

SISTEM KENDALI KUALITAS DAN LEVEL AIR PADA WATER TREATMENT PLANT BERBASIS PLC MENGGUNAKAN LORA

Dovi Jonata¹, Seno Darmawan Panjaitan², Elang Derdian Marindani³
dovijonata@gmail.com¹, seno.panjaitan@ee.untan.ac.id², elang.derdian@ee.untan.ac.id³
Universitas Tanjungpura

ABSTRAK

Air bersih merupakan kebutuhan mendasar bagi kehidupan, namun pengelolaan kualitas air di Water Treatment Plant (WTP) masih menghadapi berbagai tantangan, terutama dalam hal efisiensi dan keandalan pengendalian. Menurut peraturan kementerian kesehatan no 2 tahun 2023, bahwa air yang digunakan untuk keperluan rumah tangga MCK (Mandi, Cuci Kakus) harus memiliki nilai pH dengan rentang 6,5-9 dan TDS kurang dari 500mg/L. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem kendali otomatis berbasis Programmable Logic Controller (PLC) dan Long Range (LoRa) dengan fitur monitoing jarak jauh untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan kualitas air. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan merancang dan menguji prototipe sistem pada skala laboratorium. PLC digunakan sebagai pusat kendali, sementara LoRa dimanfaatkan sebagai media komunikasi data jarak jauh. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu memantau dan mengontrol parameter kualitas air, yaitu pH, Total Dissolved Solids (TDS), dan level air secara real-time. Akurasi pengukuran parameter pH mencapai 2,29%, sensor TDS memiliki akurasi 1,10%, dan sistem pengendalian level air bekerja dengan baik dengan akurasi 100%. Sistem kendali pH dan TDS juga mampu beradaptasi dengan kondisi yang berbeda, baik untuk menaikkan maupun menurunkan pH, serta menurunkan nilai TDS hingga mencapai kondisi stabil sesuai dengan target yang ditentukan. Dengan hasil tersebut, sistem kendali berbasis PLC dan LoRa ini memiliki potensi untuk diterapkan pada Water Treatment Plant, terutama di wilayah terpencil, guna meningkatkan efisiensi operasional dan memastikan kualitas air yang diolah sesuai standar.

Kata Kunci : PLC, LoRa, Water Treatment Plant, Kendali Air.

PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan mendasar bagi kehidupan manusia, yang digunakan dalam berbagai aktivitas seperti minum, memasak, mandi dan mencuci[1]. Sebagai komponen utama tubuh, air memiliki peran vital dalam menjaga kesehatan dan kinerja tubuh manusia. Namun, seiring bertambahnya jumlah penduduk, kebutuhan akan air bersih semakin meningkat, sementara sumber air alami seperti air tanah terbatas dan tidak selalu memenuhi standar kualitas. Untuk menjamin pasokan air yang aman dan sesuai standar, Water Treatment Plant (WTP) berperan dalam mengolah air kotor menjadi air bersih yang layak untuk digunakan[2].

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan No. 2 Tahun 2023, air yang digunakan untuk kebutuhan rumah tangga harus memiliki pH 6,5-9 dan TDS kurang dari 500 mg/L. Parameter seperti pH, Total Padatan Terlarut (TDS), dan ketinggian air merupakan indikator penting dalam pengolahan air. Namun, pemantauan kualitas air pada WTP umumnya masih dilakukan secara manual sehingga mengakibatkan efisiensi yang kurang optimal[3].

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem kontrol berbasis Programmable Logic Controller (PLC) dan Long Range (LoRa) untuk memonitoring dan mengontrol parameter kualitas air secara real-time. Dengan integrasi Human Machine Interface (HMI) dan layanan cloud Haiwell, sistem ini memungkinkan pemantauan jarak jauh melalui platform web, sehingga meningkatkan efisiensi dan keandalan pengolahan air

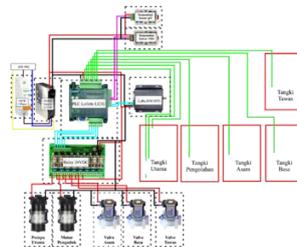
di WTP, terutama di daerah terpencil.

METODE PENELITIAN

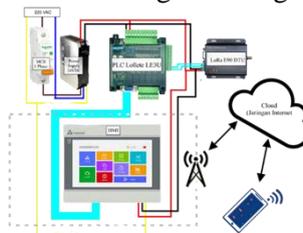
Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem pengendalian dan pemantauan parameter kualitas air pada Water Treatment Plant (WTP) secara otomatis dengan menggunakan teknologi PLC dan LoRa. Metodologi penelitian terdiri dari beberapa tahapan utama yang dijelaskan secara rinci pada subbab berikut.

1. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras dari sistem kontrol dan kualitas air berbasis PLC menggunakan LoRa melibatkan beberapa komponen yang bekerja sama untuk memastikan pengumpulan, pemrosesan, dan kontrol data berjalan dengan baik. Seperti pada gambar 1 dan gambar 2.



Gambar 1. Perancangan Perangkat Slave



Gambar 2. Perancangan Perangkat Master

Sistem ini menggunakan PLC (Programmable Logic Controller) sebagai komponen utama untuk membaca, memproses, dan mengirim data sensor melalui teknologi komunikasi LoRa. Pada perangkat slave, PLC membaca data dari sensor pH, TDS, dan level air, lalu mengirimkannya ke perangkat master menggunakan modul LoRa. Perangkat master memproses data tersebut dan menjalankan fungsi kontrol, seperti menghidupkan atau mematikan pompa berdasarkan kondisi terpantau.

Teknologi LoRa dipilih karena kemampuannya mengirimkan data jarak jauh dengan konsumsi daya rendah, yang cocok untuk lingkungan water treatment plant. Sensor pH mengukur tingkat keasaman air sesuai standar (pH 6,5–8,5), sensor TDS mengukur konsentrasi padatan terlarut, dan sensor level air memantau ketinggian air di tangki. Data dari sensor digunakan untuk mengontrol pompa seperti H_3PO_4 , Na_2CO_3 , dan H_2O , memastikan kualitas air yang dihasilkan sesuai standar, seperti yang ditetapkan dalam Permenkes No. 2 Tahun 2023.

2. Perancangan Perangkat Lunak

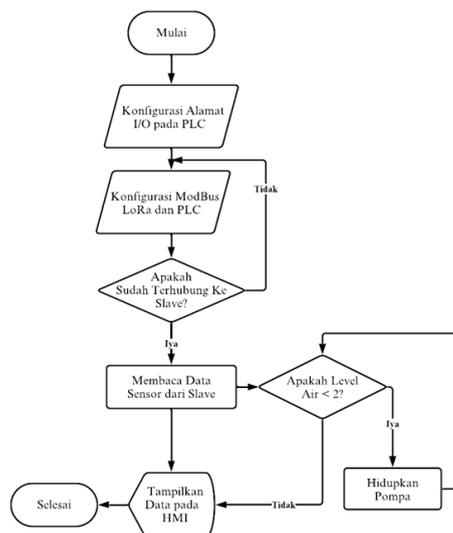
Perancangan perangkat lunak pada penelitian ini dibuat secara terpisah, yaitu pada master dan slave, dengan fungsi dan tugas yang terintegrasi. Pada perangkat slave, perangkat lunak dirancang untuk membaca data dari sensor seperti pH, TDS, dan ketinggian air, serta mengolah data tersebut sebelum dikirim ke perangkat master melalui komunikasi LoRa. Sedangkan pada perangkat master, perangkat lunak bertugas menerima data dari slave, menampilkan informasi pada Human Machine Interface (HMI), dan mengirimkan instruksi kontrol ke perangkat slave berdasarkan kondisi yang dimonitor. Pemisahan ini memungkinkan sistem bekerja secara efisien dengan pembagian tugas yang

jelas antara slave sebagai pengumpul data dan master sebagai pusat kendali.

a. Perancangan perangkat lunak master

Perancangan perangkat lunak pada perangkat master di PLC dan sistem pengolahan air berbasis LoRa dimulai dengan konfigurasi alamat I / O dan Modbus pada PLC untuk memastikan komunikasi yang lancar dengan perangkat slave. Setelah mengonfigurasi Modbus untuk menghubungkan LoRa dengan PLC, sistem memeriksa koneksi antara master dan slave. Setelah terhubung, master mulai menerima data sensor, termasuk pH, TDS, dan ketinggian air.

Salah satu fungsi utama perangkat lunak master adalah memantau ketinggian air. Jika ketinggian air di tangki air jadi kurang dari level dua, master mengirimkan perintah untuk menyalakan pompa utama pada slave, yang kemudian menambah volume air. Data sensor yang diterima ditampilkan pada Human Machine Interface (HMI) untuk memantau kondisi secara real-time. Setelah siklus kontrol selesai, sistem kembali ke titik awal, siap untuk memulai pemantauan dan kontrol berikutnya sesuai



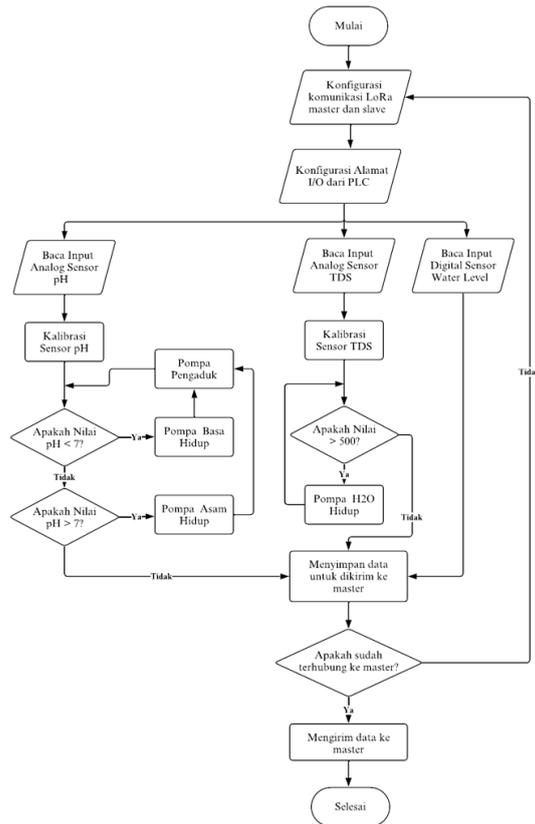
Gambar 3. Diagram Alir Perancangan perangkat master

dengan langkah-langkah pada gambar 3. Dengan demikian, perangkat lunak master berfungsi sebagai pusat kendali yang memproses data, mengambil tindakan yang diperlukan, dan menampilkan informasi kepada operator.

b. Perancangan Perangkat Lunak Slave

Desain perangkat lunak pada slave di PLC dan sistem pengolahan air berbasis LoRa dimulai dengan konfigurasi alamat I / O dan Modbus pada PLC untuk memastikan komunikasi yang tepat dengan perangkat lain. Setelah konfigurasi Modbus LoRa selesai, sistem memverifikasi koneksi antara slave dan master, dan jika koneksi belum berhasil, sistem akan mencoba lagi sampai koneksi tercapai. Setelah terhubung, slave mulai membaca data dari sensor pH dan TDS secara analog, serta sensor ketinggian air secara digital, yang kemudian dikalibrasi untuk akurasi.

Sistem akan memeriksa nilai pH dan TDS, dan jika pH tidak sesuai standar ($pH \leq 6$ atau $pH \geq 9$), pompa asam akan diaktifkan untuk



Gambar 4. Diagram Alir Perancangan Perangkat Slave

menyesuaikan pH. Jika TDS melebihi 500 ppm, pompa tawas akan diaktifkan untuk menurunkan kandungan padatan terlarut. Selain itu, pompa pengaduk diaktifkan untuk memastikan campuran bahan kimia dengan air merata. Setelah proses kontrol selesai, slave mengirimkan data sensor ke master melalui LoRa untuk pengambilan keputusan lebih lanjut. Siklus pemantauan dan kontrol kemudian dimulai kembali, memastikan proses berjalan terus menerus.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan dilakukan untuk menilai apakah kinerja keseluruhan dari rancangan alat dapat memenuhi tujuan dari penelitian ini. Proses pengujian menggunakan peralatan seperti EZ-9909 sebagai alat ukur TDS dan pH serta stopwatch. Hasil pengujian dari rancangan alat dapat dilihat melalui dua cara yaitu pertama, melalui tampilan HMI yang terpasang pada badan alat yang dapat dioperasikan dengan layar sentuh, dan kedua, melalui aplikasi Haiwell Cloud yang dapat diakses pada smartphone.

1. Hasil perancangan Perangkat Keras

Setelah perancangan selesai, komponen dirakit dan ditempatkan dalam panel box master dan slave, serta tangki ditempatkan sesuai desain. Proses ini meliputi perakitan perangkat keras, pengaturan tata letak tangki, dan pengkabelan sesuai rancangan. Panel box berfungsi melindungi komponen dari gangguan eksternal. Bentuk fisik sistem ditampilkan pada Gambar 5 hingga Gambar 6.

Hasil dari perancangan perangkat master yang ditunjukkan pada Gambar 5 dapat diatur sedemikian rupa sehingga data yang dihasilkan oleh sistem dapat disimpan pada lokasi seperti server atau di kantor pusat. Penyimpanan data ini bertujuan untuk memungkinkan pemantauan kondisi sistem secara lokal oleh operator atau tim pengelola.



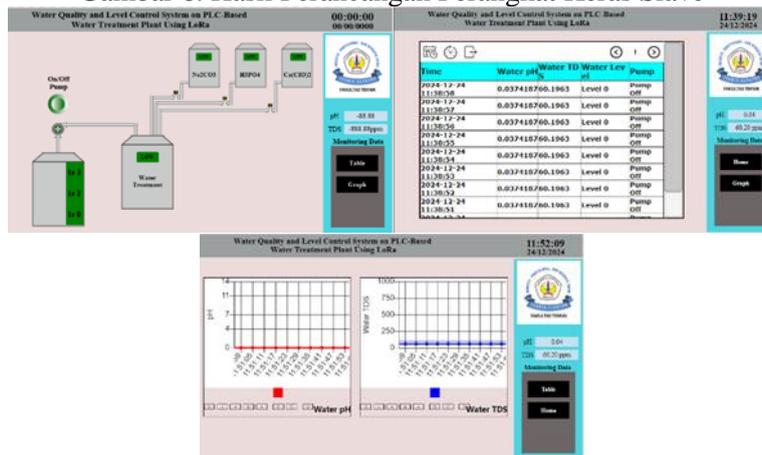
Gambar 5. Hasil Perancangan Perangkat Keras Master

2. Hasil Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak bertujuan untuk mengembangkan program yang akan dijalankan pada HMI dan merancang Graphic User Interface (GUI). Pembuatan GUI tidak hanya berfungsi untuk mempercantik tampilan sistem, tetapi juga memudahkan pengguna dalam mengoperasikan sistem, sehingga memberikan kenyamanan saat digunakan. GUI yang dirancang akan ditampilkan pada layar HMI ketika program dijalankan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 6. Hasil Perancangan Perangkat Keras Slave



Gambar 7. Hasil Perancangan Perangkat Lunak

3. Pengujian dan Analisis Variabel pH

a. Sistem Monitoring pH

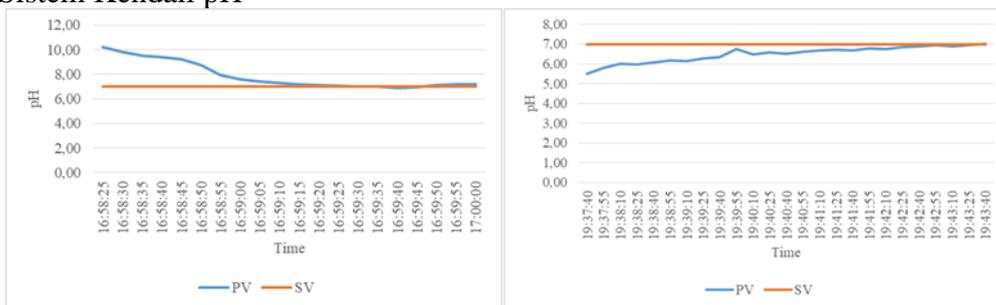
Pengujian variabel pH dilakukan untuk membandingkan nilai akurasi hasil pengukuran dari alat yang dirancang dengan nilai yang diperoleh dari alat ukur EZ-9909. Pengujian variabel pH dilakukan di Laboratorium Teknik Kendali, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura Data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Date	Time (UTC+7)	pH measurements		Error (pH)	Percentage Error
		Instrument	HMI		
28 November 2024	19:05:00	6,72	6,66	0,06	0,95%
28 November 2024	19:10:12	6,85	6,65	0,20	2,93%
28 November 2024	19:15:23	6,86	6,67	0,19	2,77%
28 November 2024	19:20:00	6,87	6,68	0,19	2,76%
28 November 2024	19:25:04	6,88	6,70	0,18	2,65%
28 November 2024	19:30:13	6,87	6,70	0,17	2,46%
28 November 2024	19:35:01	6,87	6,69	0,18	2,56%
28 November 2024	19:40:32	6,87	6,69	0,18	2,66%
28 November 2024	19:45:10	6,88	6,70	0,18	2,55%
28 November 2024	19:50:15	6,89	6,71	0,18	2,60%
Average				0,17	2,49%
RMSE				0,17	

Berdasarkan hasil pengukuran pH yang tercantum pada Tabel 1, nilai pH yang diukur menggunakan alat ukur EZ-9909 berkisar antara 6,72 hingga 6,89, sedangkan hasil

dari HMI sedikit lebih rendah, yaitu berkisar antara 6,65 hingga 6,71. Perbedaan antara kedua nilai ini menghasilkan kesalahan pH sebesar 0,06 hingga 0,20 dengan persentase kesalahan berkisar antara 0,95% hingga 2,93%. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti perbedaan waktu respon, pengaruh lingkungan, atau resolusi sensor yang lebih rendah dibandingkan dengan alat ukur. Selain itu, penempatan sensor yang kurang tepat atau adanya noise dalam sistem juga dapat mempengaruhi hasil pengukuran. Oleh karena itu, evaluasi dan kalibrasi ulang sangat penting untuk memastikan data yang akurat dan mendukung keandalan sistem pengukuran pH. Rata-rata persentase kesalahan mencapai 2,49%, menunjukkan bahwa perbedaan antara alat ukur dan HMI relatif kecil. Selain itu, nilai RMSE sebesar 0,17 menunjukkan bahwa deviasi antara alat ukur dan HMI cukup rendah sehingga dapat diterima dalam pengukuran pH.

b. Sistem Kendali pH



Gambar 8. Pengujian Sistem Kendali pH

Pada grafik a, sistem kontrol pH berhasil menurunkan pH dari kondisi basa (sekitar pH 10) ke kondisi netral (pH 7) sesuai dengan target (SV). Nilai pH aktual (PV) pada awalnya tinggi, tetapi secara bertahap mendekati target setelah terjadi penurunan yang signifikan. Proses ini menunjukkan efisiensi sistem dalam mengurangi penyimpangan, dengan kesalahan rata-rata yang kecil dan stabilitas yang baik pada akhir pengamatan. Pada grafik b, sistem kontrol pH berhasil menaikkan pH dari kondisi asam (sekitar pH 5) ke kondisi netral (pH 7). Nilai pH aktual (PV) meningkat secara bertahap menuju target meskipun tidak stabil pada awal pengamatan. Hasil ini mencerminkan keberhasilan sistem dalam mengurangi kesalahan dengan rata-rata kesalahan yang kecil dan stabilitas yang baik. Sistem ini terbukti efektif dalam mengatur perubahan pH dari kondisi asam atau basa ke kondisi netral.

4. Pengujian dan Analisis Variabel TDS

a. Sistem Monitoring TDS

Berdasarkan Tabel 2 pengujian sensor TDS. Nilai TDS yang diukur menggunakan alat ukur berkisar antara 223 ppm hingga 226 ppm, sedangkan hasil dari HMI berada pada kisaran 226,43 ppm hingga 227,83 ppm. Selisih antara kedua nilai tersebut menghasilkan kesalahan (ppm) sebesar 1,83 hingga 3,43, dengan persentase kesalahan berkisar antara 0,81% hingga 1,54%. Rata-rata persentase kesalahan mencapai 1,10%, yang mengindikasikan bahwa perbedaan antara alat ukur dan HMI sangat kecil dan dapat diabaikan. Selain itu, nilai RMSE sebesar 2,53 ppm mengindikasikan bahwa deviasi antara alat ukur dengan HMI cukup rendah, sehingga hasil pengukuran dapat diterima akurat dalam konteks ini. Data ini menunjukkan bahwa sistem pengukuran TDS dengan menggunakan alat ukur dan HMI memiliki tingkat akurasi yang baik dan konsisten dalam hasilnya.

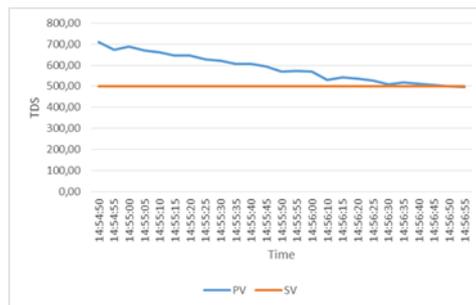
Table 2. Pengujian Sistem Monitoring TDS

Date	Time (UTC+7)	TDS measurements		Error (ppm)	Persentase Error
		Instrument	HMI		
30 November 2024	19:00:00	225	227,13	2,13	0,95%
30 November 2024	19:05:16	225	227,13	2,13	0,95%
30 November 2024	19:10:11	226	227,83	1,83	0,81%
30 November 2024	19:15:06	225	227,83	2,83	1,26%
30 November 2024	19:20:13	225	227,83	2,83	1,26%
30 November 2024	19:25:25	224	227,13	3,13	1,40%
30 November 2024	19:30:01	223	226,43	3,43	1,54%
30 November 2024	19:35:19	225	227,13	2,13	0,95%
30 November 2024	19:40:01	225	227,13	2,13	0,95%
30 November 2024	19:45:19	225	227,13	2,13	0,95%
Rata-rata				2,47	1,10%
RMSE				2,52	

Berdasarkan Tabel 2, pengujian sensor TDS menunjukkan bahwa nilai TDS yang diukur menggunakan alat ukur berkisar antara 223 ppm hingga 226 ppm, sedangkan hasil dari HMI berkisar antara 226,43 ppm hingga 227,83 ppm. Perbedaan ini menghasilkan kesalahan (ppm) sebesar 1,83 hingga 3,43, dengan persentase kesalahan berkisar antara 0,81% hingga 1,54%. Kesalahan rata-rata (ppm) sebesar 2,47 dan persentase kesalahan sebesar 1,10% menunjukkan bahwa perbedaan antara alat ukur dan HMI sangat kecil dan dapat diabaikan. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti perbedaan waktu respon, pengaruh lingkungan, atau resolusi sensor yang lebih rendah dibandingkan dengan alat ukur. Selain itu, penempatan sensor yang tidak tepat atau noise pada sistem juga dapat mempengaruhi hasil pengukuran. Oleh karena itu, evaluasi dan kalibrasi ulang sangat penting untuk memastikan data yang akurat dan mendukung keandalan sistem pengukuran TDS. Oleh karena itu, evaluasi dan kalibrasi ulang perlu dilakukan secara berkala untuk memastikan keakuratan data pengukuran. Selain itu, nilai RMSE sebesar 2,53 ppm menunjukkan bahwa deviasi antara alat ukur dengan HMI cukup rendah, sehingga hasil pengukuran dapat dikatakan akurat. Data ini menunjukkan bahwa sistem pengukuran TDS dengan alat ukur dan HMI memiliki tingkat akurasi yang baik dan konsisten.

b. Sistem Kendali TDS

Pengujian sistem kontrol TDS dilakukan untuk mengontrol nilai TDS yang tinggi menjadi rendah atau sesuai dengan nilai set yang ditentukan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Pengujian Sistem Kendali TDS

Berdasarkan Gambar 9, terdapat dua garis utama, garis biru yang mewakili nilai TDS aktual (Variabel Proses/PV) dan garis oranye yang menggambarkan nilai target TDS (Nilai yang Ditetapkan/SV). Nilai TDS aktual (PV) dimulai pada sekitar 700 ppm, yang menunjukkan bahwa konsentrasi zat terlarut dalam air berada di atas ambang batas target. Namun, seiring berjalannya waktu, nilai PV secara konsisten menurun hingga mendekati nilai target (SV), yaitu sekitar 500 ppm. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem kontrol bekerja secara efektif untuk mengurangi konsentrasi TDS air yang diuji. Penurunan nilai PV menuju SV mengindikasikan bahwa sistem kontrol berfungsi dengan baik untuk mencapai nilai TDS yang terstandarisasi, meskipun terdapat sedikit fluktuasi pada tahap

awal proses. Grafik ini secara keseluruhan menggambarkan keberhasilan sistem dalam menjaga kualitas air sesuai dengan nilai TDS yang ditetapkan.

5. Pengujian dan Analisis Level Air

Pengujian variabel level air dilakukan untuk membandingkan ketinggian air pada tangki air baku dan HMI. Pengujian variabel dilakukan di Laboratorium Teknik Kendali Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura. Data pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.

Table 3. pengujian Level Air

Date	Time (UTC+7)	Water Level	Pump Testing		Test Results
			HMI	Raw Water Tank	
30 November 2024	02:26:55	Level 0	Level 0	Level 0	TRUE
30 November 2024	02:27:49	Level 1	Level 1	Level 1	TRUE
30 November 2024	02:28:46	Level 2	Level 2	Level 2	TRUE
30 November 2024	02:44:16	Level 0	Level 0	Level 0	TRUE
30 November 2024	02:45:15	Level 1	Level 1	Level 1	TRUE
30 November 2024	02:46:23	Level 2	Level 2	Level 2	TRUE
Accuracy Percentage					100%

Berdasarkan Tabel 3 pengujian level air, sistem berhasil mendeteksi tiga level air, yaitu Level 0, Level 1, dan Level 2, dengan hasil yang konsisten antara data di HMI dan kondisi aktual di tangki air baku. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tidak ada kesalahan dalam pengukuran maupun kontrol, yang ditunjukkan dengan status “True” pada semua pengujian. Persentase akurasi sistem mencapai 100%, yang menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi perubahan level air dengan sangat akurat. Dengan hasil tersebut, sistem monitoring dan kontrol level air berbasis HMI terbukti memiliki performa yang sangat baik dan handal untuk aplikasi instalasi pengolahan air. Hal ini menunjukkan bahwa sistem berfungsi sesuai dengan rancangan dan siap diaplikasikan untuk kebutuhan operasional.

6. Pengujian dan Analisis Komunikasi Data Master Slave

Pengujian sistem komunikasi antara master dan slave dilakukan dengan jarak 50 dan 100 meter yang bertujuan untuk mengetahui delay atau jeda pengiriman data seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian Durasi Pengiriman Data Master Slave

Distance (m)	Experiment	Timestamp		Delay (s)
		Send	Receive	
50	1	16:30:33:540	16:30:35:590	2,050
	2	16:30:42:558	16:25:45:591	3,033
	3	16:30:48:798	16:30:53:756	4,958
	4	16:30:55:425	16:31:02:593	7,168
	5	16:31:00:339	16:31:08:388	8,049
100	1	16:39:16:754	16:39:23:553	6,799
	2	16:39:23:932	16:39:31:120	7,188
	3	16:39:30:875	16:39:38:763	7,888
	4	16:39:48:485	16:39:55:428	6,943
	5	16:39:55:038	16:40:03:320	8,282
Average				6,236
Standard Deviation				2,166

Berdasarkan data, jarak memiliki pengaruh signifikan terhadap waktu tunda (delay) transmisi. Pada jarak 50 meter, delay rata-rata lebih rendah dibandingkan dengan jarak 100 meter, menunjukkan bahwa peningkatan jarak menyebabkan penambahan waktu tunda. Rata-rata delay untuk semua percobaan tercatat sebesar 6,236 detik dengan standar deviasi 2,166 detik, yang menunjukkan adanya variasi yang cukup besar antar percobaan.

Pada jarak 50 meter, delay berkisar antara 2,050 hingga 8,049 detik, sementara pada jarak 100 meter, delay meningkat menjadi 6,799 hingga 8,282 detik. Hal ini mengindikasikan bahwa jarak yang lebih jauh secara konsisten menambah waktu tunda. Variasi yang cukup besar pada kedua jarak dapat disebabkan oleh interferensi sinyal atau

kondisi perangkat.

Kesimpulannya, peningkatan jarak memengaruhi kinerja transmisi data, yang ditunjukkan oleh bertambahnya delay dan variasi waktu tunda. Optimalisasi sistem diperlukan untuk mengurangi pengaruh interferensi dan memastikan stabilitas komunikasi, terutama pada jarak yang lebih jauh.

KESIMPULAN

1. Sistem yang dirancang mempermudah monitoring dan pengendalian kualitas serta level air di water treatment plant secara efisien dan real-time, dengan menggunakan PLC untuk kendali otomatis dan LoRa untuk komunikasi jarak jauh.
2. Rata-rata error sensor pH adalah 2,48%, sensor TDS 1,10%, dan kendali level air memiliki akurasi 100%.
3. Sistem kendali pH dan TDS mampu menyesuaikan kondisi untuk mencapai stabilitas sesuai target.
4. Sistem kontrol level air menggunakan satu pompa dapat menjaga level air dalam kisaran level 1 hingga level 3.
5. Data sensor dan output dapat dipantau real-time melalui Haiwell HMI C7S-W dan aplikasi Haiwell Cloud.
6. Durasi pengiriman data antara master dan slave rata-rata membutuhkan waktu 6,299 detik.

Saran Pengembangan:

1. Persiapkan hardware dan software lebih awal untuk mempercepat penelitian.
2. Gunakan kontroler dengan spesifikasi lebih baik dan sensor berstandar industri untuk akurasi lebih tinggi.
3. Libatkan ahli kimia atau lingkungan untuk memastikan kualitas air.
4. Tambahkan sistem filtrasi untuk penjernihan air.
5. Gunakan sensor ultrasonic skala industri untuk pengukuran ketinggian air lebih presisi.
6. Integrasikan PLTS untuk mendukung kebutuhan energi di daerah dengan keterbatasan akses listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyansah, R., Rahardja, I. B., & Gamayel, A. (2020). Analisis Desain Static Mixer Pipe Untuk Meningkatkan Proses Koagulasi Di External Water Treatment Plant (Wtp). *Jurnal Asimetri: Jurnal Ilmiah Rekayasa & Inovasi*, 2(2), 95–106. <https://doi.org/10.35814/Asimetri.V2i2.1386>
- Aryanto, B. (2023). Implementasi Sistem Monitoring Produksi Energi Listrik Panel Pv Berbasis Iot. Universitas Tanjungpura.
- Bayupamungkas, C. A., Triwiyatno, A., & Setiyono, B. (2013). Pengendalian Ph Air Pada Water Treatment Plant System Menggunakan Metode Kontrol Pid. *Jurnal Transient*, 2(1), 145–151.
- Corp., M. E. (2005). *Programming Manual-Basic & Applied Instructions Edition Fx3u / Fx3uc Series Programmable Controllers*.
- Depoinovasi Electronics. (2022). *Datasheet Sensor Konduktivitas/Tds/Kadar Garam*. Malang: Depoinovasi Electronics.
- Ebyte, C., & Technology, E. (2019). E90-Dtu(900sl30).
- Febriani, S. (2022). Analisis Deskriptif Standar Deviasi. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 6(1), 910–913.
- Guangzhou Logoele Electronic Technology Co., Ltd. (2016). *Ph Sensor User Manual*. Guangzhou: Guangzhou Logoele Electronic Technology Co., Ltd.
- Kurniawan, D. A., Nurchim, N., & Maulindar, J. (2024). *Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Water Treatment Plant Di Lingkungan Pertambangan Batubara Berbasis Iot*. Skanika:

- Sistem Komputer Dan Teknik Informatika, 7(2), 133–143. <https://doi.org/10.36080/Skanika.V7i2.3192>
- Lubis, P., Rasyidin, R., & Frianto, H. T. (2022). Rancang Bangun Water Treatment Sistem Sebagai Pengolahan Air Bersih Berbasis Program Logic Controller (Plc). Konferensi Nasional Sosial Dan Engineering Politeknik Negeri Medan, 823–829.
- Mufida, E., Anwar, R. S., Khodir, R. A., & Rosmawati, I. P. (2020). Perancangan Alat Pengontrol Ph Air Untuk Tanaman Hidroponik Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Inovasi*, 1(1), 13–19.
- Nadhila Aulia Dwiputri, Mia Azizah, N. (2021). Efektivitas Kaporit Untuk Menurunkan Kadar Besi Dan Mangan Dalam Air Sungai Ciliwung Sebagai Air Baku Pdam. *Jurnal Sains Natural Universitas Nusa Bangsa*, 11, 30–38.
- Priyatna, R., Nursuwars, F. M. S., & Andang, A. (2021). Model Sistem Otomatis Water Treatment Plant Menggunakan Plc Berbasis Wireless. *Journal Of Energy And Electrical Engineering*, 2(2), 12–18. <https://doi.org/10.37058/Jeee.V2i2.2701>
- Pushpalatha, N., Sreeja, V., Karthik, R., & Saravanan, G. (2022). Total Dissolved Solids And Their Removal Techniques. *International Journal Of Environmental Sustainability And Protection*, 2(2), 13–20. <https://doi.org/10.35745/Ijesp2022v02.02.0002>
- Rahardja, I. B., Siregar, A. L., & Sihotang, A. W. L. (2020). Pengaruh Penggunaan Soda Ash Terhadap Parameter Ph Dan Turbidity Pada External Water Treatment (Studi Kasus Di Pabrik Minyak Kelapa Sawit (Pmks) Xyz, Kalimantan Utara). *Jurnal Teknologi*, 12(1), 9–20. <https://dx.doi.org/10.24853/Jurtek.12.1.9-20>
- Ramadhani, S., & Wahyuni, R. T. (2023). Rancang Bangun Human Machine Interface Pada Kontrol Dan Monitoring Dalam Pengujian Kualitas Air Di Sand Filter Tank Pada Water Treatment Plant Berbasis Plc. *Abec Indonesia*, November, 414–422.
- Rusydi, A. F., Suherman, D., & Sumawijaya, N. (2017). Pengolahan Air Limbah Tekstil Melalui Proses Koagulasi – Flokulasi Dengan Menggunakan Lempung Sebagai Penyumbang Partikel Tersuspensi (Studi Kasus: Banaran, Sukoharjo Dan Lawean, Kerto Suro, Jawa Tengah). *Arena Tekstil*, 31(2). <https://doi.org/10.31266/At.V31i2.1671>
- Sitanggang, R. H. (2023). Rancang Bangun Alat Monitoring Kualitas Air Kolam Akuakultur Berbasis Plc Dengan Hmi Menggunakan Haiwell Cloud. Universitas Tanjungpura.
- Sudaryana, I. G. S. (2015). Pemanfaatan Relai Tunda Waktu Dan Kontaktor Pada Panel Hubung Bagi (Phb) Untuk Praktek Penghasutan Starting Motor Star Delta. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 12(2). <https://doi.org/10.23887/Jptk.V12i2.6478>
- Surdianto, Didik Riyanto, J. S. H. (2022). Alat Kontrol Kualitas Produksi Air Minum Berbasis Plc Outseal.Pdf. <https://doi.org/https://doi.org/10.30649/Je.V4i1.106>
- Xiamen Haiwell Technology Co., Ltd. (2005). Iot Cloud Hmi User Manual. Fujian: Xiamen Haiwell Technology Co., Ltd.