanakan suatu proses atau sistem (Tuasamu et al., 2023).

Tabel 2.3 Flowchart

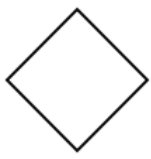
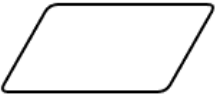
No	Simbol	Nama	Fungsi
1		<i>Arus/Flow</i>	Untuk menyatakan jalannya suatu proses.
2		<i>Connector</i>	Menyatakan sambungan dalam satu proses ke proses lainnya pada halaman yang sama
3		<i>Process</i>	Fungsi pemrosesan yang dilakukan pada sistem, untuk menghasilkan perubahan data atau informasi



© 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

4		<i>Decision/Kondisi</i>	Menunjukkan dua kondisi tertentu dengan dua kemungkinan, yaitu ya atau tidak.
5		Terminal	Menyatakan mulai dan berakhirnya suatu program.
6		<i>Input/Output</i>	Menyatakan proses input dan output

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

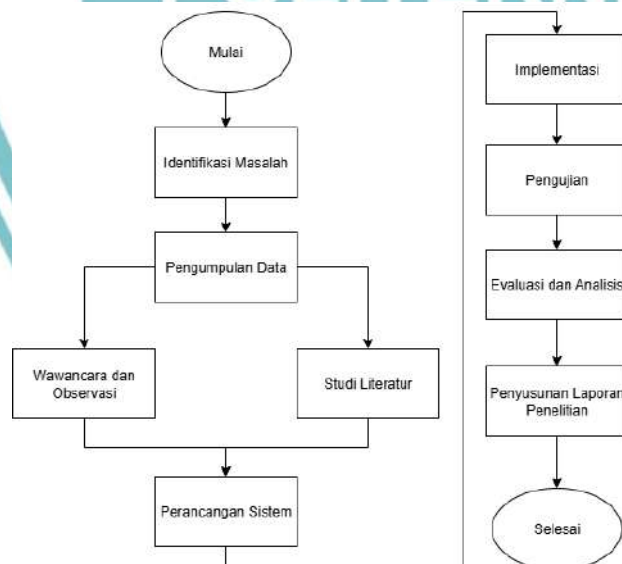
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini adalah pengembangan sistem pemantauan kualitas air kolam renang berbasis *IoT* dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP32, sensor suhu air, sensor pH air, sensor Total Dissolved Solids (TDS), dan sensor kekeruhan. Sistem ini dirancang untuk memonitor kualitas air kolam renang secara otomatis dan *real-time*. Alur kerja sistem ini dimulai dari sensor membaca kualitas air kolam renang dengan parameter suhu, pH, TDS, dan kekeruhan. Kemudian hasil dari pembacaan sensor diproses oleh ESP32, lalu dikirim melalui protokol http dan disimpan di dalam *database*. Data tersebut akan ditampilkan melalui aplikasi *mobile* sebagai media untuk pemantauan sensor. Sistem akan mengirimkan notifikasi jika kualitas air kolam renang tidak sesuai dengan standar yang telah ditentukan.

3.2 Tahapan Penelitian



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian



© 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

Tahapan penelitian akan menjelaskan tahap-tahap yang dilakukan penulis dalam penelitian, berikut adalah penjelasan dari flowchart pada gambar 3.1 tahapan penelitian yang akan dilakukan, adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi Masalah

Pada tahap ini dilakukan pengamatan terhadap sistem perawatan kolam renang yang saat ini diterapkan oleh pengelola kolam renang. Masalah utama yang diidentifikasi adalah pengelola masih melakukan pengecekan kualitas air kolam renang secara manual (menggunakan alat tester) dan pemantauan secara visual saja. Hal ini menjadi pondasi dasar untuk merancang sebuah solusi berupa sistem monitoring kualitas air kolam renang berbasis *Internet of Things (IoT)*.

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi mendalam mengenai standar parameter kelayakan air kolam renang serta spesifikasi teknis perangkat yang dibutuhkan. Data-data dikumpulkan melalui mekanisme wawancara dengan pengelola kolam renang, observasi langsung di lokasi kolam renang, serta studi literatur yang digunakan sebagai landasan teori dan referensi dari penelitian terdahulu yang relevan.

3. Wawancara dan Observasi

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan informasi secara langsung di kolam renang. Wawancara dilakukan bersama pihak pengelola kolam renang terkait bagaimana cara perawatan kolam, metode pengecekan air dan kendala operasional. Sementara itu, observasi dilakukan dengan mengamati kondisi di kolam renang.

4. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengkaji jurnal ilmiah, buku, prosiding, dan penelitian terdahulu yang relevan dengan topik ini. Referensi ini digunakan sebagai dasar teori dalam perancangan sistem, khususnya terkait *Internet of Things (IoT)*, sensor kualitas air, mikrokontroler ESP32, serta arsitektur *database cloud* menggunakan Firebase.

5. Perancangan Sistem



© 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

Pada tahap ini, hasil pengumpulan data dan studi literatur direalisasikan ke dalam bentuk rancangan teknis. Perancangan dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu perancangan perangkat keras yang mengatur skema hubungan antara ESP32, 4 sensor kualitas air, modul relay 5V, dan relay MK2P untuk pompa. Serta perancangan perangkat lunak yang mencakup struktur data pada Firebase Realtime Database dan desain *mockup* antarmuka aplikasi *mobile*.

6. Implementasi

Tahap ini merupakan proses realisasi fisik dari seluruh rancangan yang telah dibuat. Proses realisasi meliputi perakitan komponen elektronik ke dalam casing pelindung, pemrograman pada mikrokontroler ESP32 menggunakan Arduino IDE, pembuatan struktur database di Firebase, serta pemrograman aplikasi *mobile* menggunakan Flutter hingga seluruh komponen terintegrasi menjadi satu kesatuan sistem IoT.

7. Pengujian

Pengujian bertujuan untuk memastikan sistem yang sudah dibuat dapat berjalan dengan baik. Pengujian dilakukan dengan mengukur akurasi, *durability*, fungsionalitas *hardware*, dan pengujian aplikasi *mobile* menggunakan metode *black box testing*.

8. Evaluasi dan Analisis

Pada tahap ini sistem akan dilakukan evaluasi dan analisis dari hasil pengujian. Data yang diperoleh dianalisis dengan membandingkan hasil pembacaan sensor pada sistem dengan alat ukur standar konvensional untuk mengetahui tingkat akurasi sensor, serta mengevaluasi keberhasilan mikrokontroler dalam mengirimkan data kualitas air menuju *database* agar dapat dipantau secara *real-time*.

9. Penyusunan Laporan Penelitian

Pada tahap terakhir penelitian adalah dilakukan penyusunan laporan dari hasil rancang bangun, implementasi, data pengujian, dan analisis disertai dengan dokumentasi.



Hak Cipta :

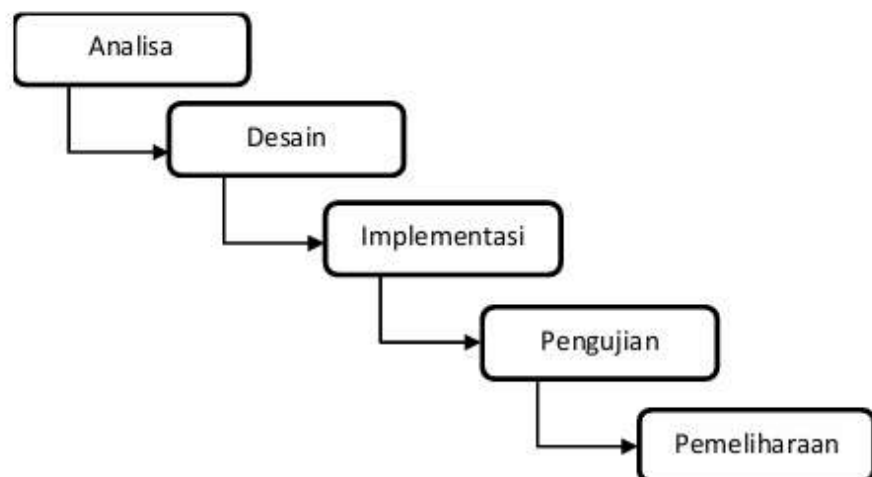
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

3.3 Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah kualitas air pada kolam renang yang dipantau menggunakan sistem monitoring berbasis *IoT*. Sistem ini menggunakan ESP32 yang terhubung dengan sensor suhu air, sensor pH, sensor TDS, dan sensor kekeruhan untuk mengukur parameter kualitas air kolam renang. Data hasil pengukuran dikirimkan melalui koneksi internet ke aplikasi *mobile* dan ditampilkan sebagai media pemantauan secara *real-time*. Pengambilan data dilakukan secara periodik sesuai interval yang ditentukan dalam sistem, serta dilengkapi dengan otomatisasi kontrol pompa dan notifikasi peringatan melalui bot Telegram apabila nilai parameter kualitas air tidak sesuai dengan standar baku mutu.

3.4 Metode Pengembangan Perangkat Lunak

Dalam penelitian ini, metode pengembangan perangkat lunak yang digunakan penulis adalah metode pengembangan Waterfall. sebuah pendekatan pengembangan perangkat lunak yang linear dan berurutan. Berikut adalah tahapan dalam metode pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Alur Metode Waterfall



© 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

1. Analisa

Pada tahap ini, penulis melakukan analisis terhadap masalah yang ada, kebutuhan pengguna, serta menentukan spesifikasi perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software) yang diperlukan agar sistem yang dibangun dapat mencapai tujuan penelitian.

2. Desain

Setelah seluruh kebutuhan sistem dianalisis, tahap selanjutnya adalah merancang arsitektur sistem. Proses desain ini bertujuan untuk mengubah kebutuhan menjadi rancangan. Aktivitas pada tahap ini meliputi pembuatan desain alur sistem (seperti flowchart atau UML), perancangan basis data (database), serta desain antarmuka pengguna (User Interface).

3. Implementasi

Pada tahap ini, desain sistem yang telah dibuat mulai direalisasikan ke dalam bentuk nyata melalui penulisan kode program. Penulis menggunakan bahasa pemrograman tertentu untuk membangun perangkat lunak secara keseluruhan. Jika sistem melibatkan perangkat keras (seperti pada sistem IoT), tahap ini juga mencakup proses integrasi antara kode program dengan perangkat keras pembaca sensor.

4. Pengujian

Setelah tahap implementasi selesai dan sistem telah dirancang, tahapan selanjutnya adalah melakukan pengujian perangkat lunak. Tahap ini bertujuan untuk mendeteksi dan memperbaiki kesalahan (bug atau error) dalam sistem. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh logika program, fitur, dan fungsi telah berjalan dengan baik, serta *output* yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan yang ditentukan di tahap analisis.

5. Pemeliharaan

Tahap ini merupakan tahap akhir di mana perangkat lunak sudah selesai diuji, diterapkan, dan digunakan oleh pengguna. Proses pemeliharaan mencakup perbaikan bug yang mungkin baru ditemukan ketika sistem telah digunakan,



© 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

serta melakukan penyesuaian atau peningkatan performa agar sistem dapat terus beroperasi secara optimal dalam jangka waktu yang panjang.





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 IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Kebutuhan

Pada penelitian ini, sistem yang dikembangkan bertujuan untuk melakukan monitoring kualitas air kolam renang secara *real-time* berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem monitoring ini memanfaatkan aplikasi *mobile* sebagai platform utama untuk visualisasi data dan beberapa komponen perangkat keras pendukung seperti mikrokontroler ESP32, sensor suhu DS18B20, sensor pH, sensor TDS (*Total Dissolved Solids*), serta sensor kekeruhan yang saling terhubung. Sistem ini dirancang untuk mengatasi kendala peninjauan kualitas air kolam renang umum yang masih bersifat subjektif (hanya melihat kejernihan secara visual) serta rentan terhadap perubahan cuaca (seperti hujan deras) yang dapat mengubah kadar keasaman (pH) dan kejernihan air. Dengan adanya sistem monitoring ini, diharapkan dapat membantu pengelola atau pemilik kolam renang dalam memantau parameter kualitas air secara akurat dan presisi. Hal ini akan mempermudah pengambilan keputusan dalam melakukan kombinasi tindakan perawatan, baik secara fisik, kimia, maupun mekanis agar lebih efektif dan efisien.

4.1.1 Analisis Kebutuhan Perangkat Keras

Sistem yang dirancang merupakan sebuah sistem monitoring kualitas air kolam renang berbasis IoT. Perangkat keras (*hardware*) penyusun alat ini meliputi mikrokontroler sebagai pusat pemrosesan data, sensor-sensor pengukur parameter air, relay, dan catu daya. Seluruh perangkat keras yang digunakan memerlukan fungsi dan spesifikasi tertentu agar dapat beroperasi secara optimal dalam membaca kondisi air kolam renang secara terus-menerus. Analisis kebutuhan perangkat keras beserta fungsi dan spesifikasinya dijabarkan pada Tabel 4.1 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

Tabel 4.1 Kebutuhan Perangkat Keras

Perangkat Keras	Fungsi	Spesifikasi
ESP32	Sebagai mikrokontroler untuk mengendalikan sensor dan relay.	• Jumlah Pin : 38 pin (19x2) • Operating voltage : 3.3V • Input voltage : 7-12V (Vin) • Flash Memory 4 MB • SRAM : 520 KB • Clock Speed : 240 Mhz • Wi Fi : IEEE 802.11 b/g/n/e/i
ESP32 Shield Expansion Board	Sebagai papan ekspansi untuk mempermudah proses <i>wiring</i> pin ESP32 ke berbagai sensor dan modul relay.	• Power input: Supply voltage: DC 6-9V, USB-powered, Power from Development Board • Working current: 60mA • Maximum power: 0.3W
Sensor pH Meter Module PH-4502C	Untuk mendeteksi dan mengukur tingkat keasaman atau kebasaan air kolam renang.	• Tegangan kerja: 5V DC • Output: Analog • Rentang pengukuran pH: 0-14 • Akurasi: ± 0.1 pH • Dimensi sensor: $\pm 80\text{mm} \times 20\text{mm}$ • Probe electrode panjang: $\pm 120\text{mm}$
Sensor Suhu DS18B20	Untuk mendeteksi nilai suhu air di dalam kolam renang.	• Tegangan suplai sensor suhu: 3.0V ~ 5.5V • Resolusi sensor suhu: 9 hingga 12 resolusi • Kisaran suhu: $-55 \sim +125^\circ$ (timah hanya dapat menahan suhu tertinggi 85 derajat) • Kabel Output Sensor Suhu: Kuning (DATA) Merah (VCC) dan Hitam (GND) • Kabel Adaptor: DATA, VCC, BLK,

© 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

Sensor TDS V1.0	Untuk mengukur jumlah padatan terlarut atau tingkat kepekatan mineral di dalam air kolam renang.	• Input voltage: 3.3~5.5V • Output signal: 0~2.3V • TDS measurement range: 0~1000ppm • TDS measurement accuracy: $\pm 10\%$ F.S. (25°C) • Size: 42*32mm • Module interface: XH2.54-3P • Electrode interface: XH2.54-2P • Number of probes: 2 • Overall length: 83cm • Waterproof probe
Sensor Turbiditas SEN-0175	Untuk mengukur tingkat kejernihan atau kekeruhan air kolam renang berdasarkan intensitas cahaya yang menembus air.	• Operating voltage: 5.00V DC • Response time: • Insulation resistance: 100MΩ (Min) • Output mode: analog output: 0~4.5V; digital output: high/low level signal (can adjust the potentiometer to select the corresponding threshold) • Operating temperature: -20 ° C ~ 90 ° C • Sensor Interface: XH2.54 connector • Ratio Range (NTU): 0~1000± 30 • Infrared Emitting Diode: 940nm (Peak emission wavelength) • Photo Transistor: 880nm (Peak emission wavelength)
Relay 3V Optocoupler	Sebagai saklar elektronik bertegangan rendah yang dilengkapi isolasi optik (<i>optocoupler</i>) untuk	• DC+ : 3.3V • DC- : Ground • IN : Low level control relay pulls in

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

	mengisolasi arus dari ESP32 saat memicu Relay MK2P.	- Relay output : NO (normally open), COM (Common), NC (normally closed) - Size: 5.6x1.2cm/2.2x0.47 inch
Relay MK2P	Sebagai saklar elektromagnetik utama untuk memutus atau menghubungkan arus listrik berdaya besar seperti pompa air.	- Tegangan: 220VAC - Arus: 10A - Jumlah kaki: 8 kaki - Dimensi: 4x4x7,7 cm
Kabel Jumper	Kabel koneksi antar komponen pada rangkaian elektronik.	- Kawat tembaga tunggal/pejal - Diameter 0.5mm
Powerbank	Sebagai sumber daya listrik untuk menyuplai tegangan ke mikrokontroler.	- Tegangan Output: 5V - Port: USB / Type-C
Casing	Sebagai pelindung untuk mengamankan seluruh rangkaian alat.	- Type : X9 - Ukuran : P25 x L15 x T12 cm - Warna : Hitam - Material : Plastik

4.1.2 Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak

Perangkat lunak (*Software*) yang digunakan pada sistem ini adalah Arduino IDE untuk melakukan instruksi kode pemrograman pada sensor dan mikrokontroler, Android Studio digunakan untuk memprogram aplikasi *mobile* dengan bahasa pemrograman Dart, dan Firebase digunakan untuk melakukan deployment basis data ke server cloud. Database yang digunakan pada penelitian ini adalah Firebase Realtime Database.

4.2 Perancangan Sistem

Perancangan sistem pada penelitian Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam Renang Berbasis *Internet of Things (IoT)* ini dirancang



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

untuk memantau sekaligus mengontrol kondisi kelayakan air secara otomatis dan *real-time*. Sistem ini mengintegrasikan komponen perangkat keras dan perangkat lunak dengan mengandalkan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pemrosesan utama. Parameter air diukur menggunakan empat buah sensor, yaitu sensor suhu air DS18B20, sensor pH, sensor TDS (*Total Dissolved Solids*), dan sensor kekeruhan.

Sistem ini menggunakan Firebase Realtime Database sebagai *cloud database* untuk menyimpan data dari sensor secara *real-time* dan bertindak sebagai jembatan komunikasi antara mikrokontroler dengan aplikasi *mobile*. Data yang tersimpan di Firebase kemudian disinkronisasikan secara dua arah agar dapat dipantau oleh pengguna melalui aplikasi *mobile*. Selain fungsi monitoring, sistem ini juga dilengkapi dengan fitur kontrol otomatis dan manual menggunakan Relay 5V Optocoupler sebagai pemicu aman bertegangan rendah, yang dikoneksikan ke Relay MK2P selaku saklar elektromagnetik utama untuk menghidupkan atau mematikan pompa air.

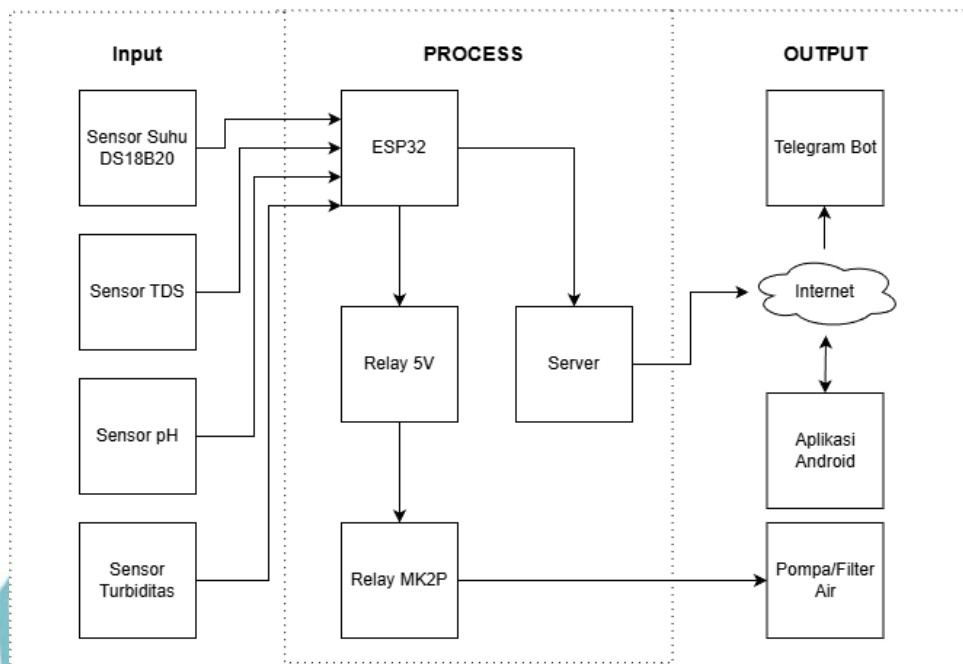
4.2.1 Diagram Blok Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam Renang

Diagram blok menggambarkan rancangan sistem secara keseluruhan pada penelitian ini. Sistem kendali dan pemantauan kualitas air kolam renang ini dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian utama, yaitu *input*, *process*, dan *output*. Gambar 4.1 menunjukkan diagram blok dari sistem yang dibangun.



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 4.1 Diagram Blok

Pada bagian *input*, terdapat empat buah perangkat sensor yang berfungsi untuk membaca kondisi air kolam renang secara langsung. Keempat sensor tersebut meliputi sensor suhu DS18B20 untuk membaca temperatur air, sensor PH-4502C untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan, sensor TDS untuk mendeteksi kepekatan jumlah padatan terlarut, dan sensor *kekeruhan* untuk mengukur tingkat kekeruhan air. Data yang ditangkap oleh sensor-sensor ini berupa sinyal elektrik (analog maupun digital) yang kemudian disalurkan ke pin mikrokontroler.

Pada bagian *process*, terdapat mikrokontroler ESP32 yang bertindak sebagai pusat pemrosesan utama. ESP32 akan membaca dan mengkonversi data dari keempat sensor menjadi nilai parameter kualitas air. Selanjutnya, ESP32 yang terhubung ke jaringan *Wi-Fi* akan mengirimkan data hasil pemrosesan tersebut menuju Firebase Realtime Database. Firebase bertugas sebagai jembatan komunikasi dua arah secara *real-time* untuk menyimpan data sensor serta menerima instruksi logika kendali dari pengguna.



© 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

Pada bagian *output*, sistem memiliki dua bentuk keluaran, yaitu keluaran mekanis fisik dan antarmuka perangkat lunak. Keluaran fisik berupa sistem aktuator saklar elektronik bertingkat yang terdiri dari Relay 5V Optocoupler dan Relay MK2P. Rangkaian relay ini menerima sinyal perintah dari ESP32 untuk menghidupkan atau mematikan pompa air secara otomatis maupun manual. Sementara itu, keluaran perangkat lunak berupa aplikasi *mobile*. Aplikasi ini berfungsi sebagai *dashboard* yang akan menarik data dari Firebase untuk menampilkan informasi parameter suhu, pH, TDS, dan kekeruhan air kepada pengelola atau pemilik kolam secara *real-time*, serta menyediakan tombol *switch* untuk mengendalikan status aktif pompa air dari jarak jauh.

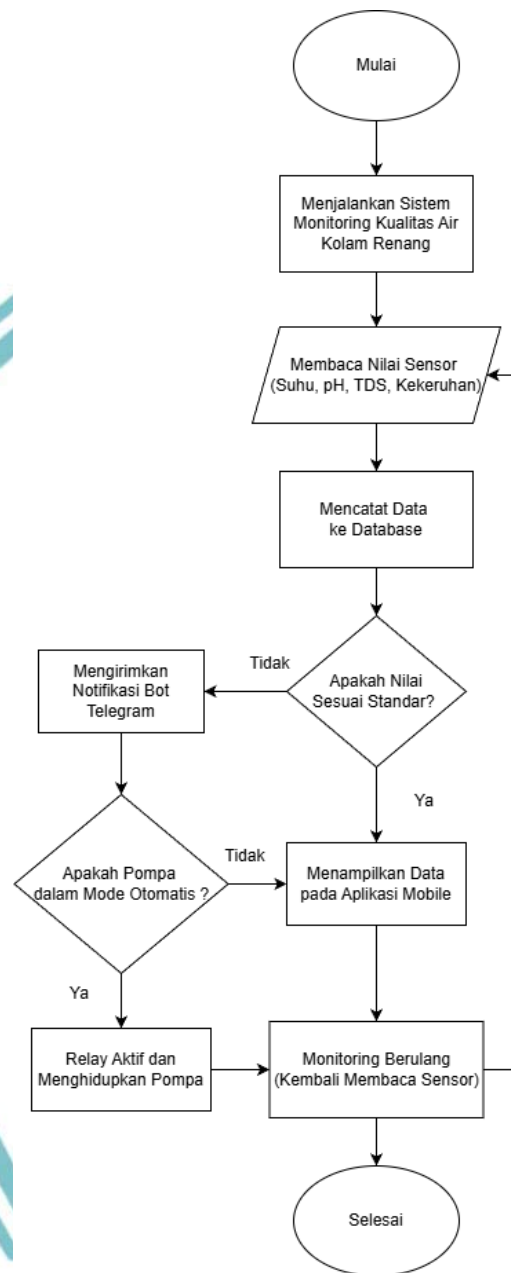




Hak Cipta :

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

4.2.2 Alur Diagram Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam Renang



Gambar 4.2 Flowchart Sistem Monitoring

Pada Gambar 4.2 flowchart sistem menunjukkan alur atau proses dari sistem. Proses yang pertama adalah dengan menjalankan sistem secara keseluruhan dengan memberikan daya pada mikrokontroler, ketika program sudah mulai berjalan sensor suhu, pH, TDS, dan kekeruhan akan membaca nilai kualitas air kolam renang. Seluruh data hasil pembacaan dari sensor-sensor tersebut



© 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

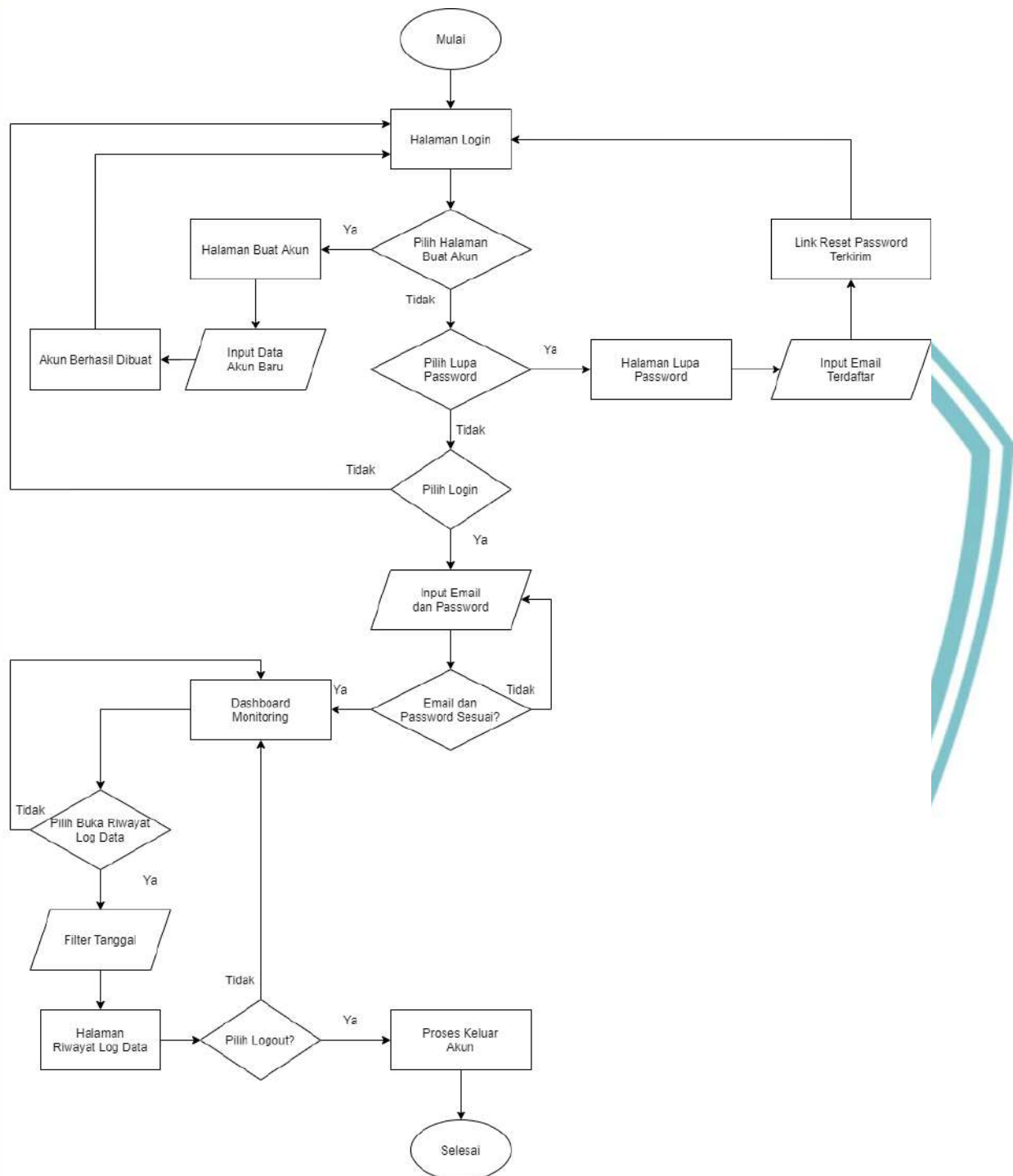
kemudian dicatat dan disimpan ke dalam *database*. Selanjutnya, sistem melakukan pengecekan kondisi untuk memastikan apakah nilai kualitas air sesuai dengan standar baku mutu. Jika nilainya sesuai standar, data akan langsung diproses untuk ditampilkan pada aplikasi *mobile*. Namun, jika nilai tidak sesuai standar, sistem akan terlebih dahulu mengirimkan peringatan melalui notifikasi bot Telegram. Setelah notifikasi terkirim, sistem akan melakukan pengecekan lanjutan untuk melihat apakah pompa berada dalam mode otomatis. Jika pompa dalam mode otomatis, *relay* akan menyala dan menghidupkan pompa, sedangkan jika tidak dalam mode otomatis, alur akan langsung berlanjut ke proses menampilkan data pada aplikasi *mobile*. Setelah salah satu dari rangkaian kondisi selesai dieksekusi, sistem akan kembali ke proses pembacaan nilai sensor dan terus melakukan perulangan (*looping*). Alur ini akan terus berjalan dan hanya akan selesai apabila sistem dimatikan.

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

4.2.3 Alur Diagram Aplikasi Mobile



Gambar 4.3 Flowchart Aplikasi Mobile

Pada gambar 4.3 flowchart aplikasi *mobile* menunjukkan proses bagaimana alur pada aplikasi *mobile* bekerja. Proses dimulai dengan masuk ke Halaman Login.



© 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

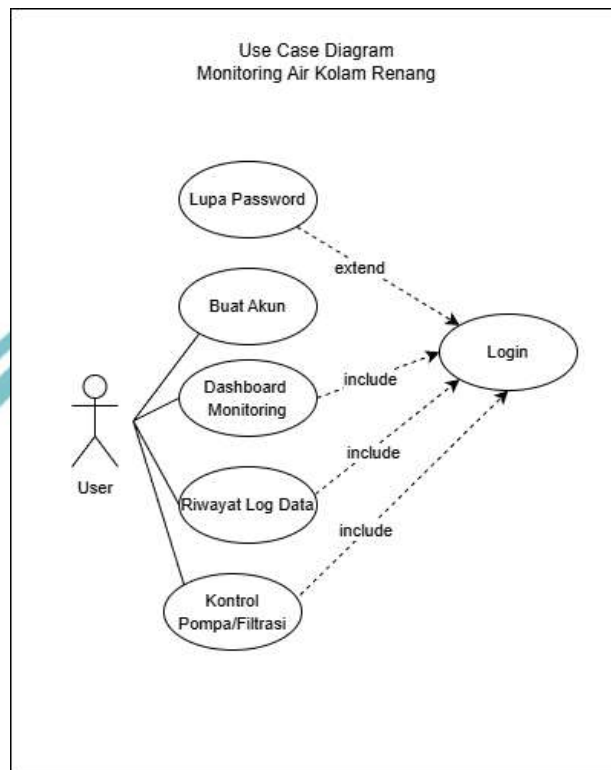
Pada halaman ini terdapat tiga opsi yaitu, pengguna menginput *email* dan *password* yang telah terdaftar untuk *login*, membuat akun jika pengguna belum memiliki akun, dan lupa *password* jika pengguna lupa *password*. Jika belum memiliki akun, pengguna dapat memilih opsi untuk membuat akun, alur akan mengarahkan ke Halaman Buat Akun agar pengguna dapat menginput data akun baru, lalu sistem akan mengembalikan pengguna ke Halaman Login. Jika lupa dengan *password* akun, pengguna dapat memilih opsi lupa *password*, pengguna akan diarahkan ke Halaman Lupa Password untuk menginput email terdaftar agar tautan *reset password* dapat terkirim, dan akan kembali lagi ke Halaman Login. Apabila sudah memiliki akun, pengguna bisa langsung menginput email dan *password* yang telah terdaftar. Selanjutnya, sistem akan memvalidasi apakah kredensial tersebut sesuai. Jika tidak sesuai, alur akan berputar kembali ke Halaman Login, namun jika valid, pengguna akan berhasil masuk ke Dashboard Monitoring. Pada halaman dashboard, pengguna dapat memilih untuk membuka riwayat *log* data yang akan mengarahkan mereka ke Halaman Riwayat dengan fitur *filter* tanggal. Jika ingin melakukan *logout*, pengguna dapat memilih opsi *logout*. Apabila pengguna tidak melakukan *logout*, alur akan mengembalikan tampilan ke Dashboard Monitoring, sedangkan jika pengguna memilih *logout*, sistem akan mengeksekusi proses keluar 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

4.2.4 USe Case Diagram



Gambar 4.4 Use Case Diagram

Pada gambar 4.4, terdapat satu aktor yang dapat menggunakan aplikasi *mobile*, dengan ketentuan *user* wajib memiliki akun untuk melakukan *login*. Jika *user* belum memiliki akun, maka *user* harus membuat akun terlebih dahulu. Lalu jika *user* sudah memiliki akun namun lupa dengan *passwordnya*, maka *user* dapat melakukan lupa *password* untuk meminta *link reset password*. Setelah *login*, *user* dapat mengakses fitur-fitur yaitu, *dashboard monitoring*, riwayat *log data*, dan kontrol pompa air.

- #### 4.2.5 Desain Casing

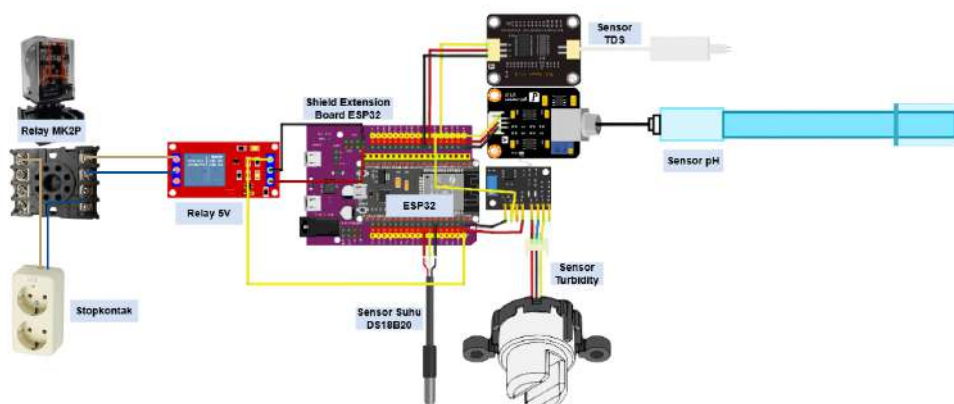


Gambar 4.5 Desain Casing

Pada gambar 4.5 merupakan desain dari *casing* yang digunakan untuk meletakkan komponen perangkat keras seperti mikrokontroler ESP32, modul sensor, dan kabel *jumper*. *Casing* ini memiliki dimensi panjang 25 cm, lebar 15 cm, dan tinggi 12 cm serta terbuat dari bahan plastik padat, sehingga dapat melindungi rangkaian elektronik dari kelembapan dan aman digunakan dalam jangka waktu yang lama.

4.2.6 Skematik Rangkaian Alat

Rancangan skematik mengilustrasikan jalur koneksi kelistrikan antar komponen yang dirangkai menggunakan kabel *jumper*. Visualisasi dari rancangan skematik sistem ini dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Skematik Rangkaian Alat

Sementara itu, rancangan *pinout* memetakan hubungan pin mikrokontroler ESP32 dengan setiap modul yang digunakan. Alokasi ini mencakup pin analog, digital, daya (*power*), serta *ground*. Khusus untuk modul Relay MK2P, jalur kelistrikannya dihubungkan secara terpisah menuju sumber tegangan AC karena berfungsi untuk mengendalikan pompa air sirkulasi. Tabel 4.2 menunjukkan rancangan *pinout* dari sistem tersebut.

Tabel 4.2 Rancangan *Pinout*

Nama Komponen	PIN di ESP32	PIN di Komponen
Sensor Suhu DS18B20	3V3	VCC
	GND	GND
	18 (GPIO18)	DATA
Sensor pH-4502C	3V3	VCC
	GND	GND
	35 (GPIO35)	PO (Analog Out)
Sensor TDS V1.0	3V3	VCC
	GND	GND
	34 (GPIO34)	A0 (Analog Out)
Sensor Kekeruhan	3V3	VCC
	GND	GND
	32 (GPIO32)	A0 (Analog Out)
Modul Relay 5V	5V	VCC
	GND	GND
	23 (GPIO23)	IN
Relay MK2P	-	Terhubung ke terminal Output Relay 5V 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
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

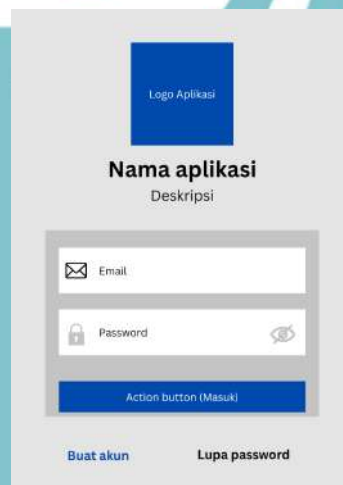
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

		sumber tegangan AC
Stopkontak	-	Terhubung ke terminal output Relay MK2P

4.2.7 Desain Mockup Aplikasi Mobile

Desain *mockup* aplikasi *mobile* dirancang untuk memberikan gambaran visual mengenai tata letak (*layout*), fungsionalitas, dan interaksi pengguna (*user interface*) pada sistem monitoring kualitas air kolam renang. Aplikasi ini dibuat menggunakan *framework* Flutter dan bahasa pemrograman Dart.

1. Halaman Login



Gambar 4.7 Mockup Halaman Login

Pada gambar 4.7 menampilkan desain mockup halaman login yang merupakan antarmuka awal bagi pengguna untuk memverifikasi hak akses sebelum masuk ke dalam sistem monitoring. Pada halaman ini terdapat kolom pengisian (*text field*) untuk memasukkan email dan kata sandi (*password*), tombol aksi untuk masuk (*login*), serta opsi tautan menuju halaman buat akun bagi pengguna baru dan halaman lupa password.



© 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

2. Halaman Buat Akun

Gambar 4.8 Mockup Halaman Buat Akun

Pada gambar 4.8 menampilkan desain mockup halaman buat akun yang berfungsi untuk memfasilitasi pengguna baru dalam membuat akun mereka ke dalam sistem agar tersimpan di database Firebase Authentication. Pada halaman ini terdapat kolom pengisian (text field) untuk memasukkan email dan kata sandi (password), serta tombol aksi untuk mendaftarkan akun.

3. Halaman Lupa Password

Gambar 4.9 Mockup Halaman Lupa Password

Pada gambar 4.9 menampilkan desain mockup halaman lupa *password* yang digunakan untuk membantu pengguna yang mengalami kendala lupa kata sandi

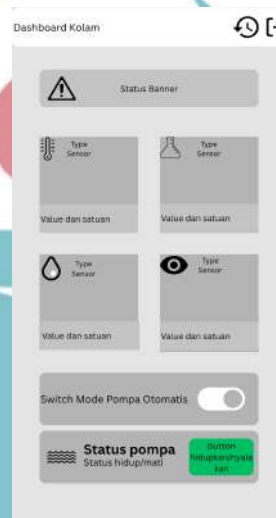


Hak Cipta :

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

saat ingin mengakses aplikasi. Mekanisme pada halaman ini mengharuskan pengguna memasukkan email yang telah terdaftar agar sistem dapat mengirimkan tautan pemulihan kata sandi (*reset password link*) secara otomatis melalui Firebase.

4. Dashboard Monitoring



Gambar 4.10 Mockup Halaman Dashboard

Pada gambar 4.10 menampilkan desain mockup halaman dashboard monitoring yang merupakan antarmuka utama aplikasi setelah pengguna berhasil melakukan *login*. Halaman ini berfungsi untuk menampilkan visualisasi data parameter kualitas air kolam renang yang terbaca oleh perangkat keras secara *real-time*, meliputi nilai suhu dari sensor DS18B20, nilai pH dari sensor pH 4502C, nilai kepekatan air dari sensor TDS V1.0, serta tingkat kekeruhan dari sensor *turbidity*. Selain itu, halaman ini juga dilengkapi dengan saklar kendali digital (*switch button*) untuk mengaktifkan atau menonaktifkan mode otomatis pompa air dan *button* untuk menyalakan atau mematikan pompa air dari jarak jauh melalui modul relay.



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

5. Halaman Riwayat Kualitas Air



Gambar 4.11 Mockup Halaman Riwayat Kualitas Air

Pada gambar 4.11 menampilkan desain *mockup* halaman riwayat kualitas air yang berfungsi untuk menampilkan rekaman data historis atau log pembacaan parameter kualitas air kolam renang yang telah tersimpan di dalam *database* Firebase. Halaman ini dilengkapi dengan fitur penyaringan tanggal (*date filtering*) yang memudahkan pengelola atau pengguna dalam melakukan peninjauan kembali mengenai kondisi kualitas air pada rentang waktu tertentu.

4.3 Implementasi Sistem

Implementasi sistem menjelaskan seluruh tahapan dalam merealisasikan rancangan sistem monitoring kualitas air kolam renang. Proses implementasi ini terdiri dari perakitan perangkat keras *IoT* (ESP32 dan modul sensor), konfigurasi *cloud server* (Firebase Realtime Database), pengintegrasian sistem notifikasi melalui *Bot Telegram*, dan pembuatan aplikasi *mobile*.

4.3.1 Implementasi Perangkat Keras

Implementasi perangkat keras terdiri dari perangkaian mikrokontroler ESP32 dengan sensor (suhu, pH, TDS, dan kekeruhan) serta modul relay, yang dilanjutkan dengan pengemasan seluruh komponen ke dalam *casing*.

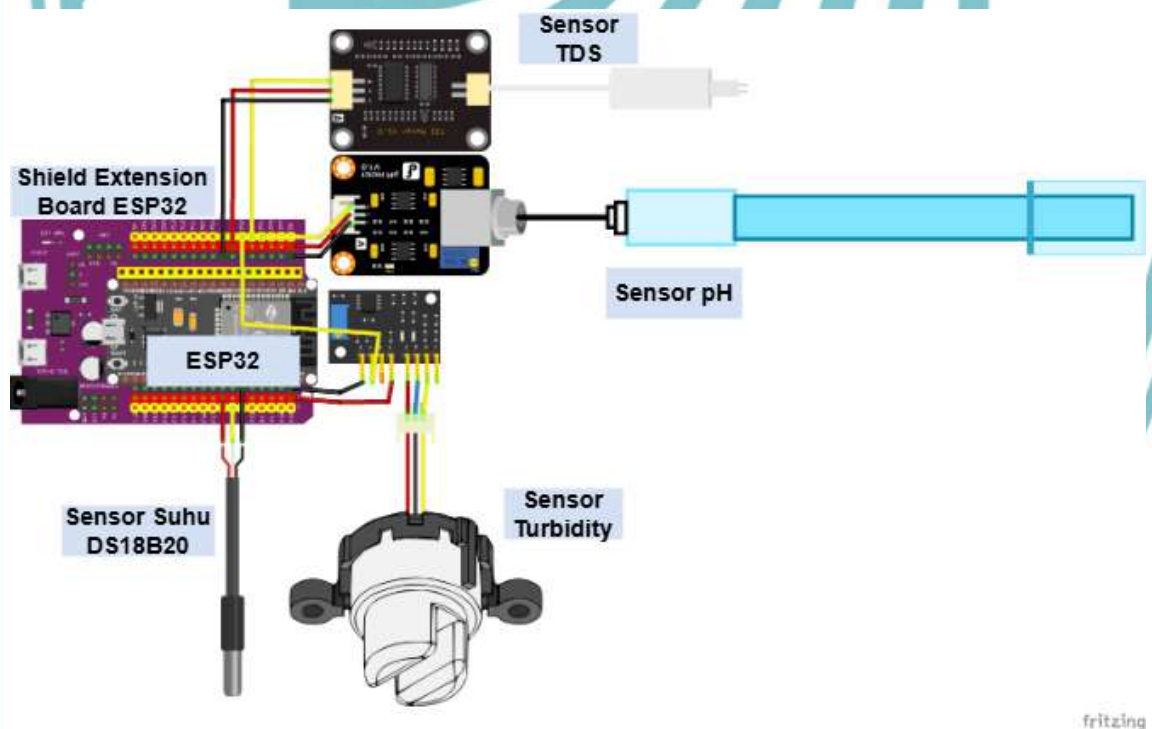


Hak Cipta :

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

4.3.1.1 Perangkaian Modul Sensor

Modul sensor yang terdiri dari sensor suhu DS18B20, pH-4502C, TDS V1.0, dan kekeruhan digunakan untuk memperoleh informasi parameter kandungan air kolam renang secara *real-time*. Sensor-sensor ini dihubungkan dengan ESP32 melalui antarmuka komunikasi data digital dan analog. Pin daya (VCC) dan GND dari setiap modul sensor disambungkan secara langsung ke pin VCC dan GND pada Shield Extension Board ESP32. Sementara itu, pin data masing-masing modul dihubungkan ke pin spesifik pada Shield Extension Board ESP32, yaitu sensor kekeruhan pada pin 32, TDS pada pin 34, pH pada pin 35, dan sensor suhu DS18B20 pada pin 18. Gambar 4.12 menunjukkan rangkaian antara ESP32 dengan keempat sensor kualitas air.



Gambar 4.12 Rangkaian ESP32 dan Sensor

4.3.1.2 Perangkaian Modul Relay

Modul relay digunakan sebagai saklar elektromekanis untuk mengendalikan aktuator berupa pompa sirkulasi air yang membutuhkan arus dan tegangan tinggi (AC 220V). Pada sistem ini, diimplementasikan konfigurasi relay bertingkat

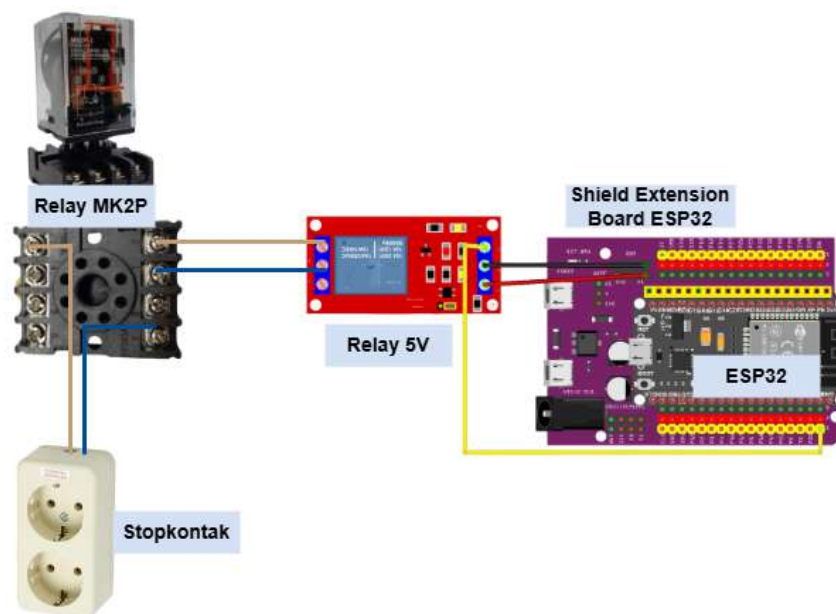


Hak Cipta :

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

guna menjaga keamanan mikrokontroler dari potensi lonjakan arus listrik. Pin VCC pada modul relay 5V dihubungkan secara langsung ke pin 5V pada Shield Extension Board ESP32, dan pin GND relay dihubungkan ke pin GND Shield Extension Board ESP32. Sementara itu, pin sinyal (IN) dihubungkan ke pin 23 sebagai jalur kontrol.

Ketika mikrokontroler mengirimkan sinyal perintah melalui pin 23, modul relay 5V akan aktif dan memicu tegangan pada kumparan (koil) relay MK2P. Relay MK2P inilah yang kemudian bertugas sebagai saklar utama untuk memutus atau menyambungkan aliran listrik AC dari sumber PLN menuju stopkontak. Pompa air yang dicolokkan ke stop kontak tersebut akan secara otomatis menyala atau mati berdasarkan status kendali dari sistem. Gambar 4.13 menunjukkan detail rangkaian kelistrikan antara ESP32, sistem relay 5V dan MK2P, dan stop kontak.



Gambar 4.13 Rangkaian ESP32 dan Relay

4.3.1.3 Perangkaian ESP32 dan Casing

Setelah perakitan selesai dan masing-masing komponen telah berfungsi dengan baik, seluruh rangkaian dipasang ke dalam *casing* yang sudah didesain. *Casing*



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

didesain untuk melindungi perangkat saat digunakan. Gambar 4.14 menunjukkan hasil akhir dari pemasangan rangkaian alat di dalam *casing*.



Gambar 4.14 Rangkaian Alat dan Casing

4.3.2 Implementasi Perangkat Lunak

Implementasi perangkat lunak terdiri dari pembuatan program pada mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan sistem notifikasi Bot Telegram, konfigurasi Firebase Realtime Database sebagai pusat penyimpanan dan sinkronisasi data, serta pembuatan aplikasi pemantauan berbasis mobile menggunakan Android Studio.

4.3.2.2 Implementasi User Interface Aplikasi Mobile

Sistem monitoring dan kontrol kualitas air kolam renang ini memanfaatkan aplikasi *mobile* sebagai *user interface*. Nantinya aplikasi akan digunakan oleh pengguna untuk melakukan pemantauan nilai sensor suhu, pH, TDS, dan kekeruhan secara real-time, serta memudahkan dalam mencari data riwayat kualitas air berdasarkan tanggal. Aplikasi *mobile* ini dibangun menggunakan *framework* Flutter dengan bahasa pemrograman dart, Firebase Realtime Database sebagai database dan Firebase Authentication untuk manajemen keamanan. Di dalam aplikasi ini terdapat fitur autentikasi pengguna (*Login*,



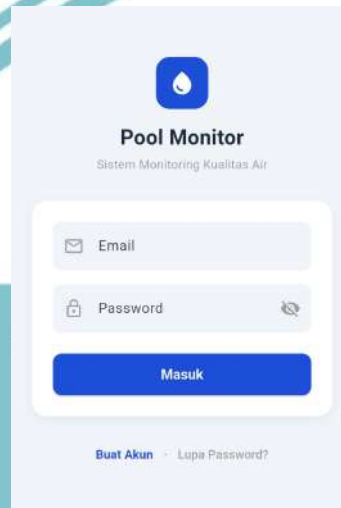
© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

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

Register, *Lupa Password*), halaman *Dashboard* untuk monitoring sensor dan kendali pompa (otomatis/manual), serta halaman *Riwayat* untuk melihat log data operasional kolam.

1. Halaman Login



Gambar 4.15 Tampilan Halaman Login

Pada gambar 4.15 merupakan tampilan halaman login pada aplikasi *mobile*. Halaman *login* tersebut menampilkan dua *text field*, yakni *email* dan *password* untuk proses autentikasi akun pengguna. Pada tampilan ini juga terdapat tombol "Masuk" untuk mengakses sistem, serta tautan (link) "Buat Akun" jika belum memiliki akun dan "Lupa Password?" apabila pengguna kehilangan kata sandinya.



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

2. Halaman Daftar Akun Baru

Gambar 4.16 Tampilan Halaman Daftar Akun Baru

Pada gambar 4.16 merupakan tampilan halaman daftar akun baru pada aplikasi *mobile*. Halaman ini menampilkan dua *text field*, yaitu *email* dan *password* yang harus diisi oleh pengguna untuk mendaftarkan akun baru ke dalam sistem keamanan Firebase Authentication. Terdapat pula sebuah tombol utama bertuliskan "Daftar" untuk memproses registrasi data tersebut.

3. Halaman Lupa Password

Gambar 4.17 Tampilan Halaman Lupa Password

Pada gambar 4.17, merupakan tampilan halaman lupa *password* pada aplikasi *mobile*. Halaman lupa *password* tersebut menampilkan satu *text field* yang

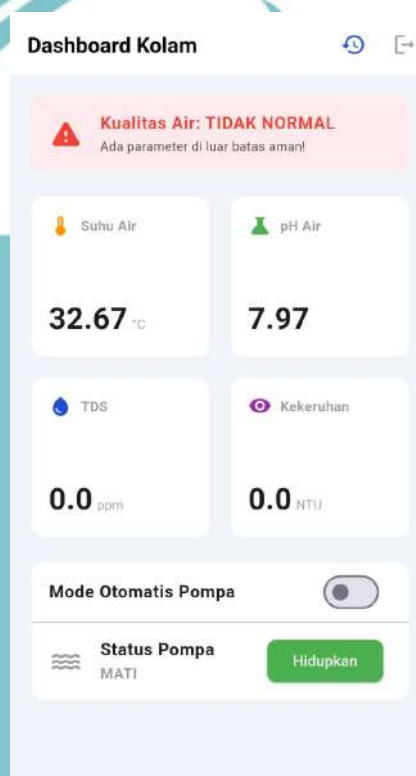


Hak Cipta :

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

mengharuskan pengguna memasukkan *email* yang sudah terdaftar sebelumnya pada sistem. Jika pengguna menekan tombol "Kirim Link Reset", maka tautan pemulihan kata sandi baru akan dikirimkan secara otomatis oleh Firebase ke alamat *email* tersebut.

4. Halaman Dashboard Monitoring



Gambar 4.18 Tampilan Halaman Dashboard Monitoring

Pada gambar 4.18, merupakan tampilan halaman *dashboard* monitoring pada aplikasi *mobile*. Halaman *dashboard* tersebut menampilkan banner status indikator kualitas air (Normal/Tidak Normal) dan empat kotak informasi parameter sensor (Suhu, pH, TDS, Kekeruhan) secara *real-time*. Selain itu, terdapat panel saklar (*switch*) untuk mengaktifkan "Mode Otomatis Pompa" serta tombol manual untuk menghidupkan atau mematikan pompa sirkulasi secara langsung.



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

5. Halaman History



Gambar 4.19 Tampilan Halaman History

Pada gambar 4.19, merupakan tampilan halaman *history* pada aplikasi *mobile*. Halaman *history* tersebut menampilkan kolom tanggal aktif yang disertai dengan tombol "Ubah" untuk mengaktifkan fitur kalender. Di bawahnya, terdapat daftar baris kartu (*ListView Card*) yang memuat informasi jam cek, status kelayakan air, serta rincian nilai keempat parameter kualitas air secara urut berdasarkan tanggal yang dipilih.

4.4 Pengujian Alat

Tahap pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi fungsionalitas dari sistem monitoring kualitas air kolam renang yang telah dibuat, guna memastikan kinerjanya sesuai dengan rancangan awal dan mampu menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan. Melalui proses ini, sejumlah aspek akan diukur untuk menilai apakah sistem dapat beroperasi secara optimal atau justru



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

sebaliknya. Hasil dari pengujian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mendalam mengenai performa dari alat yang dibangun, sekaligus membantu memetakan batasan sistem untuk keperluan perbaikan atau penyesuaian agar implementasinya di kolam renang dapat berjalan secara lebih maksimal.

4.4.1 Deskripsi Pengujian

Pengujian sistem monitoring dan kontrol kualitas air kolam renang berbasis *IoT* dengan mendeteksi parameter kondisi air kolam renang secara langsung mencakup berbagai fitur dari segi *hardware* dan *software*. Setiap komponen akan dilakukan serangkaian pengujian untuk memastikan kelayakan operasionalnya, adapun pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

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

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

4.4.2 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian merupakan proses pengujian sistem yang meliputi rencana pengujian pada sistem yang telah dibuat. Prosedur pengujian harus dilakukan dengan baik dan benar agar mendapatkan hasil yang maksimal.

4.4.2.1 Prosedur Pengujian Alat

1. Prosedur Pengujian Fungsionalitas Alat

Pengujian fungsionalitas yang akan dilakukan yaitu dengan melakukan uji coba terhadap berbagai fitur alat yang dirancang pada tahap sebelumnya. Langkah ini mencakup verifikasi dan validasi pada tiap fitur guna memastikan fitur sesuai dengan rancangan. Pada tabel 4.3 menunjukkan prosedur pengujian fungsionalitas pada alat yang akan dilakukan.

Tabel 4.3 Uji Fungsionalitas Alat

No	Skenario Pengujian	Hasil Yang Diharapkan
1	Pengujian terhadap ESP32 untuk sistem apakah dapat terhubung ke jaringan Wi-Fi atau tidak.	ESP32 dapat terhubung ke jaringan Wi-Fi lokal dengan lancar.
2	Pengujian terhadap ESP32 apakah dapat terhubung dan sinkron dengan Firebase atau tidak.	ESP32 berhasil terhubung dengan Firebase Realtime Database.
3	Pengujian fungsionalitas sensor kualitas air (Suhu DS18B20, pH-4502C, TDS, dan <i>Turbidity</i>) untuk mendeteksi kondisi air.	Seluruh sensor dapat membaca parameter air kolam renang dan mengirimkan nilai parameter air.
4	Pengujian simulasi ketika parameter air dideteksi berada pada kondisi buruk	Bot Telegram secara otomatis mengirimkan pesan notifikasi peringatan ke pengguna ketika kondisi air buruk.

2. Prosedur Pengujian Akurasi

Pengujian akurasi yang dilakukan adalah untuk mengevaluasi sejauh mana sensor suhu DS18B20, sensor pH PH-4502C, sensor TDS V1.0, dan sensor turbidity dapat memberikan hasil yang akurat dan konsisten dalam pengambilan data parameter air. Prosedur uji ini dilakukan dengan membandingkan antara alat ukur sebenarnya (kalibrator standar) dengan nilai dari sensor. Data uji akurasi dilakukan sebanyak 20 kali ketika kondisi parameter air kolam renang dalam kondisi normal dan melebihi *threshold*.

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



Gambar 4.20 PH TDS EC Temperature Meter EZ9908

Pada gambar pengujian, sensor kualitas air akan diukur menggunakan alat ukur standar komersial (digital thermometer, pH meter portable, dan TDS/EC meter) sebagai alat pembanding. Data yang dihimpun akan dianalisis tingkat kesalahannya menggunakan rumus yang sudah ditentukan. Dengan demikian dapat dipastikan bahwa nilai sensor dapat memberikan hasil yang bisa dipercaya dan sesuai dengan standar yang diharapkan. Adapun rumus pengukuran yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Error} = |\text{Nilai Sensor} - \text{Nilai Sensor Meter}|$$

Selanjutnya, perhitungan persentase error dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Persentase Error} = \left(\frac{\text{Error}}{\text{Nilai Sensor Standar}} \right) \times 100\%$$

Tentukan rata – rata persentase error dari setiap pengujian menggunakan rumus berikut:

$$\text{Rata – rata persentase error} = \left(\frac{\text{Jumlah persentase error}}{\text{Jumlah pengujian}} \right) \times 100\%$$

Dan yang terakhir tentukan nilai akurasi dari sensor dengan menghitung rumus 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$Akurasi = 100\% - (Rata - rata persentase error)$$

3. Prosedur Pengujian Durability

Pengujian *durability* atau ketahanan alat. Prosedur yang dilakukan untuk pengujian *durability* yaitu dengan cara menghitung kegagalan sensor dalam membaca data yang berlangsung selama tujuh hari atau satu minggu. *Durability* dapat dihitung dengan rumus:

$$Durability = \left(\frac{Waktu\ keberhasilan}{uptime} \right) \times 100\%$$

4. Prosedur Pengujian Integrasi Sistem

Pengujian kendali aktuator pompa air diperlukan guna memastikan bahwa *hardware* dan *software* ketika sudah menjadi satu kesatuan yaitu sistem yang utuh dapat terhubung dan berjalan sesuai fungsinya. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan komponen dari ESP32, rangkaian Relay 5V, dan Relay MK2P dapat terintegrasi atau tidak dalam menggerakkan pompa air. Berikut pada Tabel 4.4 yang merupakan skenario pengujian kendali aktuator pompa air.

Tabel 4.4 Uji Integrasi Sistem

No	Skenario Pengujian	Deskripsi Skenario	Ekspektasi Hasil
1	Menghubungkan ESP32 dengan sensor kualitas air (Suhu DS18B20, pH, TDS, dan Turbidity).	Menguji integrasi ESP32 dengan seluruh modul sensor.	ESP32 dapat menerima dan membaca nilai parameter kondisi air dari setiap sensor.
2	Menghubungkan ESP32 dengan jaringan Wi-Fi.	Menguji integrasi ESP32 dengan koneksi Wi-Fi.	ESP32 dapat terhubung dengan koneksi Wi-Fi.
3	Menghubungkan ESP32 dengan server Firebase	Menguji integrasi ESP32 dengan server dalam mengirimkan data hasil pembacaan sensor ke <i>database</i> .	Firebase Realtime Database berhasil menerima dan menyimpan pembaruan data sensor secara



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>real-time.</i>
4	Menghubungkan ESP32 dengan Bot Telegram	Menguji integrasi ESP32 dengan Bot Telegram	Bot Telegram berhasil mengirimkan pesan notifikasi peringatan ketika kondisi air buruk

4.4.2.2 Prosedur Pengujian Aplikasi Mobile

Pengujian aplikasi *mobile* diperlukan untuk memastikan bahwa aplikasi *mobile* yang dibangun telah sesuai dengan rancangan awal. Pengujian ini berfokus pada aspek fungsionalitas, guna memastikan apakah aplikasi tersebut dapat dipergunakan dengan baik sesuai dengan kebutuhan pengguna. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan semua fitur utama, tampilan grafik parameter, *text box* input data, tombol kendali pompa, serta komponen antarmuka lainnya pada aplikasi *mobile* dapat berfungsi secara optimal tanpa mengalami kendala.

4.4.3 Data Hasil Pengujian

Proses pengujian sistem akan dilaksanakan sepenuhnya berdasarkan prosedur serta skenario sistematis yang telah ditetapkan pada bagian sebelumnya. Seluruh data dan informasi yang diperoleh dari rangkaian pengujian ini akan dicatat secara mendalam, kemudian divisualisasikan ke dalam bentuk narasi deskriptif beserta tabel pengujian. Melalui penyajian dalam bentuk tabel tersebut, hasil dari setiap pengujian alat pada kolam renang dapat dianalisis secara lebih teratur, jelas, dan mudah dipahami.

4.4.3.1 Hasil Data Pengujian Alat

1. Data Hasil Pengujian Fungsionalitas Alat

Pengujian dilakukan sesuai dengan prosedur uji fungsionalitas alat. Skenario pada tahap sebelumnya akan dieksekusi, kemudian hasil pengujian akan dicatat, setelah itu akan dilakukan analisis apakah pengujian tersebut berhasil atau tidak. Pada tabel 4.5 menunjukkan hasil pengujian fungsionalitas pada alat yang akan dilakukan.

Tabel 4.5 Hasil Uji Fungsionalitas Alat

No	Skenario Pengujian	Hasil	Keberhasilan
1	Pengujian terhadap ESP32 untuk sistem apakah dapat terhubung ke jaringan Wi-Fi atau tidak.	ESP32 dapat terhubung ke jaringan Wi-Fi.	Berhasil
2	Pengujian terhadap ESP32 apakah dapat terhubung dan sinkron dengan Firebase atau tidak.	ESP32 dapat terhubung dan sinkron dengan Firebase Realtime Database.	Berhasil
3	Pengujian fungsionalitas sensor kualitas air (Suhu DS18B20, pH-4502C, TDS, dan <i>Turbidity</i>) untuk mendeteksi kondisi air.	Sensor kualitas air dapat mendeteksi parameter kondisi air kolam renang.	Berhasil
4	Pengujian simulasi ketika parameter air dideteksi berada pada kondisi buruk.	Sistem dapat merespons dengan mengaktifkan pompa dan mengirimkan notifikasi melalui Bot Telegram.	Berhasil

2. Data Hasil Pengujian Akurasi

a. Data Hasil Pengujian Akurasi Dalam Keadaan Normal

Pengujian akurasi pada tahap ini mencakup evaluasi terhadap tingkat presisi dari empat sensor utama, yaitu sensor suhu DS18B20, sensor pH PH-4502C, dan sensor TDS V1.0. Sesuai dengan prosedur pengujian yang telah ditetapkan sebelumnya, proses evaluasi dilakukan dengan mengamati serta membandingkan secara langsung nilai keluaran dari masing-masing sensor tersebut dengan hasil pembacaan dari PH TDS EC Temperature Meter EZ9908.

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

Berikut merupakan data hasil implementasi pengujian ketika air dalam kondisi normal. Pengambilan sampel data dilakukan sebanyak 20 kali untuk memantau konsistensi dan perbandingan nilai sensor terhadap alat ukur sebenarnya. Setiap perubahan angka akan dicatat untuk kemudian dihitung nilai selisih (*error*) serta persentase akurasi akhirnya.

Tabel 4.6 Hasil Uji Sensor Suhu

No	Sensor Suhu DS18B20 (°C)	Temperature Meter(°C)	Error	Error %
1	31,55	31,30	0,25	0,80%
2	31,42	31,30	0,12	0,38%
3	31,67	32,60	0,93	2,85%
4	31,55	32,00	0,45	1,41%
5	31,42	32,00	0,58	1,81%
6	31,80	31,30	0,50	1,60%
7	31,80	31,40	0,40	1,27%
8	31,55	31,40	0,15	0,48%
9	31,55	31,70	0,15	0,47%
10	31,67	31,40	0,27	0,86%
11	31,74	32,40	0,66	2,04%
12	31,61	32,40	0,79	2,44%
13	31,74	31,70	0,04	0,13%
14	31,49	31,70	0,21	0,66%
15	31,61	31,70	0,09	0,28%
16	31,74	31,40	0,34	1,08%
17	31,86	32,60	0,74	2,27%
18	31,80	31,00	0,80	2,58%

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

19	31,86	32,40	0,54	1,67%
20	31,80	31,70	0,10	0,32%
Jumlah				25,42%
Rata-rata				1,27%

Pada Tabel 4.6, disajikan hasil pencatatan pengukuran suhu sebanyak 20 kali. Pada kolom “No.” menunjukkan urutan pengambilan data, kemudian kolom “Sensor Suhu DS18B20 (°C)” menunjukkan nilai yang terbaca oleh sensor, sedangkan kolom “Temperature Meter (°C)” menunjukkan nilai suhu yang diukur menggunakan alat *Temperature Meter* sebagai acuan ukur yang sebenarnya. Selanjutnya, kolom “Error” menunjukkan selisih absolut antara nilai sensor suhu DS18B20 dengan nilai alat ukur acuan, yang dihitung menggunakan rumus:

$$Error = |Nilai Sensor - Nilai Sensor Meter|$$

Persentase kesalahan (% Error) dari setiap pengambilan data kemudian dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Persentase Error = \left(\frac{Error}{Nilai Sensor Standar} \right) \times 100\%$$

Nilai persentase kesalahan dari ke-20 data tersebut kemudian dijumlahkan. Hasil perhitungan menunjukkan total persentase kesalahan keseluruhan data adalah sebesar 25,42%, sehingga didapatkan nilai rata-rata persentase kesalahan sebesar 1,27%. Setelah itu, tingkat akurasi dari sensor suhu DS18B20 didapatkan dengan mengurangkan persentase kesalahan rata-rata tersebut dari nilai akurasi ideal (100%), menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$Akurasi = 100\% - (Rata - rata persentase error)$$

$$Akurasi = 100\% - (1,27\%)$$

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

$$Akurasi = 98,73\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, dapat disimpulkan bahwa nilai akurasi keseluruhan untuk sensor suhu DS18B20 adalah sebesar 98,73%.

Tabel 4.7 Hasil Uji Sensor pH

No	Sensor pH 4502C	pH Meter	Error	Error %
1	9,17	9,18	0,01	0,11%
2	9,18	9,18	0,00	0,00%
3	9,27	9,20	0,07	0,76%
4	9,19	9,18	0,01	0,11%
5	9,18	9,20	0,01	0,22%
6	9,18	9,16	0,02	0,22%
7	9,19	9,18	0,01	0,11%
8	9,18	9,18	0,00	0,00%
9	9,18	9,18	0,00	0,00%
10	9,17	9,20	0,03	0,33%
11	9,19	9,20	0,01	0,11%
12	9,18	9,17	0,01	0,11%
13	9,17	9,18	0,01	0,11%
14	8,52	9,18	0,66	7,19%
15	9,18	9,18	0,00	0,00%
16	6,90	9,17	2,34	24,75%
17	9,17	9,20	0,03	0,33%
18	9,18	9,18	0,00	0,00%
19	6,84	9,18	2,34	25,49%
20	9,19	9,18	0,01	0,11%

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

Jumlah	60,06%
Rata-rata	3,00%

Pada Tabel 4.7, disajikan hasil pencatatan pengukuran sebanyak 20 kali dalam kondisi larutan uji pH 9,18. Pada kolom “No.” menunjukkan urutan pengambilan data, kemudian kolom “Sensor pH” menunjukkan nilai yang terbaca oleh modul sensor pH, sedangkan kolom “pH Meter” menunjukkan nilai pH yang diukur menggunakan alat *pH Meter* sebagai acuan ukur yang sebenarnya. Selanjutnya, kolom “Error” menunjukkan selisih absolut antara nilai sensor pH dengan nilai alat ukur acuan, yang dihitung menggunakan rumus:

$$Error = |Nilai Sensor - Nilai Sensor Meter|$$

Persentase kesalahan (% Error) dari setiap pengambilan data kemudian dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Persentase Error = \left(\frac{Error}{Nilai Sensor Standar} \right) \times 100\%$$

Nilai persentase kesalahan dari ke-20 data tersebut kemudian dijumlahkan. Hasil perhitungan menunjukkan total persentase kesalahan keseluruhan data adalah sebesar 60,06%, sehingga didapatkan nilai rata-rata persentase kesalahan sebesar 3,00%. Setelah itu, tingkat akurasi dari sensor pH didapatkan dengan mengurangi persentase kesalahan rata-rata tersebut dari nilai akurasi ideal (100%), menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$Akurasi = 100\% - (Rata - rata persentase error)$$

$$Akurasi = 100\% - (3,00\%)$$

$$Akurasi = 97,00\%$$

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 hasil perhitungan di atas, maka dapat disimpulkan bahwa nilai akurasi keseluruhan untuk sensor pH pada pengujian kondisi tersebut adalah sebesar 97,00%.

Tabel 4.8 Hasil Uji Sensor TDS

No	Sensor TDS V1.0 (ppm)	TDS Meter (ppm)	Error	Error %
1	210,08	210,00	0,08	0,04%
2	210,08	210,00	0,08	0,04%
3	210,08	208,00	2,08	1,00%
4	213,97	213,00	0,97	0,46%
5	221,72	213,00	8,72	4,09%
6	210,08	203,00	7,08	3,49%
7	213,97	213,00	0,97	0,46%
8	210,08	196,00	14,08	7,18%
9	213,97	213,00	0,97	0,46%
10	217,85	213,00	4,85	2,28%
11	213,97	210,00	3,97	1,89%
12	210,08	208,00	2,08	1,00%
13	224,30	213,00	11,30	5,31%
14	210,08	210,00	0,08	0,04%
15	210,08	197,00	13,08	6,64%
16	210,08	210,00	0,08	0,04%
17	210,08	198,00	12,08	6,10%
18	217,85	213,00	4,85	2,28%
19	210,08	213,00	2,92	1,37%
20	210,08	200,00	10,08	5,04%



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

Jumlah	49,21%
Rata-rata	2,46%

Pada Tabel 4.8, disajikan hasil pencatatan pengukuran sebanyak 20 kali dalam kondisi normal. Pada kolom “No.” menunjukkan urutan pengambilan data, kemudian kolom “Sensor TDS (ppm)” menunjukkan nilai yang terbaca oleh sensor TDS, sedangkan kolom “TDS Meter (ppm)” menunjukkan nilai TDS yang diukur menggunakan alat TDS Meter sebagai acuan ukur yang sebenarnya. Selanjutnya, kolom “Error” menunjukkan selisih absolut antara nilai sensor TDS dengan nilai alat ukur acuan, yang dihitung menggunakan rumus:

$$Error = |Nilai Sensor - Nilai Sensor Meter|$$

Persentase kesalahan (% Error) dari setiap pengambilan data kemudian dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Persentase Error = \left(\frac{Error}{Nilai Sensor Standar} \right) \times 100\%$$

Nilai persentase kesalahan dari ke-20 data tersebut kemudian dijumlahkan. Hasil perhitungan menunjukkan total persentase kesalahan keseluruhan data adalah sebesar 49,21%, sehingga didapatkan nilai rata-rata persentase kesalahan sebesar 2,46%. Setelah itu, tingkat akurasi dari sensor TDS didapatkan dengan mengurangi persentase kesalahan rata-rata tersebut dari nilai akurasi ideal (100%), menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$Akurasi = 100\% - (Rata - rata persentase error)$$

$$Akurasi = 100\% - (2,46\%)$$

$$Akurasi = 97,54\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka dapat disimpulkan bahwa nilai akurasi keseluruhan untuk sensor TDS pada pengujian kondisi normal adalah sebesar 97,54%.

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

3. Data Hasil Pengujian Durability

Pada tabel 4.9 pengujian ini dilakukan dengan menghitung keberhasilan sensor menjalankan fungsionalitasnya selama *uptime*. Data hasil pengujian *durability* dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Hasil Uji Durability

No	Hari Ke-	Uptime (Jam)	Keberhasilan (Jam)
1	1	10	10
2	2	10	10
3	3	10	8
4	4	10	10
5	5	10	10
6	6	10	10
7	7	10	9
Total		70	67
Presentase Durability			95,71%

Berdasarkan hasil data dari pengujian yang sudah dilakukan pada tabel 4.9 dapat dilihat hasil pengujian *durability* pada sistem yang dilakukan selama 10 jam dalam sehari selama tujuh hari dengan total waktu keberhasilan 67 jam dari 70 jam *uptime* pengujian. Dari total waktu *uptime* tersebut, sistem mampu beroperasi secara baik selama 67 jam. Persentase nilai *durability* yang sudah dihitung adalah sebesar 95,71%. Angka tersebut menunjukkan bahwa sistem tersebut memiliki ketahanan yang cukup baik.

4. Data Hasil Pengujian Integrasi Sistem

Pada tabel 4.10 hasil pengujian akan dilakukan sesuai dengan prosedur pengujian integrasi sistem. Skenario yang telah dirancang sebelumnya akan

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

dijalankan, kemudian diamati dan dicatat. Setelah itu hasil pengujian akan dianalisa untuk ditentukan berhasil atau tidak, untuk lengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.10 dibawah ini.

Tabel 4.10 Data Hasil Uji Integrasi Sistem

No	Skenario Pengujian	Integrasi	Status
1	Menghubungkan ESP32 dengan sensor kualitas air (Suhu DS18B20, pH, TDS, dan Turbidity).	<pre> 15:55:30.176 -> Suhu : 31.11 TDS : 0.00 pH : 6.86 Keruh 15:55:30.207 -> Pompa: OFF AutoMode: FALSE 15:55:30.207 -> Timestamp : 2026-06-25 15:55:56 15:55:30.207 -> Status : Tidak Normal (pH air rendah) </pre>	Berhasil
2	Menghubungkan ESP32 dengan jaringan Wi-Fi.	<pre> 15:25:35.405 -> Menghubungkan ke WiFi: empatujuh... 15:25:37.026 -> SUKSES: Wi-Fi berhasil terhubung! 15:25:37.026 -> IP Address: 10.12.153.157 </pre>	Berhasil
3	Menghubungkan ESP32 dengan server Firebase	<pre> 15:25:37.899 -> Mengecek koneksi Firebase... SUKSES (HTTP 20 15:25:38.505 -> Mengirim pesan Telegram... SUKSES Terkirim </pre>	Berhasil
4	Menghubungkan ESP32 dengan Bot Telegram		Berhasil

4.4.3.2 Hasil Data Pengujian Aplikasi Mobile

Setelah serangkaian uji fungsionalitas, uji akurasi sensor, dan uji integrasi sistem pada perangkat keras selesai dilakukan, tahapan berikutnya adalah menguji fungsionalitas pada perangkat lunak, yakni aplikasi *mobile*, dengan menggunakan metode *black box testing*. Pengujian pada tahap ini bertujuan

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

untuk mengevaluasi setiap fitur yang tersedia pada aplikasi sistem monitoring kualitas air kolam renang. Dalam pemaparan hasil pengujian, kolom Fitur mendeskripsikan elemen atau fungsi spesifik yang sedang dievaluasi. Selanjutnya, kolom Pengujian menguraikan ringkasan skenario tindakan yang dilakukan terhadap fitur aplikasi tersebut. Terakhir, kolom Status mengindikasikan apakah skenario pengujian yang dijalankan tersebut dinyatakan berhasil atau gagal. Rincian lengkap mengenai hasil pengujian fungsionalitas aplikasi ini dapat dilihat pada Tabel 4.11 di bawah ini.

Tabel 4.11 Hasil Uji Fungsionalitas Aplikasi *Mobile*

No	Fitur	Pengujian	Status
1	Halaman <i>Login</i>	Melakukan <i>Login</i> dengan memasukkan <i>email</i> dan <i>password</i> , kemudian masuk ke dalam halaman <i>dashboard</i> .	Berhasil
2	Halaman Buat Akun	Pengguna mendaftarkan akun baru. Jika format <i>email</i> benar dan <i>password</i> di atas 6 karakter, akun tersimpan di <i>Firestore Authentication</i>	Berhasil
3	Halaman Lupa Password	Melakukan <i>forgot password</i> dengan memasukkan <i>email</i> untuk menerima <i>link</i> perubahan kata sandi.	Berhasil
4	Halaman Dashboard	Menampilkan informasi kualitas air kolam dan nilai 4 parameter sensor secara <i>real-time</i> .	Berhasil
5	Kontrol Kendali Pompa	Mengatur mode pompa (<i>Otomatis/Manual</i>) dan mengubah status saklar pompa secara dinamis.	Berhasil
6	Halaman Riwayat	Menampilkan informasi	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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

		daftar log pencatatan data kualitas air berkala dari database.	
7	Date Filtering	Menampilkan informasi log data kualitas air berdasarkan tanggal yang dipilih melalui <i>date picker</i> .	Berhasil
8	Fitur Logout	Melakukan <i>logout</i> untuk mengakhiri sesi pengguna dan kembali ke halaman <i>login</i> .	Berhasil

4.4.4 Analisis Data

Tahapan akhir yang dilakukan setelah melakukan pengujian adalah melakukan analisis dari hasil pengujian tersebut. Dengan analisis ini bertujuan untuk mempertimbangkan apakah sistem yang berhasil dibangun sudah sesuai dengan rancangan. Hasil analisis ini berperan sebagai referensi dalam kesimpulan dan perbaikan secara lanjutan pada sistem ini.

4.4.4.1 Analisis Data Pengujian Alat

1. Analisis Data Pengujian Fungsionalitas

Berdasarkan hasil data dari pengujian yang sudah dilakukan, dapat dilihat pada tabel 4.5 dimana pada tabel tersebut menggambarkan bahwa setiap fitur alat sistem monitoring kualitas air kolam renang sudah berjalan dengan baik sesuai harapan. Berikut hasil uji fungsionalitasnya.

$$\text{Persentase Fungsionalitas} = \frac{\text{Hasil pengujian berhasil}}{\text{Total pengujian}} \times 100\%$$

$$\text{Persentase Fungsionalitas} = \frac{4}{4} \times 100\%$$

Setelah dilakukan perhitungan dari hasil uji fungsionalitas alat, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa Tingkat keberhasilan pada pengujian fungsionalitas alat adalah sebesar 100%.

2. Analisis Data Pengujian Akurasi

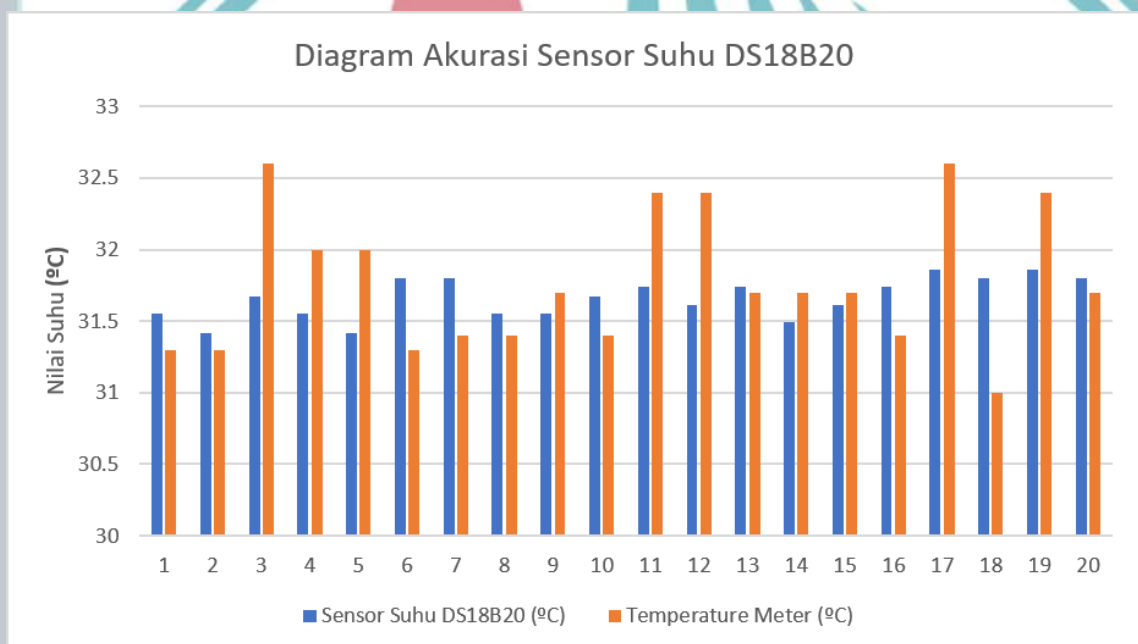
a. Data Hasil Pengujian Akurasi Sensor Suhu



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

Pengujian akurasi sensor suhu DS18B20 telah dilakukan sebanyak 20 kali pada kondisi suhu normal. Dari hasil pengujian, hasil pembacaan sensor variatif dengan error tertinggi terjadi pada percobaan ke-3 sebesar $0,93^{\circ}\text{C}$. Total persentase error adalah 25,40% dari 20 kali percobaan, sehingga mendapatkan nilai rata-rata error sebesar 1,27%. Dari rata-rata persentase error ini, diperoleh hasil tingkat akurasi sensor suhu dalam keadaan normal sebesar 98,73%.



Gambar 4.21 Diagram Akurasi Sensor Suhu DS18B20

Pada gambar 4.21 menampilkan penyajian data visual berupa diagram batang dari data akurasi sensor suhu DS18B20. Balok vertikal menunjukkan nilai suhu ($^{\circ}\text{C}$). Sedangkan horizontal menunjukkan jumlah percobaan pada pengujian. Diagram batang berwarna biru merupakan hasil pembacaan sensor suhu DS18B20, sedangkan pada diagram batang berwarna jingga merupakan nilai dari Temperature Meter.

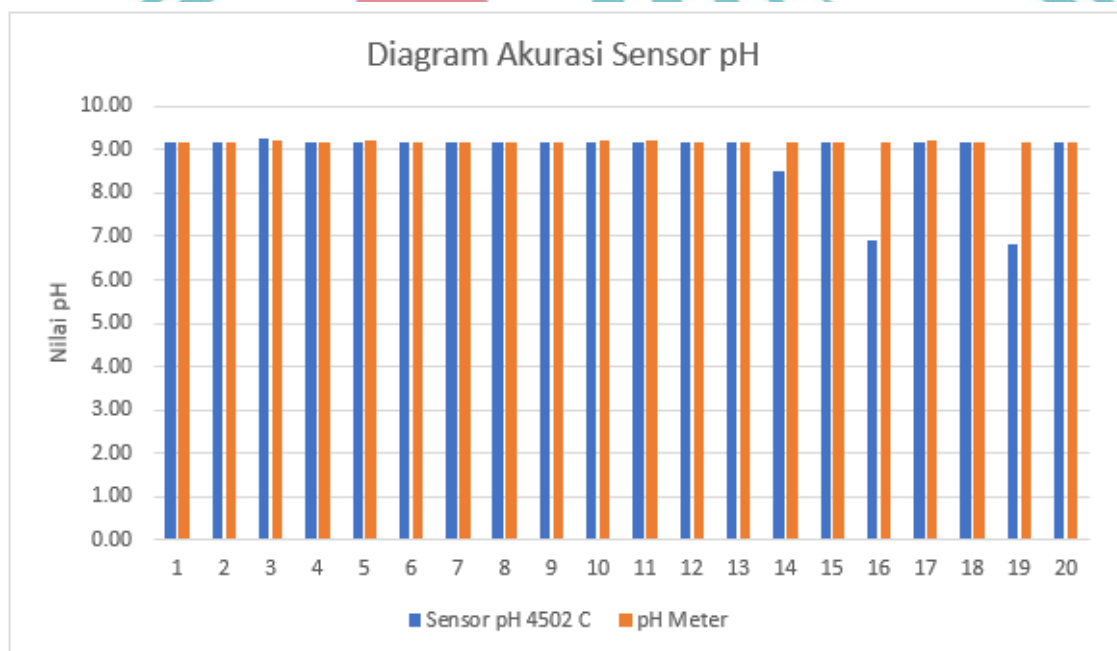
- b. Data Hasil Pengujian Akurasi Sensor pH 4502C



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 akurasi sensor pH 4502C telah dilakukan sebanyak 20 kali pada kondisi nilai pH 9,18. Dari hasil pengujian, hasil pembacaan sensor variatif dengan error tertinggi terjadi pada percobaan ke-14, 16, dan 19 masing-masing sebesar 0,66, 2,27, dan 2,34. Total persentase error adalah 60,06% dari 20 kali percobaan, sehingga mendapatkan nilai rata-rata error sebesar 3,00%. Dari rata-rata persentase error ini, diperoleh hasil tingkat akurasi sensor pH dalam keadaan normal sebesar 97,00%.



Gambar 4.22 Diagram Akurasi Sensor pH

Pada gambar 4.22 menampilkan penyajian data visual berupa diagram batang dari data akurasi sensor pH 4502C. Balok vertikal menunjukkan nilai pH. Sedangkan horizontal menunjukkan jumlah percobaan pada pengujian. Diagram batang berwarna biru merupakan hasil pembacaan sensor pH 4502C, sedangkan pada diagram batang berwarna jingga merupakan nilai dari pH Meter.

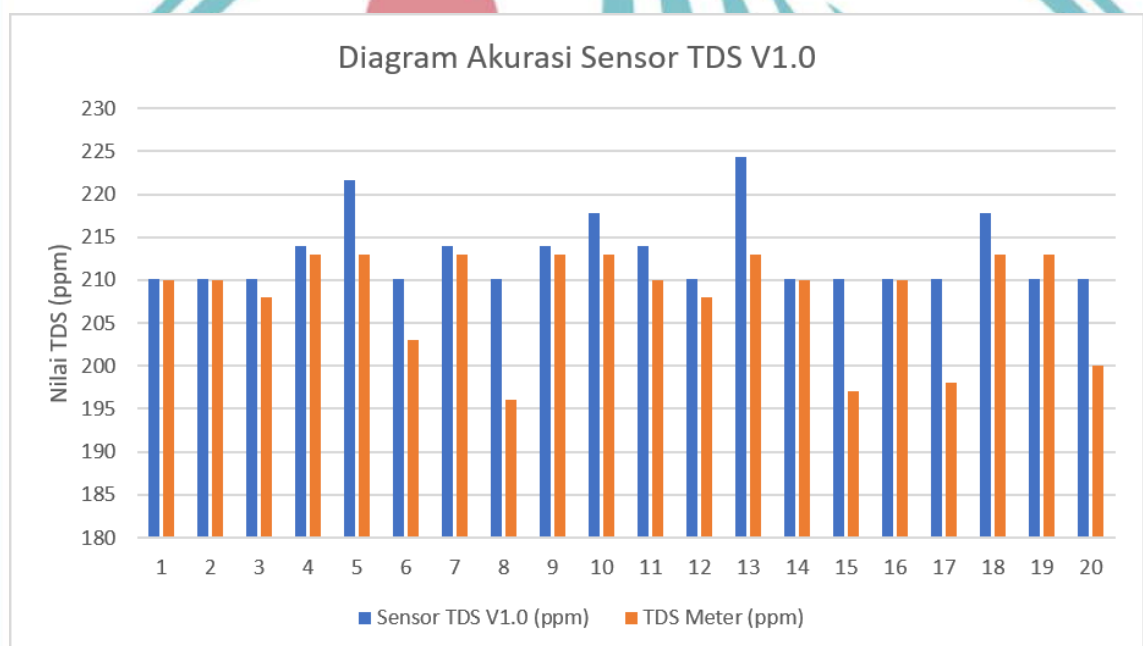
- c. Data Hasil Pengujian Akurasi Sensor TDS V1.0



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

Pengujian akurasi sensor TDS V1.0 telah dilakukan sebanyak 20 kali pada kondisi normal. Dari hasil pengujian, hasil pembacaan sensor variatif dengan error tertinggi terjadi pada percobaan ke-8 sebesar 14,08. Total persentase error adalah 49,18% dari 20 kali percobaan, sehingga mendapatkan nilai rata-rata error sebesar 2,46%. Dari rata-rata persentase error ini, diperoleh hasil tingkat akurasi sensor TDS V1.0 dalam keadaan normal sebesar 97,54%.



Gambar 4.23 Diagram Akurasi Sensor TDS V1.0

Pada gambar 4.23 menampilkan penyajian data visual berupa diagram batang dari data akurasi sensor TDS V1.0. Balok vertikal menunjukkan nilai TDS (ppm). Sedangkan horizontal menunjukkan jumlah percobaan pada pengujian. Diagram batang berwarna biru merupakan hasil pembacaan sensor TDS V1.0, sedangkan pada diagram batang berwarna jingga merupakan nilai dari TDS Meter.

3. Analisis Data Pengujian Durability



© 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

Berdasarkan hasil data dari pengujian yang sudah dilakukan pada tabel 4.9 dapat dilihat hasil pengujian *durability* pada sistem yang dilakukan selama 10 jam dalam sehari selama tujuh hari dengan total waktu keberhasilan 67 jam dari 70 jam *uptime* pengujian. Dari total waktu *uptime* tersebut, sistem mampu beroperasi secara baik selama 67 jam. Persentase nilai *durability* yang sudah dihitung adalah sebesar 95,71%. Angka tersebut menunjukkan bahwa sistem tersebut memiliki ketahanan yang cukup 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

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pemantauan kualitas air kolam renang berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan ESP32, aplikasi *mobil*, dan Firebase. Permasalahan utama yang diselesaikan adalah sulitnya menjaga dan memantau parameter ideal air kolam renang secara manual dan berkala, sehingga diperlukan sistem otomatisasi pemantauan parameter suhu, pH, TDS (*Total Dissolved Solids*), dan kekeruhan (*turbidity*) serta kendali pompa/filtrasi secara *real-time*.

Berdasarkan hasil perancangan dan serangkaian pengujian data yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Penelitian ini berhasil mengimplementasikan sistem monitoring kualitas air menggunakan mikrokontroler ESP32 beserta empat sensor utama. Dari hasil pengujian, sensor suhu DS18B20 menunjukkan tingkat akurasi mencapai 98,73% dengan rata-rata persentase kesalahan sebesar 1,27%, sensor pH 4502C mencapai akurasi 97,00% dengan rata-rata persentase kesalahan 3,00%, dan sensor TDS V1.0 menunjukkan akurasi 97,54% dengan rata-rata persentase kesalahan 2,46%. Sementara itu, pengujian *durability* sistem secara keseluruhan memperoleh persentase sebesar 95,71%.
2. Pengujian aplikasi *mobile* diuji menggunakan metode *black box testing*. Pengujian ini berfokus pada fungsionalitas aplikasi. Setiap fitur dan halaman telah diuji dan menghasilkan kesimpulan bahwa setiap fitur dan halaman pada aplikasi sistem monitoring kualitas air serta pengendalian pompa kolam renang berfungsi dengan baik.
3. Telegram Bot dapat memberikan notifikasi peringatan kepada pemilik atau pengelola kolam renang ketika nilai pembacaan sensor air melebihi atau berada di luar batas parameter yang sudah ditetapkan.



© 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

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat dilakukan pada penelitian selanjutnya, antara lain:

1. Pada alat disarankan untuk menambahkan sensor klorin (*Free Chlorine Sensor*). Hal ini bertujuan agar sistem dapat memantau kadar desinfektan di dalam air kolam renang secara *real-time*, mengingat klorin merupakan bahan kimia utama yang sangat penting fungsinya untuk membunuh bakteri, mencegah pertumbuhan alga, dan menjaga standar kebersihan air kolam renang.





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

- Aldi Lumbantobing, D., Halomoan Parluhutan Hutagalung, M., Erawati, S., Artikel Abstrak, I., & Author, C. (2022). Pengaruh kadar pH air kolam renang terhadap kesehatan rongga mulut atlet renang. *Prima Journal of Oral and Dental Sciences*, 5(2), 69–74. <https://doi.org/10.34012/primajods.v5i2.2822>
- Ali Hassan, M. K., Mohd Shukri, M. N., Ahmad Saad, F. S., Sudin, S., Basaruddin, K. S., Aziz Safar, M. J., Basah, S. N., Yazid, H., Mat Som, M. H., & Long, Z. (2025). IoT-Based Water Quality Monitoring System for Swimming Pool. *International Journal of Integrated Engineering*, 17(2). <https://doi.org/10.30880/ijie.2025.17.02.019>
- Anggraini, N., & Rosyadi, T. (2021). SISTEM MONITORING KUALITAS AIR KOLAM RENANG MENGGUNAKAN MIKROKONTROLLER NODEMCU ESP8266 DAN CAYENNE. *Jurnal Ilmiah FIFO*, 13(2), 191. <https://doi.org/10.22441/fifo.2021.v13i2.008>
- Armansyah, R., Harahap, R. M., Mandi, B., Arduino, B., Armansyah, U., Harahap, R., & Zega, R. M. (2023). Pembuatan Alat Control Suhu Air di Dalam. In *Journal of Electrical Technology* (Vol. 8, Number 2).
- Candradewani, B. L., Indriyanto, S., & Permatasari, I. (2025). Sistem Monitoring Kelembapan Media Tanam Aglaonema SP Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal SINTA: Sistem Informasi Dan Teknologi Komputasi*, 2(3). <https://doi.org/10.61124/sinta.v2i3.60>
- Chuzaini, F., Studi Fisika, P., Fisika, J., & Negeri Surabaya, U. (2022). IoT MONITORING KUALITAS AIR DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR SUHU, pH, DAN TOTAL DISSOLVED SOLIDS (TDS). In *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)* (Vol. 11).
- Eizairy, W. M., Yusri, W. M., & Mohamed, Z. (n.d.). *IOT BASED WATER QUALITY MONITORING SYSTEM AND TEST FOR SWIMMING POOL WATER PHYSICOCHEMICAL QUALITY*.
- Ervianto, E., Marpaung, N. L., Purnomo, K. D., Azmi, K., Hutabarat, S., Amri, R., Sari, L. O., & Sari, I. M. (2026). *Internet Network Monitoring in Oil*



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

- Palm Irrigation Using MQTT Based on QoS Parameters*. 18(2), 245–260.
<https://doi.org/10.22303/csrid.18.2.2026.245-260>
- Fikriyyah Salim, S., Sulistyorini, L., Kesehatan Masyarakat, F., & Airlangga, U. (2025). *ANALISIS KUALITAS LINGKUNGAN KOLAM RENANG ARAYA FAMILY CLUB, KOTA SURABAYA*. 6(1).
- Harjuno, N., Sari, Z., & Hakim, L. (2025). Perancangan Alat Monitoring Kelayakan Air Kolam Renang Dengan Mikrokontroler Berbasis Website. *REPOSITOR*, 7(2), 219–234.
- I.D. Alim, W. (2023). Evaluasi Kualitas Sanitasi dan Keamanan Kolam Renang X, Kota Ternate. *Banua: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 3(2), 68–73.
<https://doi.org/10.33860/bjkl.v3i2.4063>
- Juliyanto, F., Widyawati, L., Marzuki, K., & Made Yadi Dharma, I. (2025). IMPLEMENTASI CHATBOT PADA TELEGRAM UNTUK MENDETEKSI SPAM MENGGUNAKAN METODE XGBOOST. *Jurnal Manajemen Informatika & Sistem Informasi (MISI)*, 8(2).
<https://doi.org/10.36595/misi.v5i2>
- Lestari, A., & Zafia, A. (n.d.). PENERAPAN SISTEM MONITORING KUALITAS AIR BERBASIS INTERNET OF THINGS. In *Journal Informatic and Information Technology* (Vol. 1, Number 1).
- Luthfansa, Z. M., & Rosiani, U. D. (n.d.). *Pemanfaatan Wireshark untuk Sniffing Komunikasi Data Berprotokol HTTP pada Jaringan Internet*.
- Nulhakim, L., Kristiadi, D. P., Pasaribu, A., & Kom, M. (n.d.-a). *IMPLEMENTASI SISTEM INFORMASI PEMBAGIAN TUGAS KERJA BERBASIS ANDROID MENGGUNAKAN FLUTTER PADA CV. KRISTAL ESTU MAKARYO*. Retrieved <https://sintek.stmikku.ac.id/index.php/home>
- Oktivasari, P., Pasai, M. W. S., Mustofa, M., Royhan, R., & Kurniawan, A. (2024). Nutrition, pH, Temperature, and Humidity Monitoring Hydroponics System based on Android. *Jurnal Elektronika Dan Telekomunikasi*, 24(1), 31. <https://doi.org/10.55981/jet.585>
- Pengabdian, J., Masyarakat, K., Tampubolon, K., Abstrak, I. A., & Kunci, K. (2023). *Copyright@2023, ORAHUA, Hlm | 24 Pelatihan Pengenalan Dasar*

Bahasa Dart Dalam Pemograman OOP.

<https://jurnal.faatuatua.com/index.php/ORAHUA>

PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA. (n.d.).

Pratama, A. E., Wisnu Brata, D., & Farisi, H. (2023). *Implementasi Monitoring Kegiatan Harian Anggota Yayasan Idea Masyarakat Berdaya dalam Menjaga Rutinitas Ibadah dengan Rekayasa Perangkat Lunak dan Mobile* (Vol. 7, Number 7). <http://j-ptiik.ub.ac.id>

Putri, A. S., Eviyanti, A., & Hindarto, H. (2023). Rancang Bangun Aplikasi E-Commerce Berbasis Android Pada Toko Suryamart Menggunakan Framework Flutter. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, 5(3), 257–265. <https://doi.org/10.47233/jteksis.v5i3.851>

Riza, N., Rahayu, W. I., & Syadewo, R. B. (n.d.-a). Pembangunan Presensi Kepegawaian Rumah Sakit Berbasis Android Pada Rumah Sakit Umum Avisena. In *Jurnal Teknik Informatika* (Vol. 15, Number 2).

Riza, N., Rahayu, W. I., & Syadewo, R. B. (n.d.-b). Pembangunan Presensi Kepegawaian Rumah Sakit Berbasis Android Pada Rumah Sakit Umum Avisena. In *Jurnal Teknik Informatika* (Vol. 15, Number 2).

Robiyanto, R., Subakti, T., & Anis Al Hilmi, M. (n.d.). *Rancang Bangun Pakan Ikan Otomatis dan Kontroling Suhu Serta Monitoring pH Air Berbasis IoT*. <https://doi.org/10.37817/ikraith-informatika.v9i1>

Sugiyatno. (n.d.). Pengiriman Informasi Real Time Menggunakan Teknologi Database Firebase pada Aplikasi Mobile Android Abstrak (Bahasa Indonesia). In *Bisnis dan Manajemen* (Vol. 21, Number 2).

Yakuni, A., Komputer, P. S., Teknologi, F., Desain, D., Teknologi, I., Bisnis, D., & Malang, A. (n.d.). *Pemanfaatan Sensor DS18B20 Sebagai Pemantau Suhu Air untuk Spa Wellness Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani*.

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



Achmad Zahran Zakiyyansyah

Lahir di Jakarta, 02 Juni 2003. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara, dari pasangan Jaya Perkasa dan Dian Sukmarini. Penulis memasuki pendidikan formal di SD Negeri Pasir Gunung Selatan 2 pada tahun 2009. Kemudian melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 8

Depok pada tahun 2015. Selanjutnya melanjutkan pendidikan atas di SMA Negeri 13 Depok pada tahun 2019. Setelah itu pada tahun 2022, 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 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

Lampiran 1 - Surat Pengantar Pengambilan Data



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

Jalan Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425
Telepon (021) 7270036, Hunting, Fax (021) 7270034
Laman: <http://www.pnj.ac.id> Posel: humas@pnj.ac.id

Nomor : 584/DST/PL3.12/B/KM.07.00/2026
Perihal : Permohonan Izin Observasi

29 Mei 2026

Kepada Yth.

Kolam Renang Tirta Asri

Jl. Gandaria I, Ratu Jaya, Kec. Cipayung, Kota Depok, Jawa Barat 16439

Dengan hormat,

Sehubungan dengan mata kuliah Skripsi yang dilaksanakan pada semester 8 (delapan) Program Studi Teknik Multimedia dan Jaringan Jurusan Teknik Informatika dan Komputer Politeknik Negeri Jakarta. Dengan ini kami mohon kesediaan Bapak/Ibu agar dapat mengizinkan mahasiswa kami untuk melakukan observasi di **Kolam Renang Tirta Asri** dengan judul penelitian "Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam Renang Berbasis IoT".

Tugas mata kuliah ini bertujuan untuk menambah wawasan terkait dengan aplikasi teori yang sudah dipelajari di Kampus dengan kondisi lapangan sebagai wadah pembelajaran dan penambah informasi mengenai mata kuliah tersebut. Adapun berikut adalah nama mahasiswa kami:

No.	Nama dan Nim	Semester/ Program Studi	Nomor Telepon dan Email	Tujuan Observasi
1	Achmad Zahran Zakiyyansyah 2207421014	8 / Teknik Multimedia dan Jaringan	08563566522 achmad.zahran.zakiyyansyah.tik22@pnj.ac.id	Ingin mengetahui data-data penunjang dan wawancara untuk Skripsi

Demikian surat ini kami buat, atas perhatian dan kerjasama Bapak/Ibu kami ucapkan terima kasih.



Ketua Jurusan,

Dr. Anita Hidayati, S.Kom., M.Kom.
NIP. 197908032003122003

Tembusan :

1. Direktur;
2. Wakil Direktur Bidang Akademik;
3. Kepala Bagian Keuangan dan Umum
4. Kasubbag. Umum 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 2 - Surat Balasan dari Kolam Renang



KOLAM RENANG TIRTA ASRI
Jl. Gandaria I, Ratu Jayam Kec. Cipayung, Kota Depok, Jawa Barat 16439

SURAT KETERANGAN Nomor :138/SK-TA/V/2026

Perihal : Balasan Permohonan Izin Observasi

Dengan Hormat,

Sehubungan dengan surat permohonan dengan No. 584/DST/PL3.12/B/KM.07.00/2026 perihal permohonan izin observasi, dengan ini kami menginformasikan bahwa menerima mahasiswa atas nama Achmad Zahran Zakiyyansyah untuk melaksanakan observasi di Kolam Renang Tirta Asri.

Demikian surat balasan izin observasi ini kami sampaikan, kami ucapkan terimakasih.

Depok, 30 Mei 2026

Teguh Widodo



© 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 3 - Dokumentasi Wawancara



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 4 - Lembar Wawancara

Narasumber : Pak Teguh Widodo

Tanggal Wawancara : 30 Mei 2026

No	Pertanyaan	Jawaban
1	Bagaimana biasanya perawatan kolam renang dilakukan?	Perawatan kolam renang dilakukan dengan menggunakan kaporit, PAC (Poly Aluminium Chloride), dan soda ash dengan komposisi yang disesuaikan, hingga nilai klorin 0,2 dan pH 6,5 - 6,8.
2	Bagaimana cara mengetahui kondisi atau kualitas air kolam renang tersebut?	Menggunakan alat tes kit untuk melihat nilai klorin dan pH air.
3	Seberapa sering pengecekan atau perawatan kolam renang dilakukan?	Pengecekan dilakukan hanya ketika mau memberi obat saja, sekiranya dilihat kolam sudah terlihat keruh.
4	Apakah perawatan kolam dilakukan berdasarkan jadwal tertentu atau menyesuaikan kondisi air?	Perawatan dilakukan menyesuaikan gimana kondisi air. Kadang seminggu bisa 2 kali atau hanya 1 kali.
5	Apakah kendala yang dialami dalam merawat dan menjaga kualitas air kolam renang?	Perubahan cuaca seperti hujan deras yang dapat mengubah pH dan kejernihan air, karena kolam renang outdoor. Dan juga masalah pada sistem filtrasi, seperti filter tersumbat atau pompa tidak bekerja optimal.



© 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 5 - Dokumentasi Pengambilan Data

