

BAB 1 - GAMBARAN UMUM & SPESIFIKASI SISTEM

1.1 Deskripsi Sistem

Sistem Monitoring dan Kontrol Dissolved Oxygen (DO) merupakan solusi otomatisasi yang dikembangkan khusus untuk mengatasi permasalahan monitoring manual di area Wastewater Treatment Plant (WWTP) PT. XYZ. Sistem yang ada sebelumnya mengharuskan operator melakukan pengecekan kadar dissolved oxygen secara manual sebanyak tiga kali sehari menggunakan perangkat portable, kemudian melakukan penyesuaian kecepatan motor aerator melalui Variable Frequency Drive (VFD) berdasarkan hasil pembacaan tersebut.

Implementasi sistem otomatis ini bertujuan untuk menggantikan proses manual dengan monitoring berkelanjutan 24 jam dan kontrol otomatis yang responsif. Sistem menggunakan sensor dissolved oxygen yang terpasang permanen di basin treatment untuk melakukan pengukuran secara real-time, kemudian data tersebut diproses oleh mikrokontroler ESP8266 yang menjalankan algoritma kontrol untuk mengatur kecepatan motor aerator secara otomatis.

Antarmuka Human Machine Interface (HMI) menyediakan dashboard untuk operator memantau kondisi sistem, mengatur parameter kontrol, dan menerima notifikasi alarm ketika terjadi kondisi abnormal. Data operasional dapat disimpan secara lokal untuk keperluan analisis dan pelaporan.

Fungsi Utama Sistem:

- Pengukuran dissolved oxygen berkelanjutan menggunakan sensor elektrokimia DFRobot SEN0237
- Kontrol otomatis kecepatan motor aerator 45kW melalui output analog 0-10V ke VFD existing
- Visualisasi data real-time dan kontrol operator melalui HMI touchscreen 7 inci
- Sistem alarm dan notifikasi untuk kondisi di luar setpoint optimal 2.5 ppm

1.2 Spesifikasi Teknis

Sistem dirancang dengan spesifikasi teknis yang memenuhi kebutuhan aplikasi industrial wastewater treatment dengan tingkat akurasi dan keandalan yang tinggi. Pemilihan komponen dilakukan berdasarkan karakteristik lingkungan operasi yang menantang dan kebutuhan operasi berkelanjutan 24/7.

1.2.1 Performa Pengukuran

Sensor dissolved oxygen yang digunakan memiliki karakteristik pengukuran yang sesuai dengan kebutuhan monitoring proses biological treatment. Rentang pengukuran 0-20 ppm memberikan margin yang cukup untuk berbagai kondisi operasional, meskipun rentang operasi normal untuk WWTP umumnya berada di kisaran 0-6 ppm.

Parameter	Spesifikasi
Rentang Pengukuran DO	0 - 20 ppm
Rentang Operasional	0 - 6 ppm (tipikal)
Akurasi	±2% dari pembacaan
Resolusi	0,1 ppm

Waktu respons T90 kurang dari 90 detik memungkinkan sistem untuk mendeteksi perubahan kondisi dengan cukup cepat untuk aplikasi kontrol proses. Laju sampling 1 sampel per menit dipilih untuk memberikan data yang cukup responsif tanpa membebani sistem komunikasi dan processing.

1.2.2 Performa Kontrol

Sistem kontrol dirancang dengan algoritma PID (Proportional-Integral-Derivative) yang memberikan kontrol yang presisi dan responsif untuk menjaga kadar dissolved oxygen pada setpoint yang ditentukan. Algoritma PID menggunakan feedback error untuk mengkalkulasi output kontrol yang optimal.

Parameter	Spesifikasi
Setpoint Kontrol	2.5 ppm (default, dapat diatur)
Algoritma Kontrol	PID Controller
Parameter PID	$K_p=0.8$, $K_i=0.3$, $K_d=0.2$
Akurasi Kontrol	$\pm 0,4$ mg/L
Waktu Respons Kontrol	5 - 10 menit
Output Kontrol Motor	0-10V analog (20-40Hz)
Mode Kontrol	Manual/Otomatis
Output Range	20-40 Hz (terbatas)

Algoritma PID mengkalkulasi error antara setpoint (2.5 ppm default) dan pembacaan sensor aktual, kemudian menghasilkan output kontrol berdasarkan tiga komponen: Proportional (respons terhadap error saat ini), Integral (akumulasi error masa lalu), dan Derivative (prediksi error masa depan). Output kontrol dibatasi dalam rentang 20-40 Hz untuk melindungi motor aerator dari operasi di luar spesifikasi optimal.

1.2.3 Spesifikasi Komunikasi

Komunikasi antar komponen sistem menggunakan protokol Modbus RTU melalui interface RS485 yang memberikan keandalan tinggi dalam lingkungan industri dengan tingkat interferensi elektromagnetik yang tinggi.

Parameter	Spesifikasi
Protokol	Modbus RTU
Interface Fisik	RS485
Baud Rate	9600 bps
Data Bits	8
Parity	None
Stop Bits	1
Alamat Slave	1 (dapat dikonfigurasi)
Update Rate	1 detik

Konfigurasi komunikasi dipilih berdasarkan standar industri dengan baud rate 9600 bps yang memberikan keseimbangan antara kecepatan transfer data dan keandalan komunikasi dalam jarak menengah.

1.3 Komponen Sistem

Sistem terdiri dari komponen hardware dan software yang terintegrasi untuk memberikan solusi monitoring dan kontrol yang komprehensif. Pemilihan komponen dilakukan dengan pertimbangan kompatibilitas, keandalan, dan kemudahan maintenance dalam lingkungan operasi industrial.

1.3.1 Komponen Hardware

Mikrokontroler ESP8266 Wemos D1 R1 Uno berfungsi sebagai unit pemrosesan pusat yang menjalankan firmware untuk akuisisi data sensor, eksekusi algoritma kontrol, dan komunikasi dengan HMI. Pemilihan ESP8266 didasarkan pada kemampuan processing yang memadai dan kompatibilitas dengan environment pengembangan Arduino IDE.

Sensor DFRobot SEN0237 Dissolved Oxygen menggunakan teknologi galvanic probe yang tidak memerlukan waktu warm-up dan memberikan pembacaan yang stabil dalam berbagai kondisi air. Sensor dilengkapi dengan board conditioning yang mengkonversi sinyal elektrokimia menjadi output analog 0-3V yang compatible dengan ADC mikrokontroler.

HMI Wecon PI3070ie menyediakan interface operator dengan layar touchscreen 7 inci yang mendukung protokol Modbus RTU untuk komunikasi dengan mikrokontroler. Panel ini dirancang khusus untuk aplikasi industri dengan rating IP65 dan kemampuan operasi dalam rentang suhu yang luas.

Modul komunikasi MAX485 berfungsi sebagai transceiver RS485 untuk mengkonversi sinyal UART dari mikrokontroler menjadi sinyal diferensial RS485 yang tahan terhadap noise elektromagnetik dalam lingkungan industri.

Converter PWM to 0-10V mengkonversi sinyal PWM dari mikrokontroler menjadi sinyal analog 0-10V yang diperlukan untuk mengontrol VFD motor aerator existing.

Sistem Power Supply terdiri dari PSU 24V 10A yang mengkonversi suplai AC 220V menjadi DC 24V untuk kebutuhan sistem, dan modul stepdown LM2596 yang menurunkan tegangan dari 24V menjadi level yang sesuai untuk mikrokontroler dan komponen elektronik lainnya.

- **Controller:** Mikrokontroler ESP8266 Wemos D1 R1 Uno
- **Sensor:** DFRobot SEN0237 Dissolved Oxygen Sensor
- **HMI:** Panel touchscreen Wecon PI3070ie 7 inci
- **Komunikasi:** Modul transceiver RS485 MAX485
- **Pengkondisian Sinyal:** Converter PWM ke 0-10V
- **Power Supply:** PSU 24V 10A dan Stepdown LM2596
- **Enclosure:** Enclosure industri rating IP65

1.3.2 Komponen Software

Firmware berbasis Arduino dikembangkan dengan arsitektur modular yang memisahkan fungsi akuisisi data, pemrosesan kontrol PID, dan komunikasi. Firmware mengimplementasikan algoritma PID dengan parameter yang dapat dikonfigurasi melalui HMI untuk menghasilkan kontrol motor aerator yang presisi dan responsif. Penggunaan framework Arduino memungkinkan pengembangan yang cepat dan maintenance yang mudah dengan dukungan library yang ekstensif.

Aplikasi HMI dikembangkan menggunakan PI Studio yang menyediakan tools untuk membuat interface operator yang profesional dengan kemampuan visualisasi data real-time, kontrol parameter, dan manajemen alarm.

Protokol Modbus RTU diimplementasikan dalam firmware sebagai slave device untuk komunikasi dengan HMI panel yang bertindak sebagai master device.

- **Firmware:** Software embedded berbasis Arduino IDE
 - **Aplikasi HMI:** Interface dikembangkan dengan PI Studio
 - **Komunikasi:** Implementasi Modbus RTU slave
-

Informasi Dokumen:

- Versi Dokumen: 1.0
- Tanggal Rilis: Juli 2025
- Disusun oleh: Divisi Engineering
- Disetujui oleh: Technical Director
- Nomor Dokumen: TD-WWTP-DO-001