

## **BAB V**

### **PENGUJIAN DAN ANALISA**

#### **5.1 Hasil Implementasi dan Monitoring Nilai pH dan TDS**

Setelah menyelesaikan proses perancangan perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software), sistem monitoring kualitas air berbasis sensor pH dan TDS berhasil diimplementasikan dalam sistem otomasi Water Treatment Plant (WTP). Sistem ini menggunakan *Programmable Logic Controller* (PLC) dan *Human Machine Interface* (HMI) Autonics LP-A070 sebagai komponen utama dalam kendali dan monitoring proses.

Data pH dan TDS yang diperoleh dari masing-masing sensor diproses melalui pH Controller dan Supmea Controller, lalu dikirimkan ke PLC melalui protokol komunikasi Modbus RTU menggunakan jalur RS485. Informasi tersebut selanjutnya ditampilkan secara real-time pada antarmuka HMI dalam bentuk tampilan numerik dan grafik tren, sehingga dapat dipantau langsung oleh operator dan foreman di lapangan.

Tampilan HMI dirancang untuk mendukung berbagai fungsi, seperti pengaturan setpoint (SV), pemantauan nilai process value (PV), pemilihan mode operasi manual atau otomatis, serta pencatatan data melalui fitur data logging. Fitur-fitur tersebut memberikan kemudahan bagi foreman dan operator dalam melakukan kontrol proses dan evaluasi performa sistem secara efisien dan terukur. Untuk menguji kemampuan sistem dalam merespons perubahan nilai pH secara otomatis, dilakukan dua skenario pengujian dengan perbedaan pada kecepatan injeksi larutan soda ash oleh dosing pump.

Untuk menguji respons sistem terhadap perubahan pH, dilakukan dua skenario pengujian:

##### **1. Dosing Pump 50%**

Pengujian pertama dilakukan dengan kecepatan dosing pump dikurangi menjadi 50%. Nilai pH awal dimulai dari kisaran 8.00 dan ditargetkan mencapai pH 9.00.

Proses ini memerlukan waktu yang lebih lama dibandingkan skenario pertama, yakni sekitar **1 jam 59 menit 2 detik**. Meskipun laju peningkatan pH lebih lambat, sistem tetap menunjukkan kinerja yang stabil dan akurat, menandakan bahwa logika kontrol serta respons sistem terhadap perubahan parameter tetap bekerja secara konsisten meskipun laju injeksi dikurangi.

## 2. Dosing Pump 100%

Pengujian kedua dilakukan dengan mengatur kecepatan dosing pump pada kondisi maksimum, yaitu 100%. Nilai pH awal berada pada kisaran 8.00 dan ditargetkan mencapai pH 10.00. Berdasarkan hasil pengamatan, proses peningkatan pH tersebut memerlukan waktu sekitar **59 menit 32 detik**. Grafik hasil pengujian menunjukkan bahwa kenaikan nilai pH berlangsung dengan cepat namun tetap stabil, yang mencerminkan efektivitas sistem dalam menginjeksikan larutan soda ash ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) secara optimal pada kecepatan penuh.

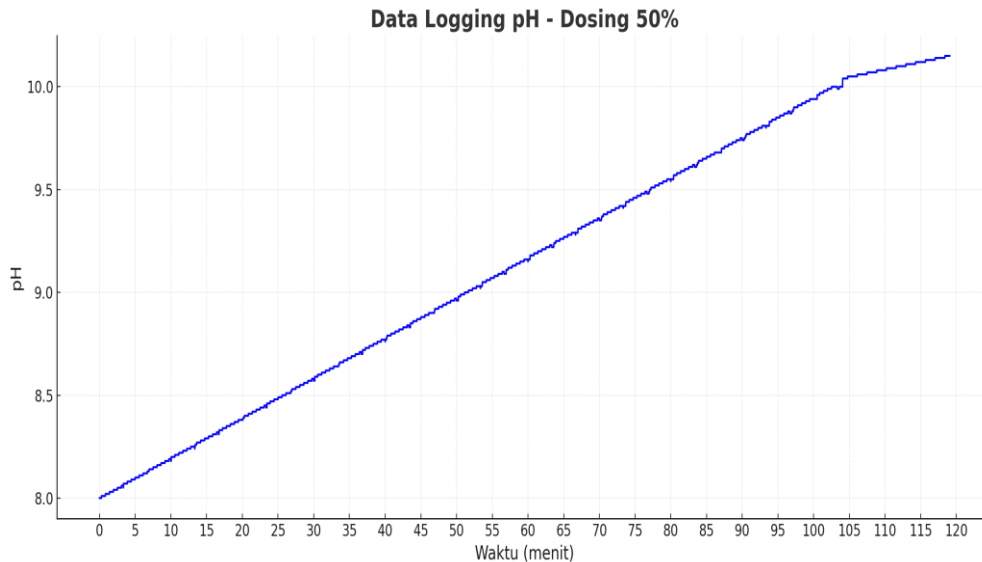
Dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut ini, perbandingan antara kedua skenario pengujian menunjukkan perbedaan signifikan dalam hal waktu yang dibutuhkan untuk mencapai perubahan nilai pH. Meskipun keduanya berhasil mencapai target pH yang diinginkan, perbedaan laju injeksi larutan soda ash mempengaruhi waktu respons sistem secara langsung.

**Tabel 5.1** perbandingan dosing 50% dan 100%

| Dosing Pump | Rentang Waktu       | Durasi                 | Perubahan pH  |
|-------------|---------------------|------------------------|---------------|
| 100%        | 09:25:03 – 10:24:35 | 59 menit 32 detik      | 8.00 ke 10.00 |
| 50%         | 10:12:14 – 12:11:16 | 1 jam 59 menit 2 detik | 8.00 ke 10.00 |

Untuk mendukung analisis performa sistem, dilakukan pencatatan data secara otomatis (data logging) terhadap nilai pH selama proses pengujian berlangsung. Data direkam setiap detik, dimulai dari kondisi awal hingga nilai pH mencapai setpoint pada masing-masing skenario pengujian, yaitu dengan pengaturan kecepatan dosing pump sebesar 50% dan 100%. Hasil pencatatan ini divisualisasikan dalam bentuk grafik garis guna mempermudah analisis terhadap tren kenaikan pH serta kestabilan sistem dalam mengatur laju injeksi larutan soda ash.

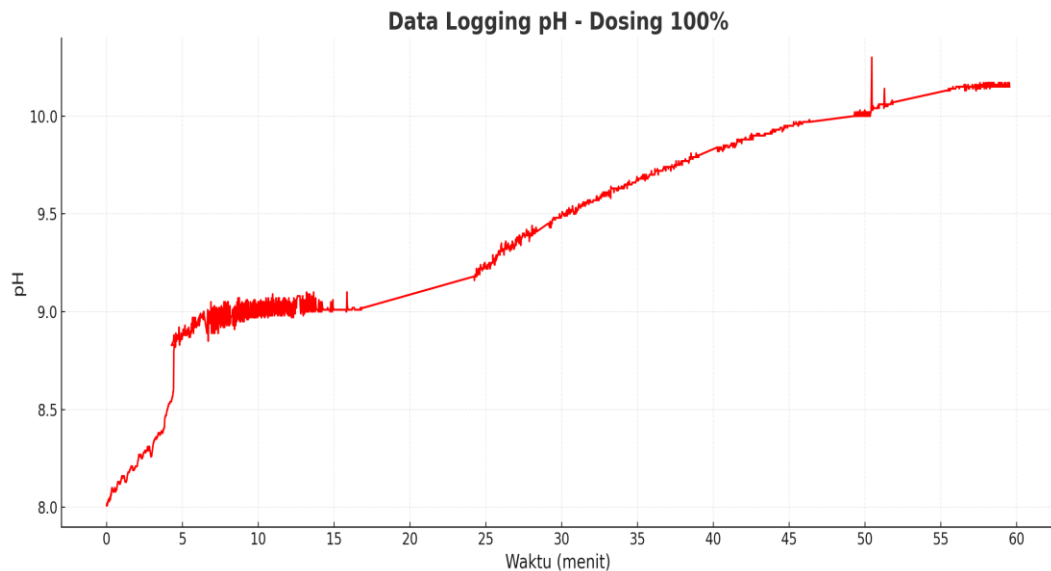
Grafik tersebut digunakan untuk membandingkan laju perubahan pH antara kedua skenario pengujian. Dari visualisasi yang ditampilkan, dapat diamati bahwa sistem mampu mempertahankan kestabilan kontrol secara kontinyu, baik pada laju injeksi rendah (50%) maupun penuh (100%). Hal ini menunjukkan bahwa sistem kontrol berbasis PLC dan HMI bekerja secara responsif dan akurat dalam menyesuaikan nilai pH terhadap target yang telah ditentukan.



**Gambar 5.1** Grafik dosing pump 50%

Gambar 5.1 memperlihatkan grafik peningkatan nilai pH dengan kecepatan **dosing pump 50%**. Proses peningkatan dimulai dari pH 8.00 hingga mencapai 10.00 dalam waktu **1 jam 59 menit 2 detik**. Grafik menunjukkan pola **kenaikan yang linier dan stabil**, tanpa fluktuasi signifikan, menandakan bahwa sistem kontrol bekerja dengan baik dan presisi meskipun injeksi dilakukan secara bertahap. Hal ini menunjukkan bahwa laju injeksi

rendah tetap memberikan hasil yang akurat dan konsisten, sangat cocok untuk proses yang membutuhkan pengendalian bertahap atau sensitif terhadap perubahan.



**Gambar 5.2** Grafik dosing pump 100%

**Gambar 5.2** menampilkan grafik hasil pengujian dengan kecepatan dosing pump 100%. Pada skenario ini, nilai pH meningkat dari 8.00 menjadi 10.00 dalam waktu 59 menit 32 detik, menunjukkan bahwa sistem mampu merespons dengan cepat terhadap kebutuhan koreksi pH. Namun, terlihat adanya fluktuasi kecil dan lonjakan data pada beberapa titik awal proses, kemungkinan akibat ketidakteraturan pencampuran awal atau respons sensor terhadap perubahan konsentrasi mendadak. Meskipun demikian, sistem berhasil menstabilkan nilai pH secara otomatis hingga mencapai setpoint, membuktikan keandalan logika kontrol yang tertanam dalam program PLC.

Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa sistem yang telah dirancang mampu Hasil pengujian kedua skenario menunjukkan bahwa sistem bekerja secara optimal dalam mendukung proses pemantauan dan pengendalian kualitas air di instalasi Water Treatment Plant (WTP). Sistem ini mampu menampilkan data nilai pH secara real-time dengan frekuensi pembaruan setiap detik, sehingga memudahkan operator dalam melakukan pemantauan kondisi air secara kontinu dan akurat.

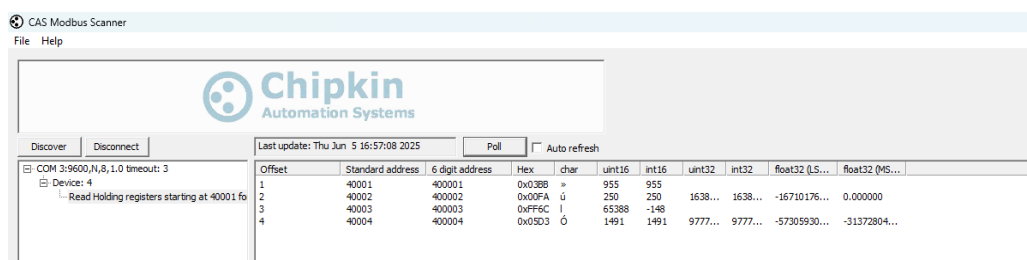
Selain fungsi monitoring, sistem juga menjalankan kontrol otomatis terhadap injeksi larutan soda ash, berdasarkan perbandingan antara nilai aktual (Process Value/PV) dan nilai target (Setpoint Value/SV), yang diproses secara presisi oleh logika pemrograman dalam PLC. Antarmuka HMI dirancang secara informatif dan intuitif, memungkinkan foreman

maupun operator untuk mengakses data, mengatur parameter sistem, serta mengoperasikan perangkat dalam mode manual maupun otomatis dengan lebih mudah dan efisien.

Dengan performa yang andal, responsif, dan terintegrasi, sistem kontrol dan monitoring pH yang dikembangkan telah terbukti mampu memenuhi kebutuhan proses pengolahan air secara modern, efisien, dan berkelanjutan.

## 5.2 Pengujian komunikasi RS485 antar Perangkat

Setelah sistem selesai dirakit dan diinstal, dilakukan pengujian terhadap konektivitas antar perangkat menggunakan komunikasi RS485 berbasis protokol Modbus RTU. Komunikasi ini berperan sebagai jalur utama dalam pengiriman data antara perangkat seperti pH Controller, Supmea Controller (TDS), pH Controller, PLC Autonics LP-A070, dan HMI. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa seluruh perangkat dapat saling terhubung dan melakukan pertukaran data secara stabil, akurat, dan berkelanjutan. Gambar 5.3 tampilan komunikasi menggunakan modbuscanner



**Gambar 5.3** Pengujian komunikasi RS485

Pada gambar 5.3 pengujian dilakukan menggunakan aplikasi pihak ketiga, yaitu ModbusScanner, dengan konfigurasi komunikasi melalui port COM3, baudrate 9600, dan slave ID 4, sesuai dengan pengaturan pada pH Controller. Register yang digunakan untuk pembacaan adalah 40001 (Holding Register) dengan format data bertipe Word. Saat sistem dijalankan, nilai pH berhasil terbaca secara konsisten dan ditampilkan dengan akurat. Sebagai contoh, pada salah satu pengujian, nilai pH yang ditampilkan adalah 9,55, yang sesuai dengan hasil pembacaan langsung dari sensor di lapangan. Proses pembacaan ini menunjukkan antarmuka aplikasi ModbusScanner saat melakukan polling data dari sensor pH. Setelah memastikan seluruh koneksi telah terpasang dengan benar, pengguna dapat menekan tombol

Poll untuk memulai proses pembacaan. Jika sistem berfungsi dengan baik, maka nilai pH akan muncul pada layar aplikasi. Untuk memperoleh pembaruan data secara berkelanjutan dan real-time, pengguna disarankan untuk mengaktifkan fitur Auto Refresh, sehingga sistem dapat memperbarui nilai pH secara otomatis tanpa perlu intervensi manual. Akan tetapi, data pH yang ditampilkan pada saat pengujian berada dalam kondisi di mana tombol Poll ditekan secara manual tanpa mengaktifkan fitur Auto Refresh. Akibatnya, terjadi selisih atau perbedaan nilai antara tampilan aplikasi dan kondisi aktual sensor, karena pembaruan data tidak berlangsung secara kontinu secara real-time. Berikut gambar 5.4 hasil dilapangan



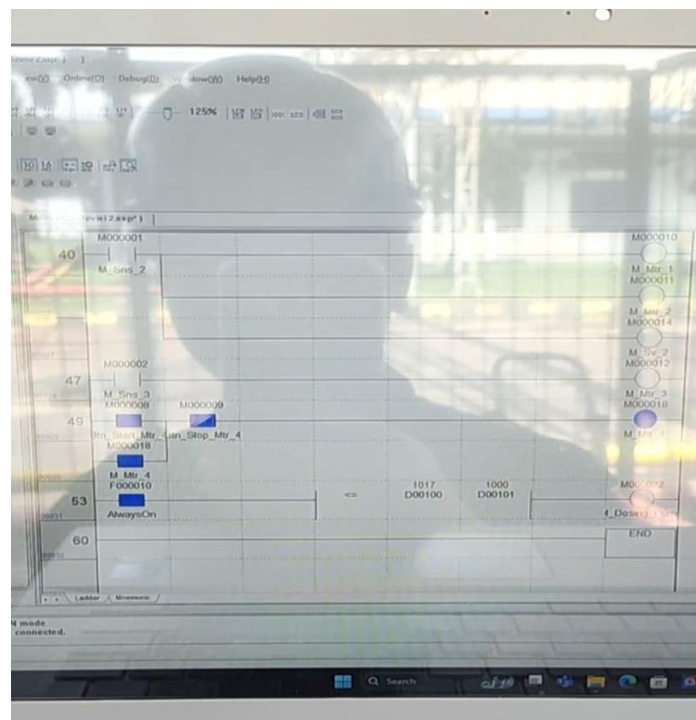
**Gambar 5.4** pH controller

Hasil pengujian menunjukkan bahwa komunikasi antar perangkat berjalan dengan baik, tanpa keterlambatan signifikan maupun gangguan seperti kehilangan data (data corrupt). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa implementasi komunikasi RS485 antar perangkat berhasil dilakukan secara optimal. Keberhasilan ini menjadi aspek krusial dalam mendukung fungsi utama sistem monitoring dan kontrol, karena seluruh proses pengolahan data sensor dan instruksi kendali sangat bergantung pada keandalan konektivitas antar perangkat tersebut.

### **5.3 Pengujian otomatis control pompa dan sistem pengaturan pH**

Setelah sistem komunikasi antar perangkat berhasil diimplementasikan, tahap selanjutnya adalah melakukan pengujian terhadap otomatisasi kontrol pada dosing pump, pompa sirkulasi, dan sistem pengaturan pH berbasis logika pemrograman

Logika kontrol yang digunakan didasarkan pada perbandingan antara nilai aktual (Process Value/PV) dan nilai target (Setpoint/SV) yang telah ditentukan pada antarmuka HMI. Jika nilai pH berada di bawah SV, maka PLC secara otomatis mengaktifkan dosing pump untuk menyuntikkan larutan soda ash ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) ke dalam sistem. Dosing pump akan tetap aktif hingga nilai pH aktual mendekati atau mencapai nilai setpoint, setelah itu pompa akan berhenti secara otomatis. Pompa sirkulasi tetap aktif selama proses berlangsung untuk menjaga homogenitas larutan di dalam sistem. Gambar 5.5 tampilan program ladder terhadap respon pompa sirkulasi dan dosing pump



c, hasil pengujian menun

7

operator dan foreman.

Dalam kondisi tertentu, ketika dosing pump dan pompa sirkulasi berada dalam keadaan nonaktif, nilai pH mengalami kenaikan secara bertahap. Hal ini disebabkan oleh tidak adanya sirkulasi dan pencampuran larutan soda ash secara merata dalam sistem. Dengan tidak berfungsinya aktuator tersebut, larutan menjadi statis, sehingga konsentrasi pH di area sensor dapat meningkat meskipun sistem tidak melakukan penambahan larutan baru. Gambar 5.6 menampilkan kondisi sistem pada tahapan kedua, setelah proses pengaturan pH pertama berhasil dilakukan. Tampilan ini menunjukkan nilai pH aktual yang telah berubah sebagai hasil dari proses dosing sebelumnya.



**Gambar 5.6** Tampilan kedua

Pada tampilan kedua PLC, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menjalankan logika kontrol dengan baik sesuai dengan pemrograman ladder pada PLC. Nilai D100 pada PLC digunakan untuk menampilkan pembacaan pH secara real-time, yang pada saat pengujian menunjukkan nilai sebesar 10,00, sedangkan D101 merepresentasikan nilai setpoint sebesar 10,00 yang telah ditentukan oleh operator dan foreman.

Dalam kondisi ini, ketika dosing pump dan pompa sirkulasi berada dalam keadaan aktif, nilai pH mengalami penurunan secara bertahap hingga kembali

mendekati nilai setpoint, yaitu 10,00. Setelah mencapai nilai tersebut, pH kemudian kembali mengalami kenaikan secara perlahan. Perubahan ini terjadi karena adanya proses sirkulasi dan pencampuran larutan soda ash yang berlangsung secara merata di seluruh sistem. Sirkulasi yang kontinu memastikan distribusi larutan menjadi homogen, sehingga sistem mampu menyesuaikan pH secara dinamis terhadap kondisi aktual yang terus berubah, untuk settingan dosing pump berada 50% dapat dilihat pada gambar 5.7



**Gambar 5.7** Pengaturan dosing pump

Selain itu, status aktif dan nonaktif dari masing-masing pompa dapat dipantau secara langsung melalui indikator status di HMI. Sistem juga mampu mencatat setiap perubahan status dalam data logging, sehingga memudahkan proses evaluasi dan pemeliharaan.

#### **5.4 Pengujian Sistem pengisian air**

Tanki larutan soda ash ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) digunakan sebagai media untuk menaikkan pH air dalam sistem boiler, dengan cara diinjeksikan melalui dosing pump. Seiring dengan penggunaan yang terus-menerus, volume air dalam tanki tentu akan berkurang. Oleh karena itu, diperlukan sistem yang dapat memantau dan mengatur level air secara otomatis.

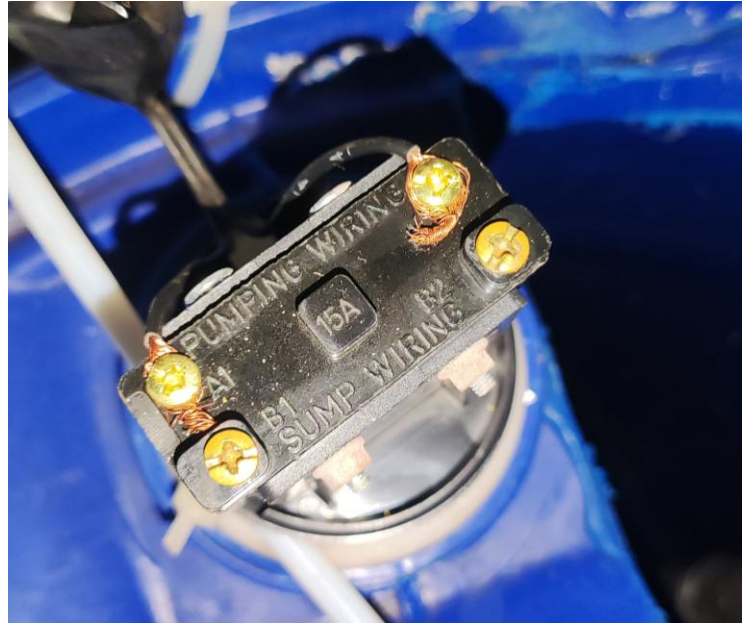
Sistem ini menggunakan dua buah sensor level berupa float switch, yang

masing-masing dipasang pada bagian atas dan bawah drum. Sensor bawah berfungsi sebagai indikator bahwa tanki berada dalam kondisi kosong, sehingga memicu sistem untuk mengaktifkan solenoid valve dan membuka aliran air pengisi. Sementara itu, sensor atas akan mendeteksi jika air telah mencapai batas maksimum, yang kemudian menonaktifkan solenoid valve dan menghentikan proses pengisian. Gambar 5.8 pengaturan pelampung level



**Gambar 5.8** Pengaturan level pelampung

Sistem kontrol ini tidak dikendalikan oleh PLC, melainkan bekerja secara mandiri menggunakan rangkaian kelistrikan konvensional (hardwired). Hal ini dilakukan agar sistem tetap bisa berjalan meskipun sistem utama seperti PLC dan HMI mengalami gangguan, sehingga proses pengisian air tetap berlangsung secara otomatis. Gambar 5.8 koneksi floatless level switch



**Gambar 5.9** Wiring floatless level switch

Pada gambar 5.9 merupakan koneksi yang dilakukan pada terminal A1 dan A2 karena terminal ini berfungsi sebagai Normally Open (NO). Artinya, ketika kondisi pelampung masih berada di atas ambang batas (air masih cukup), maka rangkaian dalam keadaan terbuka (terputus) dan arus listrik tidak mengalir ke aktuator.

Sebaliknya, ketika air dalam tanki berkurang dan pelampung turun hingga mencapai posisi sensor bawah, maka kondisi pelampung akan memicu perubahan kontak menjadi tertutup, sehingga rangkaian tersambung dan arus listrik mengalir ke solenoid valve. Akibatnya, proses pengisian air akan berjalan secara otomatis hingga pelampung kembali naik dan memutuskan kembali rangkaian saat air telah mencapai batas atas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem kontrol level air bekerja dengan baik. Ketika air berada di bawah sensor bawah, solenoid valve langsung aktif dan air mulai mengalir ke dalam tanki. Setelah air mencapai sensor atas, aliran otomatis tertutup dan proses pengisian berhenti secara tepat sesuai yang diharapkan.

Berikut adalah hasil pengujian waktu pengisian berdasarkan kondisi awal dan diameter pipa:

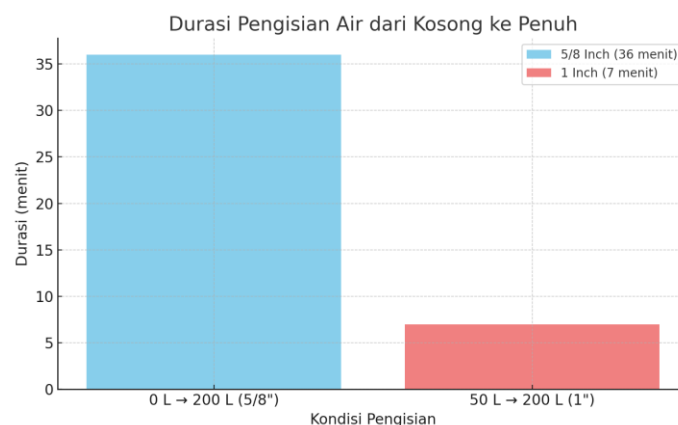
**Tabel 5.2** Pengisian air

| Pengisian Air Kosong ke Penuh |                |                |             |          |
|-------------------------------|----------------|----------------|-------------|----------|
| No                            | Kapasitas Awal | Kapasitas drum | Ukuran pipa | Durasi   |
| 1                             | 0 L            | 200 L          | 5/8 Inch    | 36 Menit |
| 2                             | 50 L           | 200 L          | 1 Inch      | 7 Menit  |

Sebelum ditampilkan dalam bentuk grafik batang (bar chart), perlu dijelaskan terlebih dahulu bahwa Tabel 5.1 menunjukkan dua kondisi pengujian proses pengisian air ke dalam drum.

Pada pengujian pertama, pengisian dimulai dari kondisi kosong (0 L) hingga penuh (200 L), dengan menggunakan pipa berukuran 5/8 inch, yang memerlukan waktu sekitar 36 menit. Proses ini dilakukan untuk kebutuhan mesin casting pada plant solder, di mana air yang digunakan memiliki nilai pH sekitar 9, sesuai kebutuhan proses tersebut.

Sementara itu, pada pengujian kedua, pengisian dimulai dari 50 L hingga penuh (200 L) dengan menggunakan pipa berdiameter lebih besar, yaitu 1 inch, yang menghasilkan waktu pengisian jauh lebih cepat, yakni sekitar 7 menit. Kondisi ini merepresentasikan pengisian pada tanki larutan soda ash, yang digunakan untuk injeksi ke boiler. Pengaturan sistem float switch yang dipasang di tanki ini telah disesuaikan agar tidak pernah benar-benar kosong, sehingga pelampung bawah selalu berada dalam kondisi terisi minimal 50 L. Berikut gambar 5.9 bar chart



**Gambar 5.10** grafik batang pengisian air



**Gambar 5.11** Timbang soda ash

Gambar 5.10 Apabila air dalam tangki masih tersisa (tidak kosong seluruhnya), maka cukup ditambahkan 1 kg soda ash. Namun, jika air telah habis hingga menyentuh dasar tangki, maka diperlukan 2 kg soda ash untuk mencapai konsentrasi yang sesuai.



**Gambar 5.12** Charging soda ash

Gambar 5.12 menunjukkan kondisi saat sistem melakukan pengisian ulang air karena level telah mencapai pelampung bawah (low level). Pada kondisi tersebut, larutan dalam tangki soda ash menjadi lebih encer, sehingga diperlukan penambahan kembali bubuk soda ash untuk menjaga konsentrasi larutan. Gambar 5.13 hasil nilai pH



**Gambar 5.13** Nilai pH tanki soda ash

Gambar 5.13 menunjukkan kondisi setelah proses pengisian air dan penambahan bubuk soda ash ke dalam tangki. Langkah selanjutnya yang dilakukan adalah pengecekan nilai pH untuk mengetahui sejauh mana larutan soda ash mempengaruhi tingkat keasaman air. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai pH berada pada angka 10, yang mengindikasikan bahwa penambahan 1 kg soda ash mampu menaikkan pH larutan hingga mencapai angka tersebut dalam kondisi volume air tertentu.

### 5.5 Hasil kuesioner likert

Setelah sistem otomasi kontrol dan monitoring berbasis PLC dan HMI diterapkan pada instalasi Water Treatment Plant (WTP) di PT Timah Industri, dilakukan evaluasi untuk menilai tingkat keberhasilan dan efektivitas sistem dalam mendukung operasional secara berkelanjutan. Evaluasi ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana sistem yang dikembangkan telah memenuhi kebutuhan pengguna di lapangan, baik dari aspek teknis maupun fungsional.

Penilaian dilakukan dengan metode survei menggunakan instrumen kuesioner yang dibagikan kepada lima responden, terdiri atas operator, foreman, teknisi,

supervisor, dan manajer maintenance. Mereka dipilih sebagai responden karena memiliki pengalaman langsung dalam mengoperasikan dan memantau sistem WTP.

Kuesioner disusun menggunakan skala Likert sebagai alat ukur persepsi responden terhadap kualitas sistem. Skala Likert merupakan metode pengukuran yang lazim digunakan dalam penelitian untuk menilai sikap, persepsi, atau tingkat kepuasan terhadap suatu objek, dengan tingkatan penilaian bersifat ordinal. Adapun skala penilaian yang digunakan terdiri atas lima kategori, pada tabel 5.2 sebagai berikut :

**Tabel 5.3** Skala kategori

| Skor | Tanggapan           |
|------|---------------------|
| 5    | Sangat Setuju       |
| 4    | Setuju              |
| 3    | Netral              |
| 2    | Tidak Setuju        |
| 1    | Sangat Tidak Setuju |

Untuk menginterpretasikan skor rata-rata dari hasil kuesioner, digunakan rentang kategori sebagai berikut:

**Tabel 5.4** Interpretasi Skor Skala Likert

| Rentang skor rata - rata | Kategori      |
|--------------------------|---------------|
| 4,21 - 5,00              | Sangat Baik   |
| 3,41 - 4,20              | Baik          |
| 2,61 - 3,40              | Cukup         |
| 1,81 - 2,60              | Kurang        |
| 1,00 - 1,80              | Sangat Kurang |

Kuesioner disebarkan kepada tiga responden yang merupakan operator dan teknisi di lingkungan PT Timah Industri. Penilaian dalam kuesioner dibagi ke dalam empat aspek utama yang menjadi evaluasi, yaitu:

1. Tampilan Visual dan Antarmuka HMI
2. Kemudahan Operasional
3. Keandalan Sistem dan Fungsi Monitoring
4. Efisiensi dan Dampak terhadap Proses

Kuesioner terdiri dari empat aspek utama yang masing-masing mencakup empat pernyataan, sehingga total terdapat 16 butir pertanyaan. Setiap jawaban responden diberi skor sesuai dengan skala Likert, kemudian dilakukan rekapitulasi dan penghitungan nilai rata-rata untuk setiap aspek. Nilai rata-rata dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Skor Rata-rata} = \frac{\sum X}{n \times k}$$

Keterangan :

$\sum X$  : Jumlah total skor pada suatu aspek

$N$  : Jumlah responden

$k$  : Jumlah pernyataan dalam aspek tersebut

Rekapitulasi hasil penilaian dari ketiga responden disajikan pada tabel berikut:

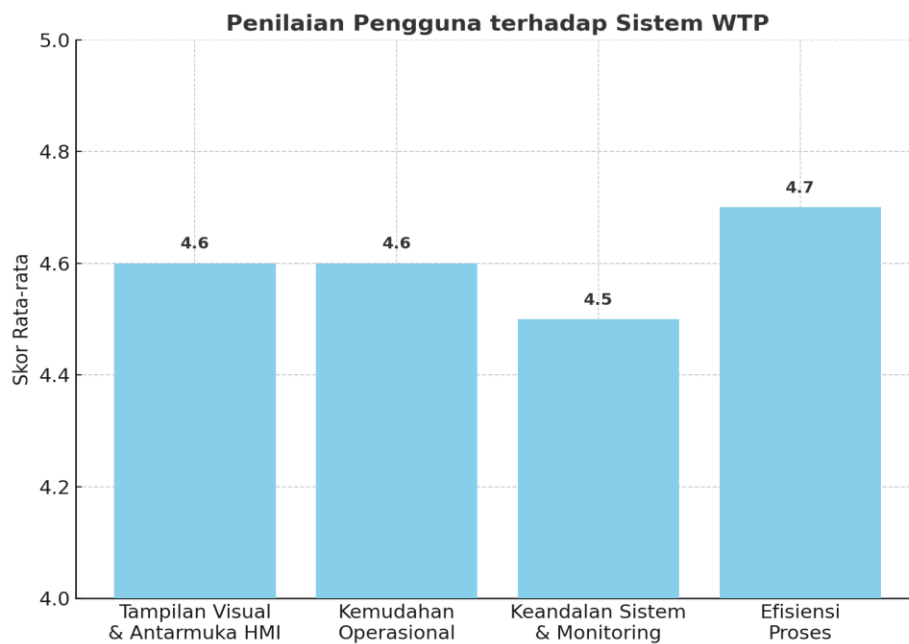
**Tabel 5.5** Penilaian kuesioner

| Aspek Penilaian                        | Total Skor | Jumlah Nilai | Skor rata -rata | Kategori    |
|----------------------------------------|------------|--------------|-----------------|-------------|
| Tampilan visual dan antarmuka HMI      | 56         | 12           | 4,67            | Sangat Baik |
| Kemudahan penggunaan dan operasional   | 56         | 12           | 4,67            | Sangat Baik |
| Keandalan sistem dan fungsi monitoring | 56         | 12           | 4,67            | Sangat Baik |
| Efisiensi dan dampak terhadap proses   | 55         | 12           | 4,58            | Sangat Baik |
| Total Keseluruhan                      | 223        | 48           | 4,65            | Sangat Baik |

Berdasarkan hasil pengolahan data kuesioner, sistem memperoleh skor rata-rata keseluruhan sebesar 4,65, yang termasuk dalam kategori "Sangat Baik". Nilai ini menunjukkan bahwa sistem kontrol dan monitoring *Water Treatment Plant* (WTP) berbasis PLC dan HMI yang dikembangkan telah berhasil memenuhi ekspektasi

pengguna, baik dari segi tampilan antarmuka, kemudahan operasional, keandalan fungsi monitoring, maupun efisiensi terhadap proses kerja di lapangan.

Sebagai visualisasi dari hasil evaluasi ini, Gambar 5.1 menyajikan diagram batang yang menggambarkan skor rata-rata dari masing-masing aspek penilaian berdasarkan tanggapan responden terhadap kuesioner skala Likert.



**Gambar 5.14** Grafik batang hasil kuesioner