

BAB I.

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Industri kelapa sawit membutuhkan air dalam jumlah besar untuk berbagai proses produksi, termasuk klarifikasi minyak, pencucian, perebusan (sterilizer), dan pembangkitan uap pada boiler. Konsumsi air pabrik kelapa sawit berkisar antara 1,2 dan 2,5 meter kubik per ton tandan buah segar (TBS) yang diolah. Besarnya kebutuhan air ini menunjukkan bahwa sistem pengolahan air pada WTP sangat penting untuk menjaga ketersediaan air dengan kualitas yang tepat untuk memudahkan proses produksi. (Tarigan et al. 2023)

Stasiun WTP (water treatment plant) mempunyai peranan penting dalam proses pengolahan air untuk memenuhi baku mutu air sesuai dengan peraturan dan kebutuhan produksi pabrik kelapa sawit (Asiimetrik et al. 2020). Di WTP, air baku dipompa ke clarifier tank dari sungai untuk diolah. Untuk membantu proses pengendapan dan koagulasi, air sebelum masuk ke tangki diinjeksikan bahan kimia seperti aluminium sulfat dan soda ash menggunakan pompa dosing kimia. Di dalam tangki clarifier, terjadi pemisahan secara gravitasi di mana partikel besar, lumpur, dan pasir mengendap di dasar tangki. Air bagian atas kemudian mengalir secara overflow ke tahap berikutnya, sementara partikel halus yang tersisa mengendap lebih lama, yang menghasilkan peningkatan kualitas air (Yosua Silitonga 2023).

pH dan TDS adalah parameter penting untuk memantau kualitas air karena keduanya memengaruhi proses pengolahan. Ketidakseimbangan dalam dosis bahan kimia dapat menyebabkan perubahan pH, yang menghambat proses koagulasi dan flokulasi, yang menyebabkan air tetap keruh. Selain itu, kadar TDS yang tinggi dapat menyebabkan kerak pada pipa dan boiler, dan mengganggu sistem perpipaan (Dwi kurnia 2023). Secara umum, standar pH air WTP berada pada rentang 6,5–8,5, sedangkan nilai TDS untuk WTP <500 ppm dan untuk air umpan boiler <200 ppm bahkan dapat <100 ppm tergantung tekanan operasional boiler (Details 2025).

Pada praktiknya, pengukuran pH dan TDS masih dilakukan secara manual dan tidak kontinu, dengan sampel diambil setiap dua hingga empat jam untuk dianalisis di laboratorium (Anon 2023). Metode ini memiliki kelemahan: itu tidak dapat mengamati perubahan kualitas air secara real-time, yang berarti bahwa gangguan tiba-tiba yang disebabkan oleh kontaminasi tidak dapat diketahui segera. Selain itu, menurut (Akbar, Kalbuadi, and Yudhana 2019) keterlambatan data meningkatkan kemungkinan kesalahan dosis koagulan, yang dapat menyebabkan pemborosan bahan kimia dan pembentukan lumpur berlebih. Selain itu, pengambilan data secara teratur membuat analisis tren perubahan parameter lebih sulit, sehingga proses pengolahan Berjalan dengan optimal

Seiring berkembangnya Toknologi Kualitas air dapat dipantau dengan bantuan seperti sensor Ph dan TDS sebagai komponen pendukung selama proses pemantauan. Agar dapat mempermudah dalam proses pemantauan kualitas air Pada tengki klarifier di pabrik kelapa sawit, dibutuhkan sistem penilaian pada sensor-sensor secara real-time dan di pantau menggunakan LCD (Yusri, Maulita, and Sembiring 2024). Mikrokontroler yang di didukung oleh beberapa sensor-sensor yang dapat mengukur parameter-parameter yang sering digunakan untuk menilai kualitas suatu sampel air, seperti sensor sensor potensi hidrogen (pH), Total Dissolved Solids (TDS).

Data-data hasil pengukuran sensor-sensor tersebut bisa langsung dilihat secara real time melalu LCD, dan akan langsung tersimpan ke dalam SD card untuk mempermudah analisi data secara berkala kepada operator sehingga operator dapat langsung mengatur kondisi operasional agar sesuai dengan perubahan yang terjadi di lapangan. (Sari and Fata 2024). Mikrokontroler ESP32 dipilih sebagai pusat kendali sistem ini karena kemampuannya yang unggul dalam mengolah data dan konektivitas. sehingga mendukung sistem monitoring dan pemantauan kualitas air pada tengki klarifer otomatis secara real-time.(Tundo et al. 2024).

Berdasarkan tinjauan tersebut, teridentifikasi beberapa kesenjangan yang menjadi peluang untuk penelitian ini. Pertama, Kesenjangan Aplikasi Kontekstual: Minimnya penelitian yang secara spesifik merancang sistem monitoring kualitas Air untuk memantau kondisi *real-time* Dengan menggunakan Layar LCD 16x2 untuk memastikan dalam tangki klarifier—titik proses yang dinamis dan kritis dalam WTP (Makmur and Silaban 2024). Yang Kedua Kesenjangan Analisis Data: Kebanyakan penelitian berhenti pada pembuatan sistem dan menampilkan data *real-time*, tetapi kurang mendalami analisis pola temporal (perubahan parameter dari waktu ke waktu) yang dapat memberikan wawasan operasional bagi pengelola WTP.

Oleh karena itu, penelitian ini mendesak untuk dilakukan untuk menjawab kesenjangan tersebut. Penelitian ini tidak hanya berfokus pada pembuatan prototipe, tetapi juga pada implementasi sistem yang terintegrasi penuh dari sensor dan LCD lokal, yang dirancang khusus untuk konteks operasional tangki klarifier. Dengan menganalisis pola data selama 24 jam secara kontinu, penelitian ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang dinamika proses klarifikasi.

Kontribusi utamanya adalah menyediakan solusi pemantauan yang lebih responsif, komprehensif, dan *user-friendly* bagi operator WTP, yang pada akhirnya dapat mendorong peningkatan efisiensi operasional, konservasi bahan kimia, dan jaminan kualitas air produksi yang lebih stabil.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem pemantauan real-time kualitas air berbasis ESP32 menggunakan sensor pH dan TDS pada tangki klarifier Water Treatment Plant (WTP) di pabrik kelapa sawit?
2. Bagaimana melakukan kalibrasi sensor pH dan TDS pada sistem pemantauan kualitas air berbasis ESP32 di tangki klarifier WTP?
3. Bagaimana menguji sistem pemantauan real-time kualitas air berbasis ESP32 pada tangki klarifier WTP pabrik kelapa sawit menggunakan metode Black Box Testing
4. Bagaimana mengimplementasikan sistem pemantauan real-time kualitas air berbasis ESP32 pada tangki klarifier WTP pabrik kelapa sawit?

C. Tujuan Penelitian

1. Merancang dan membangun sistem pemantauan real-time kualitas air berbasis ESP32 menggunakan sensor pH dan TDS pada tangki klarifier Water Treatment Plant (WTP) pabrik kelapa sawit.
2. Melakukan kalibrasi sensor pH dan TDS pada sistem pemantauan kualitas air berbasis ESP32 di tangki klarifier WTP.
3. Melakukan Pengujian sistem pemantauan real-time kualitas air berbasis ESP32 pada tangki klarifier WTP pabrik kelapa sawit menggunakan metode Black Box Testing
4. Mengimplementasikan sistem pemantauan real-time kualitas air pada tangki klarifier WTP pabrik kelapa sawit.

D. Manfaat penelitian

- 1) Penelitian ini bermanfaat untuk meningkatkan efisiensi operasional Water Treatment Plant (WTP) melalui pemantauan kualitas air secara real-time menggunakan sistem berbasis sensor. Sistem ini dapat mengurangi ketergantungan pada pengukuran manual yang cenderung memakan waktu dan berpotensi menimbulkan kesalahan.
- 2) Bagi operator, sistem ini mempermudah proses pemantauan karena data kualitas air seperti pH dan TDS ditampilkan secara langsung dan jelas melalui layar LCD yang terpasang pada alat, sehingga memudahkan dalam pengambilan keputusan secara cepat di lapangan.