

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB II **TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Sistem Penyediaan Air

Sistem penyediaan air dirancang untuk menyediakan, menyalurkan, dan menampung serta mendistribusikan air dari sumber menuju tangki. Sistem penyediaan air berperan dalam mendukung aktivitas operasional, seperti pencucian kendaraan. Penyediaan air harus menjamin kontinuitas, kualitas, dan keandalan pasokan air agar proses dapat berjalan dengan lancar. Menurut (SARTIKA et al., 2022) sistem penyediaan air mampu menjaga kontinuitas aliran dan tekanan agar terpenuhinya kebutuhan secara optimal.

Sistem penyediaan air terjadi dari sumber air, pompa, jaringan perpipaan, tangki penampung oleh karena itu, diperlukan integrasi antara tangki penampungan, pompa, sensor level, dan sistem kontrol agar distribusi air dapat berlangsung secara efektif serta perkembangan teknologi otomasi memungkinkan sistem penyediaan air dikendalikan secara otomatis sehingga mampu meningkatkan efisiensi dan mengurangi risiko gangguan operasional fungsi utama sistem penyediaan air adalah menjamin ketersediaan air dalam jumlah yang cukup. Pada lingkungan industri, sistem ini berfungsi sebagai media distribusi air dari sumber menuju titik penggunaan melalui proses penampungan dan pemompaan. Selain menjamin kontinuitas pasokan, sistem penyediaan air juga berfungsi menjaga stabilitas tekanan dan volume air sehingga kebutuhan operasional dapat terpenuhi tanpa gangguan.

2.1.1 Komponen Sistem Penyediaan Air

Komponen utama pada sistem penyediaan air adalah sumber air yang berfungsi sebagai penyedia utama kebutuhan air. Sumber air dapat berasal dari sumur, air tanah, sungai, maupun jaringan distribusi perusahaan air minum. Komponen kedua adalah pompa yang berfungsi memindahkan air dari sumber menuju tangki penampungan atau langsung ke jaringan distribusi.

Komponen ketiga adalah tangki penampungan yang berfungsi menyimpan cadangan air sehingga ketersediaan air tetap terjaga ketika terjadi fluktuasi kebutuhan. Tangki juga berfungsi untuk mengurangi frekuensi hidup-mati pompa. Selanjutnya



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

terdapat jaringan perpipaan yang digunakan untuk menyalurkan air dari sumber menuju tangki dan dari tangki menuju titik pemakaian.

Perkembangan sistem otomasi menambahkan komponen pengendalian seperti *sensor level*, *flow switch*, dan *Water Level Control* (WLC). Komponen-komponen tersebut berfungsi mendeteksi kondisi level air dan mengendalikan pengoperasian pompa secara otomatis sehingga sistem dapat bekerja lebih efisien dan andal.

2.2 Sistem *Water Level Control* (WLC)

2.2.1 Definisi Sistem *Water Level Control*

Water Level Control (WLC), sistem kendali yang dirancang untuk menjaga dan mengatur ketinggian air dalam tangki agar tetap berada pada batas yang telah ditentukan (*setpoint*) (Fadjar, 2022). Sistem ini bekerja dengan memantau perubahan level air menggunakan sensor, kemudian mengendalikan aktuator berupa pompa sehingga proses pengisian maupun pengosongan air dapat berlangsung secara otomatis Suryatini et al. (2024), *Water Level Control* sistem untuk mempertahankan tinggi permukaan air melalui mekanisme pengendalian otomatis berbasis sensor dan aktuator. *Water level control* dalam industri bertujuan untuk menjamin ketersediaan air pada proses produksi, mencegah kondisi *overflow* dan *dry run* yang merusak pompa (Bakar, 2023). Penerapan *Water Level Control* bertujuan untuk menjaga kontinuitas ketersediaan air, mencegah kondisi tangki kosong (*empty tank*) maupun luapan air (*overflow*), serta meningkatkan efisiensi pengoperasian sistem penyediaan air. Sistem *Water Level Control* terdiri atas tiga komponen utama, yaitu sensor sebagai perangkat pendeteksi level air, pengendali (*controller*) sebagai pengolah sinyal, dan aktuator berupa pompa yang bertugas mengalirkan air menuju tangki penampungan. Ketiga komponen tersebut bekerja secara terintegrasi sehingga perubahan level air dapat dideteksi dan direspons secara otomatis sesuai logika pengendalian yang telah dirancang.

Menurut A. M. Boham et al. (2024) *Water Level Control* merupakan sistem pengendalian level cairan yang memanfaatkan sensor elektroda untuk mendeteksi perubahan ketinggian air dan mengendalikan operasi pompa secara otomatis sesuai kondisi level yang terukur. Fungsi *Water Level Control* adalah untuk pengendali level atau ketinggian air pada level tertentu. *Water Level Control* digunakan pada pipa



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

pompa air dan tangki air, apabila ketinggian air pada tangki sudah mencapai batas yang ditentukan oleh WLC, maka WLC akan aktif dan menghentikan laju aliran air dengan sendirinya. menyatakan bahwa water level control terdiri dari rangkaian pengendali ketinggian permukaan air dan sensor permukaan air yang menggunakan SCR, transistor, dan elektroda sebagai sensor level air. Pada Gambar 2.1 menunjukkan Water Level Controller (WLC) yang digunakan sebagai pengendali level air berdasarkan sinyal dari sensor elektroda.



Gambar 2. 1 *Water Level Control*

Penggunaan sistem ini mampu meningkatkan efisiensi operasional karena mengurangi ketergantungan terhadap pengoperasian manual, sekaligus meningkatkan keandalan proses penyediaan air. (Buwarda et al., 2024) menyebutkan bahwa *Water Level Control* merupakan salah satu aplikasi sistem kendali yang banyak digunakan dalam industri untuk menjaga kestabilan volume cairan di dalam tangki.

2.2.2 Prinsip Kerja *Water Level Control*

Prinsip dasar WLC pada keseimbangan, dimana perubahan volume air dalam tangki merupakan selisih antara debit air masuk dan keluar (Fadjar, 2022). Ketika level air berada di bawah batas minimum, pompa akan aktif untuk mengisi tangki, sedangkan saat level air mencapai batas maksimum, pompa akan berhenti secara otomatis. Menurut Silawardono, (2024), sensor level berfungsi sebagai sumber informasi bagi PLC dalam menentukan tindakan kontrol yang harus dilakukan. Ketelitian dan kecepatan sensor dalam mendeteksi perubahan level akan sangat mempengaruhi respon sistem secara keseluruhan.

Prinsip kerja *Water Level Control* didasarkan pada proses pengukuran level air, pengolahan sinyal, dan pengendalian aktuator. Ketika level air turun hingga batas



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

minimum yang telah ditentukan, sensor akan mengirimkan sinyal ke sistem kontrol untuk mengaktifkan pompa. Sebaliknya, ketika level air mencapai batas maksimum, sistem akan menghentikan operasi pompa secara otomatis *Sistem Water Level Control* berbasis PLC bekerja dengan menerima sinyal dari sensor level, memproses informasi tersebut berdasarkan logika program yang telah ditentukan, kemudian mengendalikan aktuator untuk mempertahankan level air pada batas yang diinginkan (A. Hajar et al., 2023).

2.3 Programmable Logic Controller (PLC)

2.3.1 Definisi Programmable Logic Controller (PLC)

Programmable Logic Controller (PLC) merupakan perangkat control menggunakan memori sebagai control otomatis untuk mengendalikan program atau proses yang telah ditentukan (Hatmojo, 2015). PLC perangkat kontrol digital berbasis mikroprosesor yang dirancang untuk mengotomatisasi proses industri melalui pemrosesan sinyal masukan (input) dan keluaran (output). Sistem PLC bekerja dengan menerima sinyal masukan (*input*) dari berbagai sensor atau perangkat kendali, kemudian memproses sinyal tersebut berdasarkan program yang telah dibuat, dan menghasilkan sinyal keluaran (*output*) untuk mengendalikan aktuator seperti kontaktor, motor, solenoid valve, dan lampu indikator. Menurut Putri et al. (2022) PLC digunakan sebagai pengendali utama sistem kontrol level air dengan menerima data dari sensor level air sesuai dengan nilai yang diinginkan. Dalam otomatisasi industri, PLC meningkatkan efisiensi proses, akurasi, dan keamanan produktivitas dibandingkan dengan teknologi lama seperti logika relai dan logika kontaktor (Hudedmani et al., 2017). Pada Gambar 2.2 menunjukkan Programmable Logic Controller (PLC) yang berfungsi sebagai pusat pengendalian sistem otomatis.



Gambar 2. 2 Programmable Logic Controller



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Prinsip kerja PLC dimulai ketika input menerima sinyal dari sensor atau perangkat kendali, selanjutnya PLC melakukan proses, mengeksekusi program yang tersimpan, kemudian mengirimkan perintah ke perangkat keluaran sesuai logika yang telah ditentukan. Pada sistem *Water Level Control*, PLC menerima sinyal dari sensor level air, kemudian memproses informasi tersebut untuk menentukan kondisi operasi pompa.

2.3.2 PLC Pada Sistem *Water Level Control*

Pada sistem *Water Level Control*, PLC sebagai pengendali utama yang mengatur operasi pompa berdasarkan informasi level air yang diperoleh dari sensor. Ketika level air berada di bawah batas minimum, PLC akan mengaktifkan pompa untuk mengisi tangki. Sebaliknya, ketika level air mencapai batas maksimum, PLC akan menghentikan operasi pompa secara otomatis. Penelitian (Putri et al., 2022) menunjukkan bahwa implementasi PLC pada sistem kontrol level air memberikan kinerja pengendalian yang baik. Sistem yang terdiri dari tangki penyuplai, tangki, sensor level air, PLC, mampu mempertahankan level air.

2.4 Analisis Kinerja Pompa

Analisis kinerja pompa adalah tahap untuk mengevaluasi kemampuan pompa selama proses pengisian tangki pada Sistem *Water Level Control*. Kinerja pompa menunjukan kerja pompa sesuai dengan spesifikasi untuk menghasilkan aliran air yang stabil sehingga kebutuhan pengisian tangki dapat terpenuhi sesuai yang telah di rancang. Analisis kinerja pompa yang dilakukan berdasarkan empat parameter utama, yaitu tegangan kerja, arus kerja, debit air, dan waktu pengisian tangki. Kemapat parameter tersebut menggambarkan karakteristik operasi pompa selama sistem bekerja. Melalui analisis parameter tersebut dapat diketahui kestabilan kerja pompa, kemampuan pompa dalam menghasilkan debit air, serta pengaruhnya terhadap respon sistem *Water Level Control*. Hasil analisis ini menjadi dasar dalam mengevaluasi apakah pompa mampu mendukung sistem pengendalian level air secara optimal.

A. Tegangan Kerja Pompa

Tegangan kerja pompa merupakan besaran listrik yang menunjukkan nilai beda potensial yang diterima motor pompa selama beroperasi. pengukuran tegangan dilakukan untuk mengetahui besarnya tegangan kerja yang diterima pompa selama



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

proses pengisian tangki. Pengukuran dilakukan menggunakan voltmeter pada saat sistem beroperasi. Nilai tegangan yang stabil menunjukkan bahwa pompa memperoleh suplai daya yang memadai untuk bekerja secara normal. (Putra & Setiawan, 2021).

Pengujian dan tegangan pompa dilakukan untuk mengetahui kestabilan kerja kedua pompa selama sistem Water Level Control beroperasi. Pengukuran dilakukan pada saat Pompa 1 dan Pompa 2 bekerja secara bersamaan dalam rentang waktu tertentu. Menghitung nilai rata-rata tegangan arus selama pengujian dengan rumus rata rata pompa 1 dan pompa 2 dihitung dengan persamaan 2.1.

$$\bar{V}_{rata-rata} = \frac{\sum V}{n} \quad (2.1)$$

Keterangan:

$\bar{V}$ =Rata-rata tegangan (Volt)

$\sum V$ =Jumlah seluruh data tegangan hasil pengukuran (Volt)

n =Jumlah data atau jumlah pengukuran

B. Arus Kerja Pompa

Arus listrik digunakan sebagai parameter untuk mengetahui kondisi kerja pompa selama proses pengisian tangki (Sasmita et al., 2023). Pengukuran arus dilakukan menggunakan clamp meter saat pompa beroperasi. Nilai arus yang diperoleh dapat digunakan untuk mengevaluasi kinerja pompa dan mengetahui apakah pompa bekerja dalam kondisi normal sesuai spesifikasinya. Menghitung nilai rata-rata tegangan dan arus selama pengujian dilakukan dengan menggunakan rumus nilai rata-rata aritmatika standar (Putra & Setiawan, 2021).

Menghitung nilai rata-rata arus selama pengujian dengan rumus rata rata pompa 1 dan pompa 2 dihitung dengan persamaan 2.2.

$$\bar{I}_{rata-rata} = \frac{\sum I}{n} \quad (2.2)$$

Keterangan:

$\bar{I}$ =Rata-rata arus (Ampere)

$\sum I$ =Jumlah seluruh data arus hasil pengukuran (Ampere)

n =Jumlah data atau jumlah pengukuran



Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Persentase Penurunan Tegangan awal pengujian adalah 229 V untuk Pompa 1 dan 230 V untuk Pompa 2, maka persentase penurunan tegangan dapat dihitung menggunakan rumus persamaan 2.3.

$$\%V_{drop} = \frac{V_{awal} - V_{akhir}}{V_{awal}} \times 100\% \quad (2.3)$$

Keterangan:

%Vdrop=Persentase penurunan tegangan (%)

V awal=Tegangan awal hasil pengukuran (Volt)

V akhir=Tegangan akhir hasil pengukuran (Volt)

C. Waktu pengisian dan Debit Pompa

Pengujian waktu pengisian tangki dilakukan untuk mengetahui kemampuan pompa dalam mengisi air pada setiap perubahan level yang dideteksi oleh sensor *Water Level Control* (WLC). Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan pompa dalam menaikkan level air dari satu level ke level berikutnya serta menghitung debit aktual yang dihasilkan selama proses pengisian. Untuk menghitung karakteristik debit pompa aktual, rumus mekanika fluida yang digunakan adalah (Yani & Hidayat, 2022). Untuk menghitung volume air pada setiap level, rumus yang benar berdasarkan perbandingan tinggi air terhadap tinggi total tangki adalah dengan rumus dapat dilihat dengan persamaan 2.4

$$V_L = \frac{h_L}{H} \times V_T \quad (2.4)$$

Keterangan:

V_L = Volume air pada level tertentu (Liter)

h_L = Ketinggian level air (cm)

H = Tinggi total tangki (42 cm)

V_T = Kapasitas tangki (30 Liter)

Debit merupakan volume air yang mampu dipindahkan pompa setiap satuan waktu untuk mengevaluasi performa pompa karena menunjukkan kapasitas aliran yang dihasilkan selama proses pengisian tangki. Pada sistem *Water Level Control*, debit yang lebih besar menyebabkan proses pengisian berlangsung lebih cepat



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

sehingga respon sistem terhadap kebutuhan air menjadi lebih baik. Rumus debit dapat dihitung dengan Persamaan 2.5.

$$Q = \frac{V}{t} \quad (2.5)$$

Keterangan:

Q = Debit (L/menit)

V = Volume air (Liter)

t = Waktu pengisian (Menit)

Nilai debit yang diperoleh pada penelitian ini digunakan sebagai dasar dalam menganalisis hubungan antara performa pompa dan respon sistem terhadap perubahan level air

2.5 Analisis Respon Sistem Water Level Control

Analisis respon sistem merupakan metode untuk mengevaluasi kemampuan sistem Water Level Control (WLC) dalam merespon perubahan level air dan mencapai kondisi yang diinginkan. Respon sistem menunjukkan bagaimana sistem bereaksi terhadap perubahan masukan, gangguan, maupun perubahan kondisi operasi yang terjadi selama proses pengisian dan pengosongan tangki.

Pada sistem Water Level Control, respon ditunjukkan oleh kemampuan sistem dalam mencapai level air yang ditetapkan secara cepat, stabil, dan akurat. Kinerja respon sistem dipengaruhi oleh karakteristik pompa, kapasitas tangki, debit aliran, sensitivitas sensor, serta metode pengendalian yang digunakan. Sistem kontrol level air yang baik harus mampu mencapai setpoint dengan cepat serta mempertahankan kestabilan level cairan selama proses berlangsung (Putri et al., 2022). Pengujian respon sistem bertujuan untuk mengetahui tingkat efektivitas sistem dalam mempertahankan level air sesuai kebutuhan operasional. Hasil analisis respon dapat digunakan sebagai dasar evaluasi terhadap kinerja sistem Water Level Control dalam merespon perubahan level air menggunakan persamaan. 2.6.

$$\text{Persentase Keberhasilan} = \frac{\text{Jumlah Respon Sesuai}}{\text{Jumlah Pengujian}} \times 100\% \quad (2.6)$$



2.6 Kontaktor



Gambar 2. 3 Kontaktor

Kontaktor sebagai saklar untuk menghubungkan dan memutus rangkaian secara otomatis. Fungsi kontaktor dalam sistem kendali adalah sebagai penghubung arus utama ke beban, sehingga proses pengoperasian dapat dilakukan dari rangkaian kontrol tanpa harus menyalakan beban secara manual. Penggunaan kontaktor memungkinkan pengoperasian beban dilakukan dari jarak jauh melalui PLC atau sistem kontrol lainnya sehingga meningkatkan keselamatan dan keandalan sistem (Nurshofa, 2024). Pada Gambar 2.3 merupakan bentuk fisik dari komponen Kontaktor.

Pada sistem *Water Level Control* (WLC), kontaktor berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan sumber listrik ke motor pompa secara otomatis. Kontaktor menerima sinyal kontrol dari PLC, relay, atau Water Level Controller berdasarkan kondisi level air yang terdeteksi oleh sensor. Ketika level air berada di bawah batas minimum, sistem akan memberikan perintah kepada kontaktor untuk menutup kontak utama sehingga pompa menyala dan mengisi tangki. Sebaliknya, ketika level air mencapai batas maksimum, kontaktor akan membuka kontak utama sehingga pompa berhenti beroperasi.

2.7 Thermal Overload Relay (TOR)

TOR (*Thermal Overload Relay*), adalah pengaman yang berfungsi melindungi rangkaian dari arus berlebih atau beban lebih. *Thermal Overload Relay* (TOR) digunakan untuk melindungi motor listrik dari kerusakan dengan secara otomatis memutus arus saat terjadi beban berlebih (Puspita & Darmawan, 2023). Pada Gambar 2.4 merupakan komponen TOR (*Thermal Overload Relay*).

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2. 4 Thermal Overload Relay

Prinsip kerja TOR bekerja berdasarkan panas yang timbul dari arus listrik yang melewati unsur bimetal, dirancang khusus untuk melindungi motor dari kerusakan akibat arus beban lebih yang berlangsung secara terus-menerus (Electrical, 2022). Oleh karena itu, kontaktor dan TOR sering digunakan bersama dalam sistem kendali motor untuk memastikan pengoperasian yang aman dan terkendali. Pada sistem *Water Level Control* (WLC), TOR dipasang setelah kontaktor dan sebelum motor pompa. Fungsi TOR adalah melindungi pompa ketika terjadi gangguan. Dengan adanya TOR, sistem WLC tidak hanya mampu mengendalikan level air secara otomatis, tetapi juga mampu memberikan perlindungan terhadap motor pompa sehingga meningkatkan keandalan dan keamanan sistem penyediaan air secara keseluruhan.

2.8 Elektroda

Elektroda merupakan sensor level yang digunakan untuk mendeteksi ketinggian air. Ketika permukaan air menyentuh elektroda, arus listrik akan mengalir melalui air sehingga menghasilkan sinyal yang dapat digunakan oleh sistem kontrol untuk mengetahui posisi level air. Pada sistem *Water Level Control*, sensor elektroda berfungsi sebagai perangkat masukan (*input device*) yang memberikan informasi mengenai kondisi level air kepada sistem pengendali.

Informasi tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam mengaktifkan atau menghentikan pompa sehingga proses pengisian tangki berlangsung secara otomatis sesuai dengan level air yang telah ditentukan. Oleh karena itu, keakuratan sensor elektroda sangat berpengaruh terhadap keandalan sistem dalam menjaga kontinuitas pasokan air.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Sensor elektroda merupakan salah satu metode pendeteksi level air yang memiliki konstruksi sederhana, mudah dipasang, serta mampu memberikan respon yang baik pada sistem pengendalian level air otomatis (A. M. Boham et al., 2024). Pada Gambar 2.5 merupakan sensor elektroda untuk mendeteksi ketinggian air.



Gambar 2. 5 Elektroda

Elektroda dalam sistem Water Level Control (WLC) yang berfungsi sebagai pendeteksi ketinggian atau volume air di dalam tangki, diintegrasikan dengan perangkat kontrol seperti Programmable Logic Controller (PLC). Pada sistem pengendalian level air, elektroda digunakan untuk memberikan informasi kondisi level air kepada PLC sehingga proses pengisian maupun pengosongan tangki dapat dilakukan secara otomatis. Pada sistem pengendalian level air, elektroda digunakan untuk memberikan informasi kondisi level air kepada PLC sehingga proses pengisian maupun pengosongan tangki dapat dilakukan secara otomatis (Arianto et al., 2023)

Pada penelitian ini digunakan lima buah elektroda yang dipasang pada ketinggian berbeda di dalam tangki. Elektroda pertama berfungsi sebagai sensor level common yaitu titik referensi sistem dipasang pada ketinggian 10cm, elektroda kedua berfungsi sebagai level rendah (LV1) dipasang pada ketinggian 14cm, elektroda ketiga sebagai sensor level menengah (LV2) dipasang pada ketinggian 21cm, elektroda empat sebagai sensor level tinggi (LV3) dipasang pada ketinggian 30cm dan elektroda kelima sebagai sensor level LV 4) Overfilling dipasang pada ketinggian 36cm.

Keberhasilan flow switch dalam mendeteksi aliran air menunjukkan bahwa komponen tersebut bekerja sesuai dengan fungsinya sebagai indikator keberadaan



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

aliran fluida. Dengan demikian, flow switch dapat digunakan sebagai salah satu parameter pendukung untuk memastikan bahwa pompa benar-benar mengalirkan air selama proses pengisian tangki. Informasi dari flow switch juga dapat dimanfaatkan sebagai sistem proteksi untuk mendeteksi kondisi kegagalan pompa, kebocoran pipa, atau kondisi *dry running*, sehingga keandalan sistem *Water Level Control* dapat ditingkatkan

2.9 Flow Switch

Flow switch merupakan perangkat sensor yang digunakan untuk mendeteksi adanya aliran fluida (air) di dalam pipa atau saluran distribusi. Perubahan aliran fluida akan menggerakkan elemen sensor sehingga menghasilkan sinyal yang digunakan sebagai dasar pengendalian sistem (Nabila, 2024). Sensor yang digunakan untuk mendeteksi ada atau tidaknya aliran fluida pada suatu sistem perpipaan. Sensor ini bekerja dengan mengubah kondisi kontak listrik ketika terjadi aliran fluida yang melewati sensor. Apabila pompa aktif tetapi tidak terdapat aliran air akibat sumber air habis atau terjadi gangguan pada pompa, flow switch akan mengirimkan sinyal ke sistem kontrol untuk menghentikan operasi pompa. Dengan demikian, penggunaan flow switch dapat meningkatkan keandalan sistem serta melindungi pompa dari kerusakan akibat kondisi *dry running* (Prasetyo, 2022). Pada Gambar 2.7 menunjukkan selector switch yang digunakan untuk memilih mode pengoperasian sistem.



Gambar 2. 6 Flow switch

Menurut Dwiky, (2025). Flow switch atau float switch berfungsi sebagai sensor pendeteksi level cairan dasar yang digunakan untuk mengontrol kerja pompa secara otomatis berdasarkan ambang batas tertentu. Pada sistem *Water Level Control* (WLC),



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

flow switch digunakan untuk memastikan bahwa air benar-benar mengalir ketika pompa beroperasi. Keberhasilan flow switch dalam mendeteksi aliran air menunjukkan bahwa komponen tersebut bekerja sesuai dengan fungsinya sebagai indikator keberadaan aliran fluida. Dengan demikian, flow switch dapat digunakan sebagai salah satu parameter pendukung untuk memastikan bahwa pompa benar-benar mengalirkan air selama proses pengisian tangki.

2.10 Pompa Air

Pompa air merupakan aktuator utama dalam sistem Water Level Control (WLC) yang berfungsi memindahkan fluida dari satu titik ke titik lain melalui energi mekanik yang diubah menjadi energi hidrolik. Dalam sistem perpindahan air, pompa digunakan untuk mengalirkan air, meningkatkan tekanan, maupun mensirkulasikan air pada berbagai aplikasi domestik dan industri. Salah satu jenis pompa yang banyak digunakan adalah pompa air celup (submersible pump), yaitu pompa yang dirancang untuk bekerja dalam kondisi terendam di dalam fluida yang dipompa. Pada Gambar 2.8 menunjukkan pompa air yang digunakan sebagai aktuator utama dalam sistem *Water Level Control*.



Gambar 2. 7 Pompa Air

Prinsip kerja pompa sentrifugal didasarkan pada putaran impeller yang digerakkan oleh motor listrik. Ketika impeller berputar, fluida yang berada di dalam rumah pompa (*casing*) akan terdorong keluar akibat gaya sentrifugal. Pergerakan fluida tersebut menghasilkan daerah bertekanan rendah pada bagian tengah impeller sehingga air dari sisi masuk (*suction*) akan terhisap secara terus-menerus.

Pada sistem Water Level Control, pompa dioperasikan secara otomatis berdasarkan informasi level air yang diperoleh dari sensor elektroda. Saat level air



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

berada pada batas rendah, sistem akan mengaktifkan pompa untuk melakukan pengisian tangki. Sebaliknya, ketika level air mencapai batas tinggi, pompa akan dihentikan untuk mencegah terjadinya luapan (*overflow*).

Hubungan antara pompa dan sistem Water Level Control sangat erat karena keberhasilan pengendalian level air tidak hanya ditentukan oleh akurasi sensor, tetapi juga dipengaruhi oleh kemampuan pompa dalam menghasilkan debit yang sesuai. Debit yang terlalu kecil akan memperlambat pengisian tangki, sedangkan debit yang



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

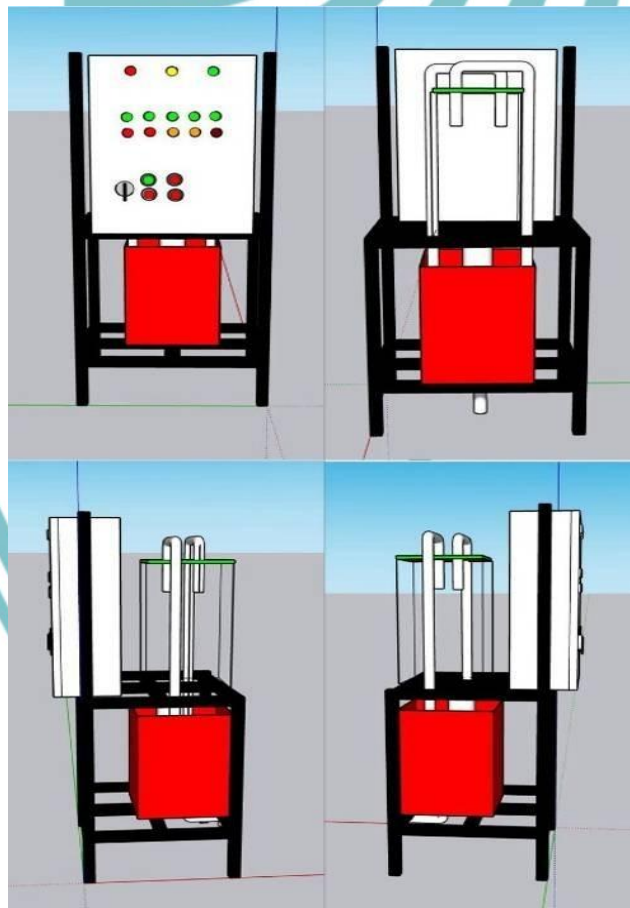
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB III PERANCANGAN DAN REALISASI

3.1 Rancangan Alat

Prototipe *Water Level Control* dirancang sebagai media simulasi untuk menganalisis kinerja pompa dan respon sistem dalam mengendalikan level air secara otomatis. Sistem ini merepresentasikan prinsip kerja sistem penyediaan air pada instalasi industri dengan memanfaatkan dua unit pompa, sensor elektroda sebagai pendeteksi level air, *Water Level Controller* (WLC), dan *Programmable Logic Controller* (PLC) sebagai pengendali utama. Seluruh komponen diintegrasikan dalam sebuah panel kontrol sehingga mampu menjalankan proses pengisian tangki secara otomatis sesuai dengan perubahan level air yang terdeteksi. Pada Gambar 3.1 adalah sistem yang dirancang dalam penelitian.



Gambar 3. 1 Rancangan Alat



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Sistem pengendalian level air (Water Level Control) menggunakan dua pompa yang dikendalikan oleh Programmable Logic Controller (PLC). Sistem ini dirancang untuk mengotomatisasi proses pengisian air dari tangki sumber menuju tangki penampung (toren air) berdasarkan kondisi ketinggian air yang terdeteksi oleh sensor level. Tujuan utama perancangan sistem ini adalah menggantikan proses pengoperasian pompa secara manual, meningkatkan efisiensi pengisian air, menjaga kestabilan level air dalam tangki, serta meningkatkan keandalan sistem melalui pengendalian dan monitoring yang terintegrasi.

Sebelum proses perancangan dan realisasi sistem dilakukan, tahap awal yang dilaksanakan adalah observasi terhadap kebutuhan operasional sistem pengendalian level air serta identifikasi komponen yang akan digunakan. Observasi dilakukan untuk mengetahui konfigurasi instalasi perpipaan, posisi tangki sumber air dan tangki penampung, jalur pemasangan sensor level, lokasi pemasangan pompa, serta tata letak panel kontrol. Data hasil observasi tersebut digunakan sebagai dasar dalam merancang sistem agar sesuai dengan kondisi aktual plant yang akan dibangun.

Perancangan sistem dilakukan dengan mengintegrasikan sensor Water Level Control (WLC), flow switch, PLC GLOFA G7M-DR40U, kontaktor, thermal overload relay, serta dua unit pompa air sebagai aktuator utama. Sensor level berfungsi mendeteksi perubahan ketinggian air pada tangki penampung, sedangkan PLC bertugas mengolah sinyal masukan dari sensor untuk menghasilkan perintah pengoperasian pompa sesuai logika program yang telah dirancang. Selain itu, flow switch digunakan sebagai sistem pengaman untuk memastikan adanya aliran air selama pompa bekerja sehingga dapat mencegah kerusakan akibat kondisi dry running.

Melalui perancangan ini diharapkan sistem mampu bekerja secara otomatis dalam menjaga level air pada batas yang telah ditentukan, memberikan respon yang cepat terhadap perubahan kondisi level air, serta meningkatkan keandalan dan keselamatan operasi dibandingkan dengan sistem konvensional yang masih mengandalkan pengawasan operator secara terus-menerus.



Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.1.1 Deskripsi alat

Alat yang dirancang pada penelitian ini merupakan panel sistem Water Level Control (WLC) dua pompa berbasis Programmable Logic Controller (PLC) yang berfungsi untuk mengenda-

likan dan mempertahankan ketinggian air pada tangki penampung secara otomatis. Alat ini dibuat sebagai media simulasi dan pembelajaran sistem otomasi yang mengintegrasikan sensor level air, PLC, pompa air, flow switch, serta perangkat proteksi dalam satu sistem kendali yang terintegrasi. PLC berperan sebagai pusat pengendalian yang menerima sinyal masukan dari sensor level air dan perangkat pendukung lainnya, kemudian memproses sinyal tersebut sesuai logika program untuk mengatur operasi pompa secara otomatis.

Sistem terdiri atas box panel ukuran 80 x 60 x 25 tebal plat 1,2mm, satu tangki penampung utama berkapasitas 30 liter sebagai objek pengendalian level air dan satu tangki sumber berkapasitas 48 liter yang berfungsi sebagai penyedia air. Air dipindahkan dari tangki sumber menuju tangki penampung menggunakan dua unit pompa celup Kandila PSP-2300Z. Pengoperasian kedua pompa dirancang untuk menjaga ketersediaan air pada tangki penampung sesuai batas level yang telah ditentukan. Pada kondisi level rendah, kedua pompa dapat bekerja secara bersamaan untuk mempercepat proses pengisian, sedangkan pada kondisi tertentu pompa bekerja secara bergantian (alternating) guna menyeimbangkan waktu operasi masing-masing pompa.

Panel kontrol berfungsi sebagai pusat pengendalian dan proteksi sistem. Di dalam panel terdapat berbagai komponen kontrol dan proteksi, antara lain PLC LS GLOFA G7M-DR40U, Water Level Control (WLC) Omron 61F GP-N, kontaktor, thermal overload relay, relay bantu, MCB, fuse, terminal block, serta perangkat pendukung lainnya. Selain itu, pada pintu panel dipasang push button, selector switch, pilot lamp, emergency stop, dan buzzer sebagai media pengoperasian, monitoring, serta indikasi kondisi sistem.

Deteksi level air dilakukan menggunakan lima buah elektroda yang dipasang pada ketinggian berbeda di dalam tangki penampung. Elektroda tersebut terdiri dari elektroda Common sebagai referensi, LV1 sebagai level rendah, LV2 sebagai level transisi, LV3 sebagai level penuh (stop normal), dan LV4 sebagai level overfilling atau



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

kondisi pengaman. Sinyal dari elektroda akan diproses oleh modul Water Level Control untuk menentukan kondisi level air dan mengirimkan sinyal kendali kepada PLC.

Sistem perpipaan menggunakan pipa PVC beserta aksesorinya, seperti elbow, sok drat, dan katup (ball valve), sebagai media penyaluran air dari tangki sumber menuju tangki penampung. Untuk meningkatkan keamanan sistem, dipasang dua buah flow switch yang berfungsi mendeteksi keberadaan aliran air selama pompa beroperasi. Apabila pompa aktif tetapi tidak terdeteksi adanya aliran air, sistem akan mengidentifikasi kondisi gangguan dan memberikan perlindungan terhadap pompa guna mencegah kerusakan akibat operasi tanpa aliran air (dry running).

Selain proteksi menggunakan flow switch, sistem juga dilengkapi thermal overload relay sebagai pengaman beban lebih motor pompa, MCB sebagai pengaman hubung singkat dan arus lebih, emergency stop sebagai pemutus darurat, serta lampu indikator dan buzzer sebagai perangkat monitoring kondisi operasi sistem. Seluruh komponen dipasang pada rangka berbahan besi hollow yang dirancang untuk menopang panel kontrol, tangki, pompa, dan sistem perpipaan sehingga membentuk satu kesatuan prototipe yang kokoh dan mudah dipindahkan.

Alat sistem Water Level Control dua pompa ini digunakan sebagai media pengujian untuk menganalisis kinerja pompa dan respon sistem terhadap perubahan level air. Parameter yang diamati dalam penelitian meliputi tegangan kerja pompa, arus kerja pompa, debit aliran air, waktu pengisian tangki, serta waktu respon sistem terhadap perubahan level air. Hasil pengujian tersebut digunakan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam mengendalikan proses pengisian air secara otomatis pada skala laboratorium. Penerapan sistem Water Level Control Dua Pompa berbasis PLC ini diharapkan mampu menghasilkan proses pengendalian level air yang lebih efektif, responsif, dan akurat dibandingkan metode konvensional. Selain itu, sistem ini dapat digunakan sebagai sarana pengujian operasional dan analisis respon sistem kontrol level air, sehingga memberikan gambaran nyata mengenai penerapan teknologi otomasi dalam pengelolaan sistem distribusi dan penampungan air.



3.1.2 Cara kerja alat

Prototipe *Water Level Control* bekerja secara otomatis berdasarkan perubahan level air yang dideteksi oleh sensor elektroda. Pada Gambar 3.2 adalah alur kerja sistem untuk memberikan gambaran mengenai urutan operasi sistem, diperlukan ilustrasi mengenai cara kerja alat mulai dari proses pendeteksian level air hingga pengoperasian pompa.

Kondisi	Arah	P1	P2
$\leq \text{LV1}$	-	ON	ON
Naik ke LV2	↑	OFF	ON
Naik ke LV3	↑	OFF	OFF
Turun ke LV2	↓	ON	OFF
Naik ke LV3	↑	OFF	OFF
Turun ke LV2	↓	(kembali ke baris 2)	
Turun ke $\leq \text{LV1}$	↓	(kembali ke baris 1)	

Gambar 3. 2 Cara Kerja Alat

Pada gambar 3.2 adalah cara kerja Sistem Water Level Control (WLC) dua pompa dirancang untuk menjaga ketersediaan air pada tangki penampungan secara otomatis maupun konvensional. Sebelum sistem dioperasikan, operator memilih mode kerja menggunakan selector switch pada posisi Auto atau Manual. Pada mode Auto, seluruh proses pengendalian dilakukan secara otomatis berdasarkan sinyal sensor level air, sedangkan pada mode Manual pengoperasian pompa dilakukan oleh operator melalui rangkaian kontrol yang tersedia. Setelah mode operasi dipilih, operator menekan push button Start untuk mengaktifkan sistem. Selanjutnya sistem mulai membaca seluruh sinyal masukan yang berasal dari sensor Water Level Control (WLC), flow switch, dan overload relay pada masing-masing pompa. Sensor level

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

digunakan untuk mendeteksi ketinggian air di dalam tangki, sedangkan flow switch dan overload relay berfungsi sebagai sistem proteksi pompa.

Pada kondisi level air sangat rendah atau berada pada level $\leq$ LV1, sistem akan mengaktifkan Pompa 1 (P1) dan Pompa 2 (P2) secara bersamaan. Pengoperasian kedua pompa dilakukan untuk mempercepat proses pengisian tangki dan menjaga kontinuitas suplai air saat kebutuhan air meningkat. Ketika level air naik hingga mencapai LV2, sistem akan menghentikan Pompa 1 dan hanya mengoperasikan Pompa 2. Pengisian tangki kemudian dilanjutkan oleh satu pompa hingga level air mencapai LV3. Saat level air mencapai LV3 sebagai batas atas tangki, kedua pompa akan berhenti secara otomatis untuk mencegah terjadinya luapan air (*overflow*).

Seiring penggunaan air, level air dalam tangki akan kembali turun. Ketika level air turun hingga mencapai LV2, sistem mengaktifkan kembali pompa dengan metode alternating atau bergantian. Pada siklus pertama setelah pengisian penuh, Pompa 1 akan aktif sedangkan Pompa 2 tetap berhenti. Pengisian berlangsung hingga level air kembali mencapai LV3 dan kedua pompa berhenti. Pada siklus berikutnya, saat level air turun kembali ke LV2, sistem akan mengaktifkan Pompa 2 dan menonaktifkan Pompa 1. Metode alternating ini bertujuan untuk menyeimbangkan jam kerja kedua pompa sehingga beban operasi dan tingkat keausan pompa menjadi lebih merata.

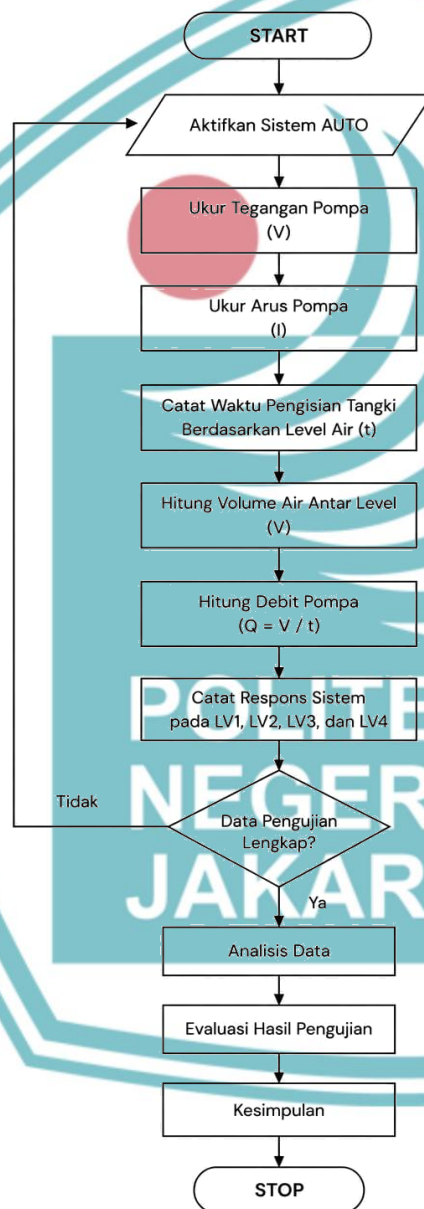
Apabila level air kembali turun hingga berada pada kondisi $\leq$ LV1, maka kedua pompa akan aktif secara bersamaan seperti kondisi awal. Siklus operasi tersebut akan terus berulang selama sistem berada dalam kondisi normal. Selama sistem beroperasi, PLC terus memantau kondisi pompa melalui flow switch dan overload relay. Jika salah satu pompa mengalami gangguan, seperti tidak adanya aliran air atau beban lebih pada motor pompa, sistem akan mengaktifkan pompa cadangan dan menyalakan buzzer serta lampu indikator sebagai peringatan kepada operator.

Setelah operator mengetahui adanya gangguan, buzzer dapat dimatikan dengan menekan push button Off Buzzer tanpa menghentikan operasi sistem. Untuk menghentikan operasi secara normal, operator menekan push button Stop. Sedangkan pada kondisi darurat, emergency stop digunakan untuk memutus seluruh rangkaian kontrol dan menghentikan kedua pompa secara langsung guna menjamin keselamatan peralatan dan operator.



3.1.3 Flowchart

Flowchart pengujian sistem Water Level Control digunakan dalam pelaksanaan pengambilan data penelitian. Pada Gambar 3.3 adalah Tahapan pengujian disusun dalam bentuk diagram alir. Proses pengambilan data penelitian dilakukan secara sistematis agar seluruh parameter yang dibutuhkan dapat diperoleh secara lengkap.



Gambar 3. 3 Flowchart Pengujian

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Flowchart pengujian sistem Water Level Control digunakan dalam pelaksanaan pengambilan data penelitian. Tahapan pengujian diawali dengan mengaktifkan sistem pada mode auto sehingga sistem dapat bekerja secara otomatis sesuai logika pengendalian level air yang telah dirancang.

Setelah sistem aktif, dilakukan pengukuran tegangan pompa menggunakan digital voltage meter untuk mengetahui besarnya tegangan kerja yang diterima pompa selama proses pengisian. Selanjutnya dilakukan pengukuran arus pompa menggunakan clamp meter untuk mengetahui arus kerja masing-masing pompa saat beroperasi.

Tahap berikutnya adalah mencatat waktu pengisian tangki berdasarkan level air. Pengukuran dilakukan dengan mengamati waktu yang dibutuhkan air untuk mencapai setiap sensor level yang telah ditentukan. Data waktu pengisian tersebut kemudian digunakan untuk menghitung volume air antar level berdasarkan perbedaan ketinggian sensor pada tangki.

Setelah volume air antar level diketahui, dilakukan perhitungan debit pompa menggunakan perbandingan antara volume air yang dipindahkan dengan waktu pengisian yang dibutuhkan. Nilai debit ini digunakan untuk mengevaluasi kinerja pompa selama proses pengisian tangki.

Selain pengukuran kinerja pompa, dilakukan juga pengamatan terhadap respons sistem pada level LV1, LV2, LV3, dan LV4. Pengamatan ini bertujuan untuk memastikan bahwa pompa bekerja sesuai logika operasi yang telah dirancang, yaitu aktif, berhenti, atau bergantian sesuai perubahan level air yang terdeteksi oleh sensor.

Seluruh data hasil pengujian kemudian diperiksa untuk memastikan kelengkapannya. Apabila data yang diperoleh belum lengkap atau masih terdapat ketidaksesuaian, maka pengujian diulang kembali hingga seluruh data yang dibutuhkan tersedia. Setelah data dinyatakan lengkap, dilakukan analisis data untuk mengevaluasi kinerja pompa dan respons sistem Water Level Control.

Tahap akhir dari flowchart pengujian adalah evaluasi hasil pengujian dan penarikan kesimpulan, yang digunakan untuk menentukan apakah sistem Water Level Control pada prototipe telah bekerja sesuai dengan tujuan perancangan dan parameter penelitian yang telah ditetapkan.

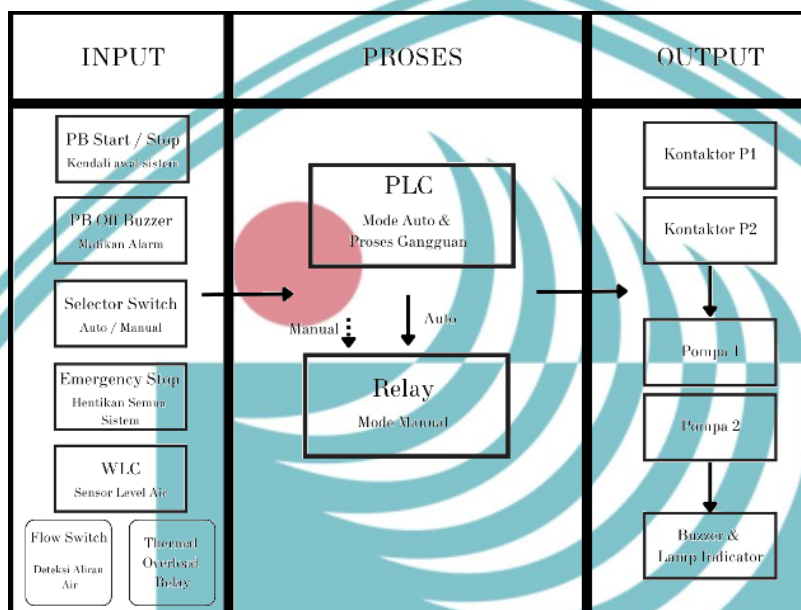


Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.1.4 Diagram Blok

Untuk menjelaskan hubungan antar komponen utama pada prototipe *Water Level Control*, digunakan diagram blok yang menggambarkan aliran sinyal dan fungsi setiap perangkat dalam sistem. Pada Gambar 3.4 menjelaskan hubungan antar komponen utama pada prototipe *Water Level Control*.



Gambar 3. 4 Diagram Blok

Pada Gambar 3.4 adalah diagram Blok Sistem Water Level Control dua pompa berbasis PLC terdiri dari tiga bagian utama, yaitu input, proses, dan output. Bagian input terdiri dari push button Start/Stop untuk mengaktifkan dan menghentikan sistem, push button Off Buzzer untuk mematikan alarm, selector switch untuk memilih mode Auto atau Manual, serta emergency stop sebagai pengaman darurat. Selain itu terdapat sensor Water Level Control (LV1, LV2, dan LV3) untuk mendeteksi ketinggian air, flow switch untuk mendeteksi aliran air, dan thermal overload relay untuk mendeteksi gangguan beban lebih pada motor pompa.

Bagian proses terdiri dari PLC dan relay. Pada mode Auto, PLC berfungsi sebagai pengendali utama yang memproses seluruh sinyal input dan mengatur operasi pompa secara otomatis sesuai kondisi level air. Pada mode Manual, fungsi pengendalian dilakukan oleh relay konvensional sehingga pompa dapat dioperasikan tanpa logika PLC. Bagian output terdiri dari kontaktor Pompa 1 dan Pompa 2 yang mengendalikan kerja kedua pompa sebagai aktuator pengisian air. Selain itu terdapat



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

buzzer dan lampu indikator yang berfungsi memberikan informasi kondisi operasi maupun gangguan sistem kepada operator.

3.1.5 Spesifikasi Alat

Sebelum proses perancangan dan realisasi sistem dilakukan, seluruh komponen yang digunakan harus disesuaikan dengan kebutuhan pengendalian pada prototipe *Water Level Control*. Pemilihan spesifikasi komponen bertujuan agar setiap perangkat mampu bekerja secara optimal serta saling terintegrasi dalam menjalankan fungsi pengendalian level air secara otomatis. Spesifikasi masing-masing komponen yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 3.1 sebagai berikut.

Tabel 3. 1 Spesifikasi Komponen

Dalam Panel				
No	Nama Material	Spesiifikasi	Unit	Jumlah
1	Box Panel	80 x 60 x 25 tebal plat 1,2mm	Bh	1
2	Cable Duct	Niso Cable Duct 45 x 45 x 1,7m	M	1,7
		Niso Cable Duct 25 x 45 x 1,7m	M	1,7
3	Din Rail	Reli MCB Fort FTR02-10 1m	M	2
4	Terminal Block	TB Terminal UK6N EWIG	Bh	46
	Stopper	Stopper terminal block din rail ewig	Bh	18
	Terminal Block	Terminal Block ground Ewig 0,2~6mm 57A	Bh	2
5	MCB 3	MCB SCHNEIDE 3 Pole 10A D Curve 380/415 V 50/60 Hz	Bh	2
6	MCB 1	MCB SCHNEIDER 1 Pole 2A Z Curve 220/240 V 50/60 Hz	Bh	1
7	PLC	LS GLOFA G7M -DR40U	Bh	1
8	Kontaktor	Telemecanique Kontaktor LC1 D09 10	Bh	2
9	Thermal Overload Relay	Telemecanique LR1-D09304. 0,40A-0,63A	Bh	2
10	Water Level Control	OMRON 61F GP-N 220V Type 11 pin	Bh	3
11	Relay	Relay Omron MY4N 220vac	Bh	17
12	Fuse	FUSE FS10 PANEL LISTRIK Ukuran fuse 6x30mm Model FS-10	Bh	4
Pintu Panel				
No	Nama Material	Spesiifikasi	Unit	Jumlah
1	Pilot Lamp	Red Mount Dia: 22 mm Supply Voltage: 220-240 V 50/60 Hz 20 mA Light Source: LED	Bh	3
		Orange Mount Dia: 22 mm Supply Voltage: 220-240 V 50/60 Hz 20 mA Light Source: LED	Bh	3



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

		Green Mount Dia: 22 mm Supply Voltage: 220-240 V 50/60 Hz 20 mA Light Source: LED	Bh	6
2	Push Button	1 NC Mount Dia: 22 mm Spring Return 240V 3A Red	Bh	2
		1 NO Mount Dia: 22 mm Spring Return 240V 3A Green	Bh	1
3	Selector Switch		Bh	1
4	Emergency Switch	Mount Dia: 22 mm Operation: Push LockTurn Reset (Release) Mushroom Profile Dia 40mm 240V 3A	Bh	1
5	Buzzer	Buzzer with lamp Fort Type: AD22-22MSD V:380VAC/ 2220VAC/ 240VDC	Bh	1

Luar Panel

No	Nama Material	Spesiifikasi	Unit	Jumlah
1	Pompa Air	POMPA CELUP KANDILA psp 2300 z psp- 2300z	Bh	2
	Flow Switch	Model type XD t205369518 Kuningan 220V ½ inc	Bh	2
2	Tanki Air	Tempat Es 30 Liter Green Leaf	Bh	1
		Ember Segi Chiro 48 Liter 1038 Green Leaf (Dengan Tutup) - Merah	Bh	1
3	Paralon Pipa PVC	Pipa PVC Rucika AW Putih per meter 1/2"	Btg	1
		Pipa PVC Rucika AW Putih per meter 1"	Cm	25
4	Elbow Pipa pvc	Keni 1/2" inch PVC	Bh	6
	sok drat luar	sok drat luar 1/2" in	Pcs	2
		sok drat luar 1 in	Pcs	2
	sok drat dalam	sok drat dalam 1/2" in	Pcs	2
	drat mur	drat mur 1 in	Pcs	1
		Dart mur ½	Pcs	1
5	Keran Pipa	Grest Stop Kran Ball Valve Bahan PVC 1/2 inch	Bh	1
		Stop Kran yahoya Bahan kuningan 1 inch	Bh	1
6	Elektroda	Elektroda lilin wlc sensor pompa	Bh	5
7	Frame	Besi Hollow 40 x 40 (1 batang/6M)	Btg	2
8	Roda	Roda Caster Serbaguna Wheel Karet (1 set 2pcs)	Bh	4

Kabel

No	Nama Material	Spesiifikasi	Unit	Jumlah
1	Kabel NYA	NYA 1,5 mm Merah	M	3
		NYA 1,5 mm Kuning		
		NYA 1,5 mm Hitam		
		NYA 1,5 mm Biru		



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

		NYA 1,5 mm Kuning Strip Hijau		
2	Kabel AWG	AWGB20 MX Red	M	25
		AWGB20 MX black		50
		AWGB20 MX yellow		25
		AWGB20 MX blue		15
3	USB ATEN	Aten UC232A - USB to RS-232 Converter	BH	1
4	Selang Kabel Spiral	Ewig swb-08 (6-55mm)	Mtr	10
5	Skun	Skun Y		~
		Skun Tusuk		~
	Zip Tie	Zip Tie 100mm	Pcs	100

Berdasarkan Tabel 3.1, seluruh komponen memiliki spesifikasi yang sesuai untuk mendukung pengoperasian prototipe Water Level Control sehingga sistem dapat bekerja secara optimal.

3.2 Realisasi Alat

Setelah proses perancangan sistem selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah merealisasikan desain panel sebagai pusat pengendalian seluruh komponen pada prototipe *Water Level Control*. Desain panel dibuat untuk menentukan tata letak setiap komponen sehingga proses pemasangan dan pengawatan dapat dilakukan secara sistematis.

Dalam realisasi alat dilakukan untuk mewujudkan perencanaan yang sudah ada. Pada bagian ini akan dibahas mengenai realisasi pada perencanaan yang telah disusun, tahap selanjutnya adalah merealisasikan Sistem Otomasi Water Level Control Dua Pompa Berbasis PLC Pada Instalasi Air Industri dalam bentuk fisik, nyata agar dapat berfungsi sesuai dengan tujuan perancangan. Pada tahap ini dilakukan perancangan dan perakitan seluruh komponen sehingga sistem dapat beroperasi sesuai dengan fungsi yang direncanakan. Realisasi alat dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu konstruksi alat, pemasangan komponen panel, proses wiring rangkaian, pemasangan tangki dan pompa, serta pengujian sistem.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 3. 5 Realisasi Alat

3.2.1 Proses Realisasi

Proses konstruksi dilakukan setelah tahap perancangan sistem dinyatakan selesai. Setelah seluruh komponen yang dibutuhkan tersedia, kegiatan dilanjutkan dengan proses perakitan sistem secara menyeluruh. Proses konstruksi dilakukan agar penempatan komponen sesuai dengan yang telah di rancang. Proses konstruksi dapat dilakukan setelah tahap perancangan sistem dinyatakan selesai. Setelah seluruh komponen yang dibutuhkan tersedia, kegiatan dilanjutkan dengan proses perakitan sistem secara menyeluruh. Proses konstruksi dilakukan agar penempatan komponen sesuai dengan yang telah di rancang. Tahap pengukuran dan penandaan posisi pemasangan setiap komponen berdasarkan layout panel yang telah dirancang. Pada



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 3.6 adalah Penempatan komponen dengan mempertimbangkan kemudahan pengawatan, pemeriksaan, dan perawatan sistem. Selanjutnya dilakukan pemasangan din rel dan duct kabel sebagai tempat pemasangan komponen serta jalur pengawatan di dalam panel.



Gambar 3. 6 Pemasangan Komponen

Setelah din rel dan duct kabel terpasang, dilakukan pemasangan komponen pada panel kontrol sesuai tata letak yang telah dirancang. Komponen yang dipasang meliputi PLC, MCB, kontaktor, TOR, relay, selector switch, push button, buzzer, lampu indicator, dan terminal block. Seluruh komponen dipasang sesuai posisi yang telah ditentukan pada gambar layout panel. Tahap berikutnya adalah pemeriksaan posisi dan kekencangan pemasangan komponen untuk memastikan seluruh perangkat terpasang dengan baik dan tidak mengalami pergeseran saat panel dioperasikan. Konstruksi panel yang baik akan mempermudah proses wiring, meningkatkan keamanan instalasi, serta memudahkan proses troubleshooting apabila terjadi gangguan pada sistem.

Proses wiring merupakan tahap pengawatan yang dilakukan untuk menghubungkan seluruh komponen sistem sehingga dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang telah dirancang. Pengawatan dilakukan berdasarkan diagram daya dan



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

diagram kontrol yang telah dibuat sebelumnya. Setelah seluruh pengawatan selesai, dilakukan pemeriksaan kontinuitas kabel, kekencangan terminal, serta kesesuaian wiring dengan diagram rangkaian untuk memastikan tidak terjadi kesalahan sambungan yang dapat menyebabkan gangguan pada sistem. Pada gambar 3.10 merupakan prose wiring panel.



Gambar 3. 7 Proses Penyambungan atau Wiring

Tahap pemasangan tangki dan pompa dilakukan setelah proses konstruksi dan wiring selesai. Tangki sumber air dan tangki penampungan dipasang pada posisi yang telah ditentukan sesuai dengan desain sistem. Posisi tangki diatur agar proses pengisian, pengosongan, dan pengamatan level air dapat dilakukan dengan mudah selama pengujian. Selanjutnya dilakukan pemasangan dua unit pompa yang berfungsi memindahkan air dari tangki sumber menuju tangki penampungan. Pompa dipasang pada jalur perpipaan yang telah disiapkan dan dihubungkan dengan fitting serta valve untuk memudahkan proses pengoperasian dan perawatan. Pada jalur keluaran pompa juga dipasang flow switch yang berfungsi mendeteksi adanya aliran air saat pompa beroperasi. Selain itu, sensor elektroda dipasang pada tangki penampungan sesuai level yang telah ditentukan.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel penelitian merupakan faktor yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara perubahan pembebanan dengan respon sistem Water Level Control selama proses pengujian. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas adalah variabel faktor yang



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

mempengaruhi sistem dan variabel terikat adalah variabel faktor yang diamati atau diukur untuk melihat perubahan yang diberikan.

Variabel penelitian ditentukan berdasarkan tujuan penelitian, yaitu menganalisis kinerja pompa dan respon sistem *Water Level Control* terhadap perubahan level air pada tangki penampungan. Dengan adanya penentuan variabel penelitian, proses pengambilan data dan analisis hasil pengujian dapat dilakukan.

3.3.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel faktor yang mempengaruhi atau menyebabkan perubahan sistem. Dalam penelitian ini, variabel bebas berupa perubahan level air pada tangki yang dideteksi oleh sensor elektroda pada sistem *Water Level Control*.

Perubahan level air akan mempengaruhi kondisi operasi pompa dan respon sistem kontrol yang digunakan. Sensor elektroda dipasang pada beberapa ketinggian tertentu sehingga dapat mendeteksi kondisi level air secara bertahap mulai dari level rendah hingga level penuh. Pada tabel 3.2 merupakan data variabel bebas yang digunakan dalam penelitian.

Tabel 3. 2 Variabel Bebas

No	Variabel Bebas	Keterangan
1	Level referensi/ common	Sensor level pada ketinggian 23,80% kapasitas tangki
2	Level Rendah (LV1)	Sensor level pada ketinggian 33,33% kapasitas tangki
3	Level Menengah (LV2)	Sensor level pada ketinggian 50% kapasitas tangki
4	Level Tinggi (LV3)	Sensor level pada ketinggian 71,43% kapasitas tangki
5	Level Overfilling (LV4)	Sensor level pada ketinggian 85,71% kapasitas tangki

Pada saat level air berubah dan menyentuh sensor tertentu, sistem *Water Level Control* akan memberikan respon berupa pengaktifan atau penghentian pompa sesuai logika pengendalian yang telah dirancang. Oleh karena itu, perubahan level air menjadi faktor utama yang mempengaruhi hasil pengujian pada penelitian ini.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.3.2 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas dan menjadi hasil pengamatan dalam penelitian. Variabel terikat pada penelitian ini merupakan parameter yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja pompa dan respon sistem *Water Level Control*.

Pada tabel 3.3 adalah Data variabel terikat diperoleh melalui pengukuran langsung menggunakan alat ukur dan pengamatan selama proses pengujian berlangsung. Hasil pengukuran tersebut kemudian dianalisis untuk mengetahui kemampuan pompa dalam mensuplai air serta kemampuan sistem dalam merespon perubahan level air.

Tabel 3. 3 Variabel Terikat

No	Variabel Terikat	Satuan	Keterangan
1	Tegangan Kerja Pompa	Volt (V)	Tegangan yang diterima pompa saat beroperasi
2	Arus Kerja Pompa	Ampere (A)	Arus yang mengalir pada pompa saat bekerja
3	Debit Aliran Air	Liter/menit (L/min)	Kemampuan pompa mengalirkan air
4	Waktu Pengisian Tangki	Menit	Waktu yang diperlukan untuk menaikkan level air
5	Respon Sistem WLC	Sesuai/Tidak Sesuai	Respon sistem terhadap perubahan level air

Tegangan dan arus digunakan untuk mengetahui kondisi operasi pompa selama pengujian. Debit aliran dan waktu pengisian digunakan untuk mengevaluasi kemampuan pompa dalam mengisi tangki penampungan. Sementara itu, respon sistem dan tingkat keberhasilan sistem digunakan untuk mengetahui keandalan *Water Level Control* dalam mengendalikan level air secara otomatis.

3.3.3 Hubungan Variabel

Hubungan antar variabel penelitian di mualai dari perubahan level air yang terdeteksi oleh sensor elektroda sebagai variabel bebas. Perubahan level air tersebut akan mempengaruhi kondisi kerja sistem *Water Level Control* sehingga menghasilkan respon tertentu berupa pengoperasian pompa dan aktivasi alarm.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Respon sistem yang terjadi kemudian mempengaruhi variabel terikat yang diamati, yaitu tegangan kerja pompa, arus kerja pompa, debit aliran air, waktu pengisian tangki, serta tingkat keberhasilan sistem. Semakin baik respon sistem terhadap perubahan level air, maka semakin baik pula kinerja pompa dan kemampuan sistem dalam menjaga ketersediaan air pada instalasi air industri.

Berdasarkan hubungan variabel penelitian ini difokuskan pada analisis pengaruh perubahan level air terhadap kinerja pompa dan respon sistem *Water Level Control* sehingga dapat diketahui tingkat keandalan sistem dalam mendukung kebutuhan operasional industri.

3.4 Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data dilakukan untuk memperoleh informasi dan data yang diperlukan dalam penelitian. Pada penelitian ini, data diperoleh melalui metode pengukuran langsung, dan pengujian sistem pada prototipe *Water Level Control* (WLC). Data yang dikumpulkan meliputi tegangan kerja pompa, arus kerja pompa, waktu pengisian tangki, debit aliran air, serta respon sistem terhadap perubahan level air. Data tersebut digunakan sebagai dasar untuk menganalisis kinerja pompa dan keandalan sistem *Water Level Control* dalam menjaga ketersediaan air pada tangki penampungan.

Metode ini dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan pompa dalam mengisi tangki berdasarkan perubahan level air yang terdeteksi sensor elektroda. Pengujian dilakukan dengan mencatat waktu pengisian menggunakan stopwatch pada setiap level yang diuji, yaitu level rendah (*Low Level*), level menengah (*Middle Level*), dan level tinggi (*High Level*). Data yang diperoleh digunakan untuk menghitung debit aliran air dan mengevaluasi kemampuan pompa dalam memenuhi kebutuhan suplai air.

Selanjutnya metode pengujian respon sistem dilakukan dengan memberikan perubahan kondisi level air pada tangki dan mengamati respon yang dihasilkan oleh sistem *Water Level Control*. Pengamatan dilakukan terhadap kondisi ON/OFF pompa, perpindahan operasi pompa. Hasil pengujian kemudian dibandingkan dengan logika pengendalian yang telah dirancang untuk mengetahui tingkat keberhasilan dan keandalan sistem.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Metode dokumentasi dilakukan dengan mencatat seluruh hasil pengukuran dan pengujian ke dalam tabel pengamatan. Selain itu, dokumentasi juga dilakukan melalui pengambilan foto peralatan, panel kontrol, proses pengujian, dan hasil pengukuran. Dokumentasi ini digunakan sebagai bukti pelaksanaan penelitian serta mendukung proses analisis dan penyusunan laporan tugas akhir.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Tegangan dan Arus Pompa

4.1.1. Deskripsi Pengujian

Pengujian arus dan tegangan pompa dilakukan untuk mengetahui kestabilan kerja kedua pompa selama sistem Water Level Control beroperasi. Pengukuran dilakukan pada saat Pompa 1 dan Pompa 2 bekerja secara bersamaan dalam rentang waktu tertentu. Data tegangan dan arus diambil setiap satu jam untuk mengetahui apakah terjadi perubahan nilai listrik yang dapat mempengaruhi kinerja pompa selama proses pengisian air berlangsung.

Hasil pengujian digunakan untuk mengevaluasi kondisi operasi pompa, kestabilan sumber tegangan, serta kesesuaian arus kerja dengan spesifikasi pompa yang digunakan.

4.1.2. Prosedur Pengujian

Langkah-langkah pengujian arus dan tegangan pompa adalah sebagai berikut:

1. Memastikan seluruh komponen sistem Water Level Control berfungsi dengan baik.
2. Mengaktifkan sistem menggunakan push button Start.
3. Membiarkan Pompa 1 dan Pompa 2 bekerja secara bersamaan.
4. Mengukur tegangan masing-masing pompa menggunakan voltage meter digital
5. Mengukur arus masing-masing pompa menggunakan clamp meter digital.
6. Pengukuran dilakukan setiap interval satu jam.
7. Mencatat hasil pengukuran pada lembar pengujian.
8. Mengulangi pengukuran hingga waktu pengujian selesai.
9. Mengolah data hasil pengujian untuk memperoleh nilai rata-rata tegangan dan arus.

4.1.3. Data Hasil Pengujian

Pengujian tegangan dan arus dilakukan untuk mengetahui karakteristik kelistrikan kedua pompa selama proses pengisian tangki. Hasil pengukuran disajikan pada Tabel 4.1.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4. 1 Pengujian Tegangan Dan Arus Pompa

No	Waktu pengujian	Tegangan		Arus	
		Pompa 1	Pompa 2	Pompa 1	Pompa 2
1	10.45 – 11.45	229	230	0,178	0,198
2	11.45 – 12.45	229	230	0,178	0,198
3	12.45 – 13.45	227	228	0,174	0,193
4	13.45 – 14.45	227	228	0,174	0,193
5	14. 45 –15.45	225	226	0,172	0,191

Berdasarkan Tabel 4.1, tegangan dan arus kedua pompa berada pada kondisi yang relatif stabil selama proses pengujian sehingga menunjukkan bahwa pompa bekerja dalam kondisi operasi normal.

4.1.4. Analisis Data dan Evaluasi

Menghitung nilai rata-rata tegangan dan arus selama pengujian .

- a. Rata -rata Tegangan Pompa 1 dan Pompa 2

Rumus dapat dilihat pada persamaan 2.1

$$\bar{V}_{P1} = \frac{229 + 229 + 227 + 227 + 225}{5}$$

$$\bar{V}_{P1} = 227,4 \text{ Volt}$$

$$\bar{V}_{P2} = \frac{230 + 230 + 228 + 228 + 226}{5}$$

$$\bar{V}_{P2} = 228,4 \text{ Volt}$$

- b. Rata – rata Arus Pompa 1

Rumus dapat dilihat pada persamaan 2.2

$$\bar{I}_{P1} = \frac{0,178 + 0,178 + 0,174 + 0,174 + 0,172}{5}$$

$$\bar{I}_{P1} = 0,1752 \text{ A}$$

$$\bar{I}_{P2} = \frac{0,198 + 0,198 + 0,193 + 0,193 + 0,191}{5}$$

$$\bar{I}_{P2} = 0,1946 \text{ A}$$



Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Untuk memperoleh gambaran umum karakteristik operasi pompa, dilakukan perhitungan nilai rata-rata dari seluruh hasil pengukuran.

Tabel 4. 2 Hasil perhitungan Rata-rata

Parameter	Pompa 1	Pompa 2
Tegangan rata-rata	227,4 V	228,4V
Arus rata-rata	0,175 A	0,195 A

Nilai rata-rata pada Tabel 4.2 menunjukkan karakteristik kerja kedua pompa yang digunakan sebagai dasar analisis pada penelitian ini.

c. Persentase Penurunan Tegangan

Karena tegangan awal pengujian adalah 229 V untuk Pompa 1 dan 230 V untuk Pompa 2, maka persentase penurunan tegangan dapat dihitung menggunakan rumus presentase dapat dilihat dengan persamaan 2.3

$$\%V_{drop} = \frac{V_{awal} - V_{akhir}}{V_{awal}} \times 100\%$$

Pompa 1

$$\begin{aligned} \%V_{drop} &= \frac{229 - 225}{229} \times 100\% \\ &= 1,75\% \end{aligned}$$

Pompa 2

$$\begin{aligned} \%V_{drop} &= \frac{230 - 226}{230} \times 100\% \\ &= 1,74\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4.1, tegangan kerja Pompa 1 berada pada rentang 225–229 V dengan nilai rata-rata sebesar 227,4 V. Sementara itu, tegangan kerja Pompa 2 berada pada rentang 226–230 V dengan nilai rata-rata sebesar 228,4 V. Selama pengujian berlangsung terjadi perubahan tegangan sebesar 1,75% pada Pompa 1 dan 1,74% pada Pompa 2. Nilai tersebut masih berada dalam batas toleransi tegangan yang diperbolehkan, yaitu $\pm 10\%$ dari tegangan nominal 220 V sehingga tidak mempengaruhi kinerja pompa secara signifikan. Hasil pengukuran arus menunjukkan bahwa Pompa 1 memiliki arus kerja pada rentang 0,172–0,178 A dengan nilai rata-rata sebesar 0,175 A, sedangkan Pompa 2 memiliki arus kerja pada rentang 0,191–0,198 A dengan nilai rata-rata sebesar 0,195A. Perubahan nilai tegangan dan



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

arus yang terjadi selama pengujian dapat dipengaruhi oleh kondisi sumber Listrik dari sumber PLN.

Secara keseluruhan, kedua pompa mampu beroperasi dengan stabil selama periode pengujian. Tidak ditemukan lonjakan arus maupun penurunan tegangan yang berlebihan sehingga sistem *Water Level Control* dapat bekerja dengan baik dalam menjaga proses pengisian air pada instalasi yang dirancang.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kestabilan tegangan memberikan kontribusi terhadap kestabilan operasi pompa. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sumber tegangan yang digunakan telah memenuhi kebutuhan operasi prototipe ini menunjukkan bahwa suplai energi listrik yang stabil memberikan pengaruh positif terhadap performa pompa.

4.2 Pengujian Waktu Pengisian Tangki Berdasarkan level

4.2.1. Deskripsi pengujian

Pengujian waktu pengisian tangki berdasarkan level dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan sistem dalam menaikkan level air hingga mencapai setiap sensor level yang digunakan pada sistem *Water Level Control*. Data waktu pengisian digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi kinerja sistem, menghitung volume air pada setiap level, serta menganalisis debit pompa selama proses pengisian tangki.

Pengujian dilakukan pada prototipe tangki berkapasitas 30liter dengan tinggi total 42 cm. Sistem dilengkapi dengan sensor level, LV1 pada ketinggian 14 cm, sensor LV2 pada ketinggian 21 cm, sensor LV3 pada ketinggian 30 cm, dan sensor LV4 pada ketinggian 36 cm. Berdasarkan tinggi tangki tersebut, posisi sensor LV1 berada pada level 33,33%, sensor LV2 berada pada level 50,00%, sensor LV3 berada pada level 71,43%, dan sensor LV4 berada pada level 85,71% dari tinggi total tangki.

Pengoperasian sistem mengikuti logika *Water Level Control* yang telah dirancang. Pada kondisi level air berada dibawah LV1 atau sama LV1, Pompa 1 dan Pompa 2 bekerja secara bersamaan untuk mempercepat proses pengisian. Setelah level air naik dan mencapai LV2 maka pompa 1 mati dan pompa 2 tetap bekerja hingga mencapai LV3. Ketika air sudah mencapai LV3 maka semua pompa akan mati, karena tangki sudah mencapai batas maksimum pengisian. Pada saat level air turun dari LV3



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ke LV2, maka Pompa 1 akan bekerja dan pompa 2 akan mati, sistem menerapkan metode alternating dengan mematikan Pompa 2 dan mempertahankan Pompa 1.

Saat level air mencapai LV3, kedua pompa berhenti beroperasi. Ketika level air turun kembali dari LV3 hingga LV2, Pompa 2 akan aktif dan Pompa 1 berhenti. Siklus tersebut akan terus berulang selama sistem beroperasi. Sensor LV4 berfungsi sebagai proteksi overfilling yang akan menghentikan seluruh pompa apabila terjadi kelebihan pengisian.

4.2.2. Prosedur pengujian

Langkah-langkah pengujian waktu pengisian tangki adalah sebagai berikut:

1. Mengisi tangki hingga mencapai kondisi awal pengujian.
2. Mengaktifkan sistem pada mode otomatis (AUTO).
3. Mengamati proses pengisian tangki dan mencatat waktu yang dibutuhkan air untuk mencapai sensor LV1, LV2, LV3, dan LV4.
4. Mengamati kondisi operasi pompa pada setiap perubahan level air.
5. Mencatat waktu pengisian yang diperoleh menggunakan stopwatch.
6. Menghitung volume air pada setiap level berdasarkan posisi sensor.
7. Menghitung debit air berdasarkan volume dan waktu pengisian.
8. Melakukan analisis terhadap hasil pengujian yang diperoleh.

4.2.3. Data hasil pengujian

Pada Tabel 4.3 Pengujian waktu pengisian dilakukan untuk mengetahui lama waktu yang dibutuhkan pompa dalam menaikkan level air pada setiap tahapan pengisian.

Tabel 4. 3 Pengujian Waktu Pengisian Tangki berdasarkan Level

No	Kondisi level	Pompa bekerja		Ketinggian sensor dan persentase Level		Waktu pengisian/ Menit
		P1	P2	Cm	%	
1	LV1	ON	ON	14	33,33	0,19
2	LV2	OFF	ON	21	50,00	0,33
3	LV3	ON	OFF	30	71,43	0,50
4	LV4	CUTT OFF		36	85,71	—



Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Respon sistem diamati berdasarkan perubahan level air yang dideteksi sensor elektroda dapat dilihat pada Tabel 4.1 hubungan level air dan operasi pompa.

Tabel 4. 4 Hubungan Level Air dan Operasi Pompa

Kondisi Level Air	Kondisi Pompa		Keterangan
	P1	P2	
≤ LV1	ON	ON	Pengisian awal (paralel)
LV2	OFF	ON	Pompa 2 melanjutkan pengisian
LV3	OFF	OFF	Tangki penuh
Turun ke LV2	ON	OFF	Alternating Pompa 1
LV3 (Siklus berikutnya)	OFF	OFF	Tangki penuh
Turun ≤ LV1	ON	ON	Kembali ke kondisi awal
LV4	CUTT OFF		Proteksi overfilling

4.2.4. Analisis Data dan Evaluasi

a. Perhitungan Volume Air Pada Setiap Level

Volume air pada setiap level dihitung menggunakan rumus volume air dapat dilihat pada persamaan 2.4.

Volume Air pada LV1

$$V_{LV1} = \frac{14}{42} \times 30 = 10,00 \text{ Liter}$$

Volume Air pada LV2

$$V_{LV2} = \frac{21}{42} \times 30 = 15,00 \text{ Liter}$$

Volume Air pada LV3

$$V_{LV3} = \frac{30}{42} \times 30 = 21,43 \text{ Liter}$$

Volume Air pada LV4

$$V_{LV4} = \frac{36}{42} \times 30 = 25,71 \text{ Liter}$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Volume air pada setiap level dihitung berdasarkan tinggi permukaan air terhadap tinggi total tangka dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Volume Air pada Setiap Level

Level	Ketinggian (cm)	Volume (Liter)	Air
LV1	14	10,00	
LV2	21	15,00	
LV3	30	21,43	
LV4	36	25,71	

b. Perhitungan Volume Air Antar Level

Volume air antar level dihitung menggunakan persamaan:

$$\Delta V = V_{akhir} - V_{awal}$$

LV1 → LV2

$$\Delta V = 15,00 - 10,00 = 5,00 \text{ Liter}$$

LV2 → LV3

$$\Delta V = 21,43 - 15,00 = 6,43 \text{ Liter}$$

Selain menghitung volume pada setiap level, dilakukan pula perhitungan selisih volume antar level pada Tabel 4.6 merupakan data volume air antar level.

Tabel 4. 6 Volume Air Antar Level

Level	Volume Antar Level (Liter)
LV1 → LV2	5,00
LV2 → LV3	6,43
LV2 → LV3	6,43

Data pada Tabel 4.6 menunjukkan jumlah air yang dipindahkan pompa pada setiap tahapan pengisian.



Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

c. Perhitungan Debit Air

Debit air dihitung menggunakan persamaan 2.6

Debit Pompa 1 + Pompa 2

$$Q = \frac{5,00}{0,19}$$

$$Q = 26,32 \text{ L/menit}$$

Debit Pompa 2

$$Q = \frac{6,43}{0,33}$$

$$Q = 19,48 \text{ L/menit}$$

Debit Pompa 1

$$Q = \frac{6,43}{0,50}$$

$$Q = 12,86 \text{ L/menit}$$

Debit pompa dihitung menggunakan data volume air dan waktu pengisian yang diperoleh selama pengujian.

Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan Debit Air

Pompa	Level	Volume Air (Liter)	Waktu Pengisian (Menit)	Debit (L/Menit)
P1 +P2	LV1 → LV2	5,00	0,19	26,32
P2	LV2 → LV3	6,43	0,33	19,43
P1	LV2 → LV3 (Siklus Alternating)	6,43	0,50	12,86

Berdasarkan hasil pengujian, waktu yang dibutuhkan sistem untuk mencapai level LV1, LV2, LV3, dan LV4 berturut-turut adalah 0,33 menit, 0,19 menit, 0,50 menit. Pada kondisi level air berada pada atau di bawah LV1, kedua pompa bekerja secara bersamaan sehingga proses pengisian berlangsung lebih cepat dibandingkan kondisi saat sistem menerapkan metode alternating.

Berdasarkan hasil perhitungan debit menggunakan volume antar level, debit terbesar diperoleh pada segmen LV1 menuju LV2 sebesar 26,32 L/menit. Hal ini disebabkan karena Pompa 1 dan Pompa 2 bekerja secara bersamaan sehingga laju pengisian tangki menjadi lebih cepat.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pada segmen LV2 menuju LV3 saat hanya Pompa 2 yang beroperasi, diperoleh debit sebesar 19,48 L/menit. Sedangkan pada siklus alternating berikutnya, ketika Pompa 1 bekerja sendiri dari LV2 menuju LV3, diperoleh debit sebesar 12,86 L/menit.

Perbedaan waktu pengisian tersebut menunjukkan bahwa jumlah pompa yang beroperasi memberikan pengaruh langsung terhadap kecepatan pengisian tangki. Ketika dua pompa bekerja secara bersamaan, debit aliran yang dihasilkan menjadi lebih besar sehingga waktu yang dibutuhkan untuk menaikkan level air menjadi lebih singkat. Sebaliknya, ketika sistem hanya mengoperasikan satu pompa, debit aliran menurun sehingga waktu pengisian menjadi lebih lama.

Hasil ini menunjukkan bahwa strategi pengoperasian dua pompa secara bertahap mampu meningkatkan efektivitas sistem. Pada kondisi level air rendah, pengoperasian dua pompa mempercepat proses pengisian sehingga tangki lebih cepat mencapai level operasi. Setelah level meningkat, sistem mengurangi jumlah pompa yang bekerja untuk menjaga efisiensi operasi sekaligus mengurangi beban kerja pompa.

Selain dipengaruhi oleh jumlah pompa yang beroperasi, waktu pengisian juga dipengaruhi oleh debit pompa, kapasitas tangki, dan kondisi aliran pada sistem perpipaan. Oleh karena itu, parameter waktu pengisian memiliki hubungan yang erat dengan karakteristik debit pompa yang dianalisis pada subbab berikutnya.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa waktu pengisian tangki telah sesuai dengan logika operasi sistem *Water Level Control* yang dirancang. Sistem mampu mengatur proses pengisian secara bertahap sehingga kecepatan pengisian dapat disesuaikan dengan kondisi level air di dalam tangki.

4.3 Pengujian Respon Sistem Water Level Control

4.3.1. Deskripsi Pengujian

Pengujian respon sistem Water Level Control dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam merespon perubahan level air yang terjadi di dalam tangki. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sensor elektroda, sistem kontrol, dan pompa bekerja sesuai logika pengendalian yang telah dirancang.

Pada pengujian ini, perubahan level air dibuat secara bertahap mulai dari kondisi level rendah hingga level tinggi. Respon sistem diamati berdasarkan kondisi



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ON dan OFF pada Pompa 1, Pompa 2. Hasil pengujian digunakan untuk mengevaluasi keandalan sistem dalam menjaga level air tangki secara otomatis.

4.3.2. Prosedur Pengujian

Langkah-langkah pengujian respon sistem Water Level Control adalah sebagai berikut:

1. Mengaktifkan sistem
2. Menurunkan level air hingga berada di bawah sensor (LV1).
3. Mengamati respon sistem terhadap kondisi level rendah.
4. Mengisi tangki hingga mencapai sensor (LV2).
5. Mengamati perubahan kondisi operasi pompa.
6. Mengisi tangki hingga mencapai sensor (LV3).
7. Mengamati respon sistem saat tangki penuh.
8. Mencatat seluruh respon sistem yang terjadi.
9. Membandingkan respon aktual dengan logika pengendalian yang telah dirancang.

4.3.3. Data hasil pengujian

Pengujian respon sistem dilakukan untuk mengevaluasi kesesuaian operasi pompa terhadap perubahan level air yang dideteksi sensor elektroda.

Tabel 4. 8 Pengujian Respon Sistem Water Level

No	Kondisi Level Air	Respon yang Diharapkan	Respon Aktual	Status
1	Air ↓ LV1	Pompa 1 ON dan Pompa 2 ON	Pompa 1 ON dan Pompa 2 ON	Sesuai
2	Air ↑ LV2	Pompa 1 OFF dan Pompa 2 ON	Pompa 1 OFF dan Pompa 2 ON	Sesuai
3	Air ↑ LV3	Pompa 1 OFF dan Pompa 2 OFF	Pompa 1 OFF dan Pompa 2 OFF	Sesuai
4	Air ↓ LV2	Pompa 1 ON dan Pompa 2 OFF	Pompa 1 ON dan Pompa 2 OFF	Sesuai
4	Air ke LV2	Pompa 1 ON dan Pompa 2 OFF	Pompa 1 ON dan Pompa 2 OFF	Sesuai



Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.3.4. Analisis Data dan Evaluasi

Tingkat keberhasilan sistem dalam merespon perubahan level air sesuai logika pengendalian yang telah dirancang dengan menggunakan persamaan. 2.6.

Perhitungan

Jumlah pengujian = 5

Jumlah respon sesuai = 5

$$\text{Persentase Keberhasilan} = \frac{5}{5} \times 100\%$$

$$\text{Persentase Keberhasilan} = 100\%$$

Berdasarkan hasil pengujian pada seluruh respon sistem Water Level Control bekerja sesuai dengan logika pengendalian yang telah dirancang. Saat level air berada di bawah LV1, sistem berhasil mengaktifkan Pompa 1 dan Pompa 2 untuk mempercepat proses pengisian tangki. Ketika level air mencapai LV2, sistem mematikan Pompa 1 dan hanya mengoperasikan Pompa 2. Selanjutnya, saat level air mencapai LV3, kedua pompa berhenti secara otomatis karena tangki telah mencapai level tinggi.

Pada kondisi level air turun kembali ke LV2, sistem kembali mengaktifkan Pompa 1 sesuai urutan operasi yang telah ditentukan. Selain itu, pada kondisi overfilling (LV4), alarm berhasil aktif sebagai bentuk proteksi terhadap kemungkinan luapan air dari tangki. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa seluruh pengujian menghasilkan respon yang sesuai dengan rancangan sistem sehingga diperoleh tingkat keberhasilan sebesar 100%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem Water Level Control memiliki tingkat keandalan yang baik dalam mendeteksi perubahan level air dan mengendalikan operasi pompa secara otomatis.