

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air bersih merupakan kebutuhan fundamental bagi masyarakat yang sistem distribusinya dikelola secara profesional oleh penyedia layanan air bersih. Dalam menjamin kekeruhan layanan, air yang disalurkan kepada konsumen harus mematuhi standar parameter fisik dan kimia yang ketat demi menjaga keamanan konsumsi (Axiotidis et al., 2025). Parameter kritis seperti tingkat kekeruhan (*turbidity*), derajat keasaman (pH), dan suhu bukan sekadar *representasi* data numerik, melainkan indikator utama dalam menentukan kelayakan air minum serta memitigasi risiko kesehatan bagi masyarakat luas.

Pengelolaan sumber daya air memegang peranan strategis, terutama bagi PDAM Waduk Darma sebagai penyedia layanan utama di wilayah sekitarnya. Namun, pada praktiknya, proses pengecekan kekeruhan air di PDAM Waduk Darma saat ini masih dilakukan secara manual dan periodik, sehingga data yang dihasilkan tidak bersifat *real-time*. Kondisi ini menyebabkan adanya jeda waktu yang signifikan, di mana *fluktuasi* kekeruhan air yang terjadi di luar jam pemantauan rutin menjadi sulit terdeteksi secara cepat. Pengukuran manual dan pencatatan data secara konvensional ini memiliki risiko kesalahan manusia (*human error*) yang tinggi, baik dalam pembacaan alat ukur maupun dalam proses pelaporan data ke unit terkait, yang dapat menghambat respon terhadap perubahan kekeruhan air secara mendadak.

Permasalahan krusial muncul ketika kekeruhan air baku di Waduk Darma menurun secara tiba-tiba, misalnya akibat peningkatan intensitas hujan yang memicu lonjakan kekeruhan. Mekanisme pemantauan berkala sering kali terlambat mendeteksi perubahan ini, sehingga berisiko pada tersalurnya air yang tidak layak ke konsumen. Secara teknis, implementasi sistem monitoring digital di lapangan juga menghadapi tantangan tersendiri. karakteristik sensor pH dan *turbidity* sering kali rentan terhadap gangguan sinyal (*noise*), sehingga akurasinya dapat menurun drastis jika tidak disertai prosedur kalibrasi yang rutin (Yaakob et al., 2024). Tanpa

adanya sistem evaluasi yang terintegrasi dan validasi data yang akurat, pihak pengelola akan kesulitan dalam mengambil keputusan cepat untuk melakukan mitigasi.

Untuk menjembatani kesenjangan tersebut, diperlukan pembaruan teknologi melalui sistem pemantauan berbasis *Internet of Things* (IoT). Melalui kerangka IoT, parameter air dapat diawasi secara *real-time* dan informasinya dapat diakses melalui perangkat seluler secara efisien (Axiotidis et al., 2025). Rancangan sistem ini mengedepankan aspek validasi data melalui tahap kalibrasi sensor menggunakan larutan standar sebagai acuan presisi. Selain itu, manajemen transmisi data ke *server* diatur secara optimal untuk menjamin stabilitas penyimpanan data jangka panjang, namun tetap sigap dalam mengirimkan peringatan ketika terjadi ketidaksesuaian nilai parameter yang signifikan.

Pusat kendali cerdas dalam sistem ini digerakkan oleh algoritma *Fuzzy Logic*, yang berfungsi untuk memproses *variabel* lingkungan yang kompleks secara lebih objektif. Dibandingkan dengan sistem kontrol sederhana, metode ini jauh lebih andal dalam menentukan status kelayakan air karena mampu mengakomodasi ketidakpastian data fisis (Priya & Kumaravel, 2024). Melalui mekanisme fuzzifikasi, pengolahan himpunan aturan (*rule base*), dan defuzzifikasi, sistem dapat menyimpulkan hasil akhir dengan tingkat presisi yang tinggi (Jayaraman et al., 2025). Integrasi antara variabel pH, kekeruhan, dan suhu memungkinkan sistem untuk memberikan klasifikasi status kekeruhan air secara *holistik*, mulai dari kategori "Aman", "Waspada", hingga "Bahaya" demi menjamin perlindungan bagi konsumen.

Studi mengenai otomasi pemantauan kekeruhan air terus mengalami perkembangan, sebagaimana penelitian oleh (Jayaraman et al., 2025) untuk area danau serta (Nuangpirom et al., 2025) yang menitikberatkan pada prediksi berbasis perangkat *edge*. Kebaruan dalam penelitian ini terletak pada penggabungan validasi data sensor hasil kalibrasi dengan mekanisme *Early Warning System* (EWS) yang diintegrasikan melalui Aplikasi Android menggunakan algoritma *Fuzzy Logic*. Selain itu, penyediaan visualisasi grafik tren harian serta mingguan memberikan

kemudahan bagi pihak pengelola dalam melakukan langkah mitigasi yang lebih terukur dan transparan.

Dalam penelitiannya (Lokman et al., 2025) telah membuktikan keandalan logika *Fuzzy* untuk memantau kekeruhan air, hanya saja sistem tersebut dinilai masih kurang dalam hal respons terhadap situasi darurat. Sementara itu, studi oleh (Villalta et al., 2024) lebih menitikberatkan pada teknis pengiriman data jarak jauh untuk keperluan irigasi. Letak perbedaan atau kebaruan pada penelitian ini yaitu adanya penggabungan antara sistem monitoring dengan fitur *Early Warning System* (EWS) yang diintegrasikan langsung ke dalam Aplikasi Android. Berbeda dengan pendekatan sebelumnya, sistem ini menyatukan akurasi data hasil kalibrasi dengan pengambilan keputusan cerdas yang diselaraskan terhadap standar mutu air bersih di lokasi penelitian.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan rancang bangun sistem monitoring kekeruhan air berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan integrasi algoritma *Fuzzy Logic*. Adanya fitur *Early Warning System* (EWS) pada aplikasi memungkinkan sistem memberikan respons instan terhadap perubahan parameter air yang terdeteksi secara *real-time*. Melalui pendekatan ini, data sensor ditransformasikan menjadi informasi status air yang akurat demi keamanan konsumen. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini diberi judul: **“Rancang Bangun Sistem Monitoring Tingkat Kekeruhan Air di PDAM Berbasis IoT Menggunakan Fuzzy Logic”**.

1.2 Identifikasi Masalah

Dari latar belakang yang telah dijelaskan, dapat diidentifikasi bahwa proses pengecekan kekeruhan air (khususnya kekeruhan, pH, dan suhu) di PDAM Waduk Darma masih dilakukan secara manual atau periodik, sehingga data yang dihasilkan tidak bersifat *real-time* dan rentan terhadap keterlambatan penanganan jika terjadi perubahan kekeruhan air secara mendadak. Pengukuran manual dan pencatatan data secara *konvensional* memiliki risiko kesalahan manusia (*human error*) yang tinggi, baik dalam pembacaan alat ukur maupun dalam proses pelaporan data ke unit

terkait. Oleh karena itu, diperlukan transformasi sistem monitoring digital yang mengintegrasikan validasi sensor dengan logika pengambilan keputusan cerdas.

Berikut beberapa permasalahan yang telah diidentifikasi:

1. Petugas PDAM mengalami kesulitan dalam memantau tingkat kekeruhan air secara *real-time*, karena proses pengukuran kekeruhan air masih dilakukan secara berkala dan sebagian masih bergantung pada pengamatan manual.
2. Petugas PDAM memerlukan waktu yang relatif lama untuk mengetahui perubahan tingkat kekeruhan air, sehingga penanganan terhadap kondisi air yang tidak memenuhi standar kekeruhan sering terlambat dilakukan.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang sistem monitoring kekeruhan air berbasis *Internet of Things* (IoT) yang terintegrasi dengan aplikasi Android untuk memantau parameter pH, suhu, dan kekeruhan secara *real-time* serta mengatasi ketiadaan data *historis* melalui sistem penyimpanan data yang terstruktur?
2. Bagaimana mengimplementasikan algoritma *Fuzzy Logic* dan fitur *Early Warning System* (EWS) pada sistem untuk menghasilkan klasifikasi status air yang akurat serta memberikan notifikasi peringatan dini melalui aplikasi?

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi masalah, dan rumusan masalah, penelitian ini memiliki batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan secara spesifik pada sistem distribusi air di PDAM Waduk Darma sebagai lokasi pengambilan data dan pengujian alat.
2. Parameter kualitas air yang digunakan meliputi tingkat kekeruhan (NTU), pH, dan suhu. Penentuan ambang batas mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023, yaitu kekeruhan maksimum 5 NTU, pH 6,5–8,5, dan suhu tidak menyimpang lebih dari $\pm 3^{\circ}\text{C}$

terhadap suhu lingkungan. Untuk keperluan proses klasifikasi menggunakan metode *Fuzzy Mamdani*, nilai tersebut kemudian dikembangkan menjadi tiga kategori linguistik, yaitu Aman, Waspada, dan Bahaya.

3. Sistem menggunakan mikrokontroler ESP8266 sebagai pusat kendali dan pengirim data melalui jaringan *internet* (IoT).
4. Algoritma *Fuzzy Logic* digunakan khusus untuk menentukan status kelayakan air ke dalam tiga kategori, yaitu: Aman, Waspada, dan Bahaya.
5. Fitur *Early Warning System* (EWS) hanya mengirimkan notifikasi peringatan melalui aplikasi android kepada pihak pengelola.
6. Proses validasi data dilakukan melalui tahap kalibrasi sensor menggunakan cairan standar (larutan buffer pH dan larutan standar NTU) untuk memastikan akurasi pembacaan.
7. Aplikasi monitoring dikembangkan sebagai platform berbasis Android dengan spesifikasi sistem operasi minimal Android 8.0 (Oreo) untuk menjamin fungsionalitas *fitur* grafis dan notifikasi.

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Merancang dan membangun sistem monitoring kekeruhan air berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu mengintegrasikan sensor *turbidity*, pH, dan suhu dengan aplikasi Android untuk pemantauan secara *real-time*.
2. Mengimplementasikan algoritma *Fuzzy Logic* sebagai metode pengambilan keputusan status air dan fitur *Early Warning System* (EWS) melalui aplikasi Android untuk memberikan peringatan dini yang akurat kepada pihak pengelola.

1.6 Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknologi informasi, khususnya dalam mengintegrasikan teknologi *Internet of Things* (IoT) dengan algoritma

Fuzzy Logic sebagai metode pengambilan keputusan cerdas. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi referensi akademik dan dasar pengembangan bagi studi selanjutnya yang berkaitan dengan rancang bangun *prototipe* sistem monitoring kekeruhan air otomatis dan sistem peringatan dini berbasis platform Android.

2. Manfaat Praktis

1. Bagi Peneliti

Sebagai sarana untuk mengasah keahlian teknis dalam mengintegrasikan berbagai komponen elektronik seperti sensor pH, kekeruhan (*turbidity*), dan suhu ke dalam mikrokontroler berbasis IoT. Selain itu, penelitian ini memberikan pemahaman mendalam mengenai penerapan logika *fuzzy* dalam pemecahan masalah pengambilan keputusan otomatis serta pengembangan antarmuka pengguna pada platform Android.

2. Bagi PDAM Waduk Darma Kuningan

Menyediakan *prototipe* alat bantu monitoring yang efisien dan akurat untuk meningkatkan kekeruhan pengawasan air secara *real-time*, serta membantu mempercepat respon mitigasi melalui sistem peringatan dini jika terjadi penurunan kekeruhan atau ketidaksesuaian pada parameter kekeruhan air.