

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ketersediaan air bersih memiliki peran yang sangat penting dalam berbagai aspek kehidupan, mencakup kesehatan masyarakat, keberlangsungan sektor industri, serta keseimbangan ekosistem lingkungan. Berbagai faktor telah menyebabkan menurunnya kualitas dan ketersediaan air bersih, termasuk pencemaran akibat limbah domestik dan industri, serta dampak dari perubahan iklim yang semakin tidak menentu. Berdasarkan laporan Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB), sekitar 2 miliar orang di seluruh dunia tidak mendapatkan akses air minum yang layak, sementara sekitar 3,6 miliar jiwa kekurangan akses ke sanitasi yang dikelola dengan aman. Selain itu, sekitar 2,3 miliar orang saat ini tinggal di negara-negara yang mengalami kelangkaan air, yang dapat mempengaruhi ketersediaan dan akses terhadap air [1]

Di Indonesia, kualitas air sungai sebagai sumber utama air baku mengalami penurunan akibat meningkatnya aktivitas industri, curah hujan tinggi, serta pembuangan limbah domestik yang tidak terkelola dengan baik. Peningkatan polusi ini memperburuk kualitas air baku, terutama di daerah perkotaan, sehingga menurunkan standar kualitas air untuk keperluan rumah tangga, industri, dan pertanian[2] [3]. Permasalahan ini semakin kompleks karena pengolahan air bersih di Indonesia, terutama di wilayah pedesaan, masih banyak dilakukan secara manual tanpa kontrol otomatisasi. Metode konvensional seperti filtrasi pasir dan sedimentasi sederhana sering kali tidak mampu mengatasi parameter kritis seperti tingginya zat besi (Fe), kekeruhan, dan pH yang tidak stabil. Penerapan teknologi filtrasi sederhana terbukti dapat meningkatkan kualitas air, namun masih terdapat kebutuhan mendesak untuk mengembangkan sistem yang lebih efektif dan efisien guna memastikan air layak konsumsi [4]

Kualitas air bersih sangat ditentukan oleh parameter fisik dan kimia, di antaranya pH dan kekeruhan. Parameter ini krusial karena berpengaruh pada keamanan dan efektivitas proses pengolahan air. Air dengan pH tidak stabil dapat menyebabkan korosi pada infrastruktur perpipaan dan mengurangi efektivitas bahan kimia dalam proses koagulasi, serta berdampak negatif terhadap ekosistem perairan [2]. Selain itu, tingkat kekeruhan air mencerminkan jumlah partikel tersuspensi yang dapat mengandung mikroorganisme patogen. Air dengan kekeruhan tinggi memerlukan proses pengolahan yang presisi untuk memastikan keamanan bagi masyarakat

Salah satu metode utama dalam pengolahan air bersih adalah proses koagulasi menggunakan tawas (*aluminium sulfate*) untuk mengendapkan partikel tersuspensi. Efektivitas proses ini sangat dipengaruhi oleh dosis koagulan, nilai pH, serta tingkat kekeruhan awal air baku. Dosis tawas yang berlebihan tidak hanya meningkatkan biaya operasional, tetapi juga berpotensi meninggalkan residu aluminium yang berbahaya bagi kesehatan. Oleh sebab itu, pengendalian dosis koagulan perlu dilakukan secara terukur. Sistem otomatisasi berbasis sensor pH dan kekeruhan dapat menentukan dosis tawas yang optimal, sehingga meningkatkan efisiensi dan mengurangi limbah kimia [5]

Perkembangan teknologi telah memungkinkan penggunaan sensor untuk memantau kualitas air secara *real-time*. Sensor pH dan kekeruhan memberikan respons cepat terhadap perubahan parameter air, memungkinkan tindakan korektif yang lebih efisien dibandingkan metode konvensional [6]. Pengendalian otomatis ini dapat dicapai melalui penggunaan *Programmable Logic Controller* (PLC). PLC memiliki keunggulan dalam kecepatan respon, fleksibilitas pengaturan, dan kemampuan integrasi dengan berbagai sensor untuk mengontrol dosis tawas serta mengoptimalkan proses filtrasi dan sedimentasi [5]

Penelitian terdahulu oleh Sidebang & Prasetyo menunjukkan bahwa sistem otomatisasi berbasis PLC pada PDAM Tirtauli mampu meningkatkan efisiensi pengolahan air dan mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual [8]. Studi lain oleh Sharghi *et al.* mengevaluasi sistem elektrokoagulasi berbasis sensor, meskipun masih memiliki tantangan biaya investasi awal [9]. Mengacu pada potensi

teknologi tersebut, penelitian ini telah mengembangkan sistem otomatisasi berbasis PLC yang dirancang untuk mengontrol dosis tawas guna menghindari penggunaan berlebihan yang berdampak negatif terhadap kualitas air. Sistem ini dirancang untuk secara dinamis menyesuaikan kondisi air yang beragam [10].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini telah merealisasikan perancangan dan pembuatan prototipe *Water Treatment Plant* (WTP) dengan sistem kendali otomatis berbasis PLC. Sistem ini berfungsi mengontrol dosis tawas secara *real-time* menggunakan input dari sensor pH dan sensor kekeruhan. Penerapan sistem ini bertujuan meningkatkan efisiensi pengolahan air serta mengurangi biaya operasional, terutama dalam penggunaan bahan kimia dan tenaga kerja [3]. Sistem yang dibangun ditargetkan mampu menurunkan nilai kekeruhan air hingga di bawah batas standar (≤ 100 NTU), menjaga kestabilan pH pada rentang 6,5–8,5, serta mengoptimalkan waktu proses dan volume injeksi koagulan dibandingkan metode manual. Evaluasi kinerja sistem telah dilakukan dengan membandingkan hasil pengolahan air antara sistem otomatis dan sistem manual berdasarkan parameter penurunan kekeruhan (NTU), kestabilan pH, waktu proses, dan volume koagulan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas yang telah disebutkan, maka dapat diidentifikasi rumusan masalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana cara merancang sistem otomatisasi pengolahan air berbasis PLC yang dapat mengontrol dosis tawas secara *real-time* berdasarkan parameter pH dan kekeruhan?
- b. Bagaimana efektivitas sistem kendali otomatis berbasis sensor pH dan kekeruhan dalam proses koagulasi untuk menurunkan nilai kekeruhan (NTU), menstabilkan pH, hingga mencapai kondisi air bersih?
- c. Bagaimana efisiensi sistem otomatisasi berbasis PLC dalam pengolahan air efektif dalam penggunaan bahan kimia.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disusun, maka penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut :

- a. Untuk merancang dan merealisasikan sistem otomatisasi pengolahan air berbasis PLC yang mampu membaca nilai pH dan kekeruhan sebagai dasar pengendalian dosis secara *real-time*.
- b. Menganalisis efektivitas berbasis sensor pH dan kekeruhan pada kualitas air.
- c. Menganalisis efisiensi sistem otomatisasi berbasis PLC berdasarkan bahan kimia.

1.4 Manfaat Tugas Akhir

Penelitian ini memberikan manfaat terhadap pengembangan di bidang robotika dan sistem kendali cerdas, dengan cara berikut:

- a. Mempermudah proses pengolahan air dengan mengotomatisasi kontrol dosis tawas berdasarkan kualitas air secara *real-time*.
- b. Memberikan panduan dalam penerapan sistem otomatisasi pengolahan air menggunakan PLC, sensor pH, sensor kekeruhan, dan aktuator untuk injeksi koagulan.
- c. Meningkatkan efisiensi penggunaan bahan kimia dan yang ditunjukkan oleh berkurangnya volume injeksi tawas serta waktu kerja aktuator dibandingkan dengan sistem.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan terfokus untuk menghindari pembahasan yang meluas, beberapa batasan masalah ditetapkan sebagai berikut:

- a. Sistem otomatisasi pengolahan air ini hanya menggunakan aluminium sulfate (tawas) sebagai koagulan utama, tanpa melibatkan koagulan lain seperti PAC (Polyaluminium Chloride) atau feri klorida (FeCl_3).

- b. Volume air yang digunakan dalam setiap pengujian dibatasi pada 2-3 liter air, yang diukur secara *real-time* menggunakan Sensor pH 4502C dan Gravity Analog Turbidity Sensor.
- c. Sistem otomatisasi hanya menggunakan logika dasar PLC, tanpa melibatkan kontrol lanjutan seperti PID (Proportional-Integral-Derivative) atau algoritma kecerdasan buatan.
- d. Kecepatan motor pengaduk diset konstan selama proses koagulasi.

1.6 Sistematika Tugas Akhir

Demi terwujudnya suatu penulisan yang baik, maka diperlukan adanya sistematika penulisan. Sistematika dari tugas akhir ini sebagai berikut:

BAB I. PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat tugas akhir, batasan masalah, dan sistematika penulisan laporan.

BAB II. DASAR TEORI

Berisikan mengenai teori - teori dasar yang mendukung pada topik penelitian

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Berisikan tentang penjelasan dari tempat dan waktu penelitian, diagram blok sistem, gambar 3D, spesifikasi dan teknik fabrikasi pada pembuatan tugas akhir.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisikan tentang data serta analisa berdasarkan hasil pengujian alat yang telah dirancang.

BAB V. PENUTUP

Berisikan kesimpulan dan saran dari penelitian