

Desain Miniatur *Plant* Simulator Pompa Air Kotor Panel Kontrol Relai Kontaktor

Susilo^{*a)}, Nanang Setio Pambudhi^{a)}, Agus Andrianto^{a)}, Dimas Eriyanto^{a)}, Milzam Brillian Santana^{a)}

(Received 30 April 2025 || Revised 25 Mei 2025 || Published 30 Juni 2025)

Abstract: *Wastewater management played a crucial role in maintaining environmental cleanliness and health, where water pumps held a vital position. However, manually operated pump systems were often inefficient and posed potential health risks if failures occurred. This research aimed to design and create a miniature plant simulator for wastewater pumps utilizing a relay contactor control panel. This miniature plant was specifically designed to automatically simulate the operation of a wastewater pump system, offering a solution to replace the often inefficient manual methods. The research process commenced with identifying the main components required, such as a three-phase induction motor, contactors, thermal overload relays, and associated sensors. Subsequently, the design and construction of both the simulator and its control panel were meticulously carried out. Implementation involved comprehensive testing of each component's functionality and the overall system's integrity, including individual component testing and evaluation under simulated system failure conditions like overload and no flow. The research results clearly demonstrated that the built miniature plant simulator functioned effectively as expected. The automatic control system employing relay contactors proved efficient and safe in operating the water pump, capable of managing various water levels and detecting abnormal conditions such as overload and no flow. This miniature plant could serve not only as a valuable learning tool but also as a promising prototype for the development of larger and more complex wastewater pump control systems in the future.*

Keywords: *wastewater pump, automatic control, relay contactor, control panel, miniature plant simulator*

1. Pendahuluan

Air merupakan sumber daya vital bagi kelangsungan seluruh makhluk hidup. Meskipun sekitar dua pertiga permukaan bumi tertutup air, sebagian besar berupa air asin yang tidak langsung dapat dikonsumsi. Sementara itu, distribusi air tawar tidak merata secara kuantitatif dan kualitasnya pun bervariasi. Di banyak daerah, ketersediaan air bersih menjadi permasalahan serius, terutama akibat pencemaran limbah domestik, industri, dan pertanian. Air limbah atau air kotor mengandung zat padat, cair, maupun mikroorganisme patogen yang membahayakan kesehatan jika tidak diolah dengan benar [1]. Pengelolaan air limbah yang tidak efektif dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, menurunkan kualitas hidup masyarakat, serta meningkatkan risiko penyebaran penyakit. Di sisi lain, sebagian wilayah perkotaan menghadapi tantangan dalam mendistribusikan air bersih secara merata karena keterbatasan infrastruktur [2]. Penggunaan sistem pompa air sering kali masih dilakukan secara manual, yang tidak hanya kurang efisien tetapi juga rawan kesalahan operasional. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan dalam penerapan sistem kontrol otomatis pada pengelolaan air limbah skala kecil maupun menengah. Oleh karena itu, dibutuhkan inovasi berupa sistem otomatisasi yang mampu mengatur operasional pompa air limbah secara efisien dan andal [3], [4].

Pada saat ini untuk mendapatkan air sangatlah mudah karena sudah adanya pompa air yang digerakkan oleh motor listrik. Fungsi dari pompa air yaitu digunakan untuk memindahkan fluida cair dari lokasi yang lebih rendah ke lokasi yang lebih tinggi [5]. Dalam sistem sirkulasi air kotor yang melibatkan lebih dari satu pompa, proses daur ulang air harus berlangsung secara terus-menerus guna memastikan bahwa air tetap bersih dan bebas dari kotoran [6]. Jika hanya satu pompa yang dipasang dan ada kerusakan yang membutuhkan waktu dalam jangka panjang akan berdampak buruk dengan kesehatan [7]. Sistem air bersih biasanya menggunakan lebih dari satu pompa mengatur kebutuhan air bersih, pompa secara bergantian beroperasi berdasarkan sistem operasi diciptakan dan diperlukan. Ketika pengoperasian pompa listrik pada saat ini masih kebanyakan menggunakan cara manual [8].

Contohnya ketika air di dalam bak tersebut kosong, pompa tidak langsung otomatis mengisi, atau ketika air di dalam bak tersebut penuh pompa tidak langsung mati sehingga harus dimatikan secara manual. Pengoperasian pompa dalam sistem air bersih sangat diperlukan, baik dengan pompa *submersible* maupun pompa *booster* [9], [10], [11]. Komponen kontrol dan perangkat keselamatan ditempatkan dalam satu panel saklar di sebelah pompa untuk mempermudah pemasangan [12]. Komponen utama sistem kendali pompa ini adalah relai kontaktor magnetik dan saklar pelampung. Pengoperasian pompa air dapat dilakukan secara otomatis dengan motor listrik sebagai pompa dan relai kontaktor sebagai penyambung dan pemutus [13]. Pemompaan air menggunakan motor listrik dilengkapi relai kontaktor secara otomatis yang berarti motor akan memompa air dengan sendirinya pada saat dibutuhkan dan berhenti apabila tidak diperlukan lagi. Relai kontaktor berperan sebagai saklar otomatis yang diaktifkan oleh sensor atau pengaturan tekanan air untuk menghidupkan atau mematikan pompa [5], [9]. Teknologi kontrol berbasis relai kontaktor dan sensor level air merupakan salah satu solusi yang memungkinkan pengoperasian pompa secara otomatis, baik untuk keperluan suplai maupun pembuangan air limbah [14], [15].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan merealisasikan miniatur simulator *plant* pompa air kotor berbasis panel kontrol otomatis yang dapat bekerja secara mandiri atau manual. Dengan demikian, sistem ini diharapkan mampu menggantikan metode manual yang kurang efektif serta menjadi prototipe pembelajaran aplikatif di bidang kelistrikan. Untuk menyalurkan air limbah ke sistem pengolahan air limbah ini diperlukan pompa air dimana sistem kerja pompa mesti diatur dengan rangkaian kontrol secara otomatis maupun semi-otomatis, supaya kerja pompa tersebut sesuai dengan kebutuhan sistem pengolahan air tersebut.

2. Metode

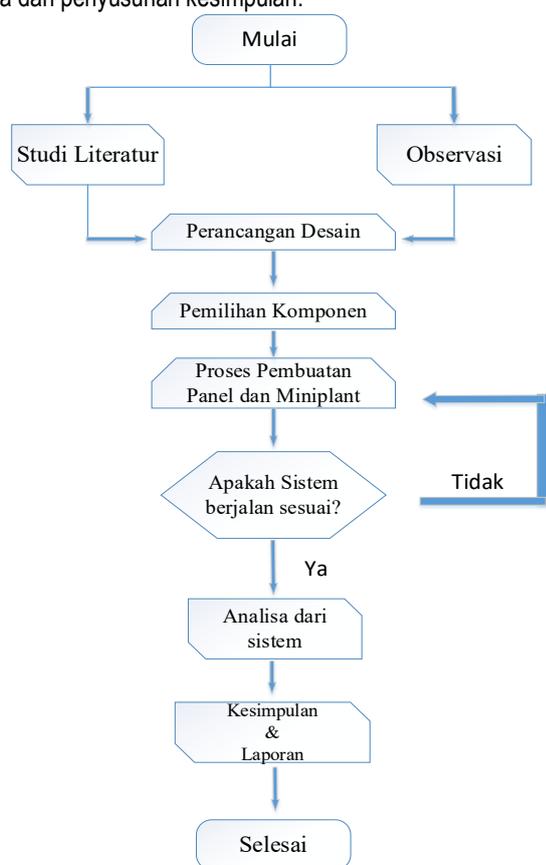
2.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ditunjukkan di Gambar 2.1. Diagram alir pada penelitian ini disusun berdasarkan tahapan aktual pelaksanaan proyek dan tidak mengacu pada standar metodologi

*Korespondensi: susilo@polinema.ac.id

a) Prodi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Kota Malang, Indonesia.

tertentu. Langkah-langkah dimulai dari studi literatur dan observasi lapangan. Studi literatur berupa pengumpulan dokumen yang berhubungan dengan masalah yang dikaji dari berbagai sumber, seperti jurnal, arsip, dan majalah yang digunakan sebagai acuan untuk memperkuat argumentasi dan mendapat teori yang akan dijadikan penelitian. Metode observasi bertujuan untuk memperoleh informasi dengan cara pengamatan langsung terhadap keadaan yang terjadi di tempat sebenarnya. Observasi ini dilakukan di Gedung AK, Politeknik Negeri Malang. Dilanjutkan dengan perancangan desain dan pemilihan komponen seperti motor, kontaktor, dan sensor. Selanjutnya dilakukan proses pembuatan panel kontrol dan miniatur *plant*. Sistem yang telah dirakit kemudian diuji; jika belum sesuai, dilakukan perbaikan hingga sistem berjalan optimal. Setelah itu dilakukan analisis kinerja dan penyusunan kesimpulan.



GAMBAR 2.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN

2.2 Deskripsi Kerja

Alat kontrol ini digunakan untuk mengatur pembuangan air kotor dari sebuah bak penampungan berkapasitas 45 m³. Debit air kotor yang masuk ke dalam bak tersebut berkisar antara 300 hingga 900 liter per menit. Jika aliran air berlangsung terus-menerus, bak akan penuh dalam waktu sekitar 50 hingga 150 menit. Oleh karena itu, sistem kontrol diperlukan untuk mencegah bak mengalami kelebihan kapasitas. Sistem ini menggunakan dua unit pompa yang dapat beroperasi secara bergantian maupun bersamaan, tergantung pada volume air di dalam bak penampungan. Masing-masing pompa dapat dioperasikan dalam mode otomatis maupun manual untuk mendukung proses perawatan (*maintenance*). Selain itu, sistem ini dilengkapi dengan sensor aliran pada masing-masing pipa dan perlindungan overload pada setiap pompa untuk menjaga keamanan dan keandalan

operasi.

2.2.1 Deskripsi Kerja Otomatis

Langkah deskripsi kerja otomatis dijelaskan pada beberapa poin berikut.

- Bak penampungan ini mempunyai 4 level ketinggian air, tiap levelnya memiliki volume 10 m³.
- Level 1 pada bak penampungan menyatakan kondisi normal pada sistem, sehingga tidak memberikan sinyal apapun untuk kerja pompa 1 atau 2.
- Level 2 pada bak penampungan menyatakan kondisi sistem harus mengaktifkan pompa nomor 1 untuk membuang air yang masuk di bak penampungan tersebut. Apabila air sudah terbuang dan volume tidak lagi di posisi level 2, pompa akan mati. Jika ada air masuk hingga level 2 lagi, maka akan mengaktifkan pompa nomor 2, jadi 2 pompa tersebut bekerja secara bergantian.
- Level 3 pada bak penampungan menyatakan kondisi sistem harus mengaktifkan ke-2 pompa. Secara mekanik setelah air di level 2, namun salah satu pompa tidak mampu mengatasi air yang masuk maka volume akan terus naik ke level 3 yang mengharuskan pompa satu lagi untuk beroperasi, jadi total ada 2 pompa yang bekerja secara bersamaan untuk membuang air kotor dalam bak penampungan.
- Level 4 pada bak penampungan menyatakan kondisi dimana sistem harus mengaktifkan alarm emergency sebagai sinyal untuk user bahwa volume bak penampungan hampir penuh. Secara mekanik setelah air di level 3 namun ke-2 pompa yang beroperasi tidak mampu mengatasi air yang masuk maka volume akan terus naik ke level 4.

2.2.2 Deskripsi Alat Manual.

Operasi kerja manual ini adalah memberikan suplay tegangan langsung kepada pompa dengan melewati sensor fluid *switch* 1 dan 2. Pengoperasiannya adalah dengan merubah arah dari *selector switch*, namun tidak mengabaikan kerja *flow switch* pada pipa. Dipasang 2 *selector switch* untuk kedua pompa masing-masing 1 selektor untuk pengoperasian sistem *running* motor/pompa. Operasi kerja manual ini difungsikan untuk keperluan perawatan sistem, pada kondisi ini pengguna bisa mengaktifkan pompa 1 atau 2 tanpa menunggu perintah dari sensor fluid *switch* pada bak penampungan. Pengguna bisa melakukan identifikasi kerusakan komponen mekanik dari sini, seperti kebocoran pipa; kerusakan motor atau yang lainnya.

Untuk mengoptimalkan operasi sistem ini, agar tidak hanya menyalakan atau mematikan pompa saja. Maka diperlukan juga alat tambahan yaitu sensor aliran dan pengamanan *overload* sistem dengan deskripsi kerja sebagai berikut.

- Saat pompa beroperasi baik secara otomatis ataupun manual, namun tidak ada air yang bisa dialirkan melawati pipa, maka pompa akan mati secara otomatis selang 5 detik setelah starting tersebut. Berlaku di ke-2 pompa tanpa terkecuali. Pompa bisa dioperasikan kembali saat pompa sudah bisa mengalirkan air lewat pipa.
- Saat pompa bekerja baik secara otomatis ataupun manual, namun pada saat itu terjadi *overload* maka pompa akan otomatis mati. Pompa bisa dioperasikan kembali apabila masalah *overload* sudah ditangani.
- Saat terjadi salah satu atau kedua masalah sistem di atas maka indikator kegagalan akan aktif, untuk memberikan sinyal

kepada pengguna bahwa ada pompa yang tidak bekerja baik karena tidak ada aliran pada pipa ataupun masalah *overload*.

Sehubungan keperluan monitoring, sistem ini juga dilengkapi dengan tombol dan lampu yang bisa dioperasikan oleh pengguna.

- Tiap operasi komponen harus diberikan lampu indikator pada panel yang bisa dipantau oleh pengguna.
- Lampu indikator yang terpasang bisa dinyalakan menggunakan tombol tes lampu untuk monitoring fungsi lampu pada panel.
- Lampu indikator operasi motor tidak selalu menyala, hanya menyala selama 15 detik. Jadi memfungsikan satu tombol untuk melihat motor mana yang bekerja saat itu. Sistem ini mengharuskan lampu mati kembali setelah jeda 15 detik sejak tombol ditekan.
- Lampu indikator *emergency* akan menyala terus, hanya bisa dimatikan / direset dengan menekan tombol pada panel setelah volume pada bak penampungan sudah turun dari level 4.

2.3 Desain

2.3.1 Motor

Spesifikasi dari motor sentrifugal yang digunakan sebagai berikut.

- Tegangan AC : 380-420 V.
- Daya : 2,2 KW.
- Cos Φ : 0,85.
- Frekuensi : 50 Hz.
- Daya Hisap : maksimal 4 meter.
- Daya Dorong : maksimal 32 meter.
- Debit Air : maksimal 450 liter/menit.

Arus masukan motor dihitung menggunakan Persamaan (2-1) berikut.

$$I_n = \frac{p_{out}}{\sqrt{3} \times V \times \cos 0,85} \quad (2-1)$$

Diperoleh $I_n = 3,4$ A

2.3.2 Miniature Circuit Breaker (MCB)

Arus nominal MCB dihitung menggunakan Persamaan (2-2) berikut ini.

$$I_{MCB} = 11\% \times I_n \quad (2-2)$$

Diperoleh $I_{MCB} = 3,91$ A sehingga disesuaikan dengan MCB yang dijual di pasaran dipilih MCB 3P sebesar 4A tipe pemutusan D karena starting untuk motor 5-7 in sedangkan tipe D kurva pemutusannya yaitu 2-10In dan kapasitas pemutusan yang dipilih sebesar 6000 A.

2.3.3 Kabel atau Penghantar

Kuat Hantar Arus (KHA) kabel dihitung menggunakan Persamaan (2-3).

$$KHA_{kabel} = 125\% \times I_n \quad (2-3)$$

Dari perhitungan itu diperoleh nilai KHA kabel sebesar 4,25 A. Berdasarkan Tabel 2.1, dipilih luas penampang kabel yang ada di pasaran yaitu 1,5 mm² dengan KHA sebesar 15 A. Lebih spesifik lagi kabel yang digunakan untuk motor yaitu Supreme NYA (CU/PVC)(1x1,5mm²) 450/750V.

TABEL 2.1 JENIS, LUAS PENAMPANG, DAN KHA KONDUKTOR BERDASARKAN PUIL 2020 [16], [17]

Jenis Konduktor	Luas Penampang Nominal (mm ²)	KHA Terus Menerus	KHA Terus Menerus	KHA Pengenal Gawai Proteksi	KHA Pengenal Gawai Proteksi
		Pemasangan dalam Konduit (7.13) (A)	Pemasangan di Udara (7.12.1) (A)	Pemasangan dalam Konduit (A)	Pemasangan di Udara (A)
NYFA NYFAF A NYA NYFAZ NYFA D	0,5	2,5	4	2	4
	0,75	7	7	4	6
	1	11	11	6	10
	1,5	15	15	10	16
	2,5	20	21	16	20
	4	26	28	20	25
	6	32	36	25	32
	10	45	50	35	45
	16	61	68	50	63
	25	80	91	63	80
	35	99	112	80	100
	50	119	137	100	125
	70	151	174	125	160
	95	181	208	160	200
	120	209	240	200	250
	150	239	273	250	315
	185	273	313	300	350
	240	-	368	-	400
	300	-	448	-	500
	400	-	528	-	630
500	-	630	-	630	

2.3.4 Kontaktor

Penentuan kapasitas kontaktor disesuaikan dengan aturan: $I_b < I_n < I_z$, dengan:

I_b = arus beban

I_n = arus pengenal gawai proteksi

I_z = KHA kabel

Gawai proteksi harus lebih besar dari beban dan lebih kecil dari KHA kabel maka $3,4 \text{ A} < I_n < 15 \text{ A}$.

Sehingga dipilih gawai proteksi 3P(3NO),AC-3/AC-3e, <=440V, 9A, 220VAC 50/60Hz.

2.3.5 Thermal Overload Relay (TOR)

Kapasitas TOR dihitung menggunakan Persamaan (2-4) yaitu:

$$TOR = 100\% \times I_n \quad (2-4)$$

diperoleh TOR = 3,4 A sehingga dipilih TOR class 20A karena *starting* motor menggunakan DOL dengan rating 2,5 – 4 A dan disetting pada 3,4 A.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pengujian yang kami paparkan di bawah ini merupakan analisis dari perancangan simulator *plant* pusat pompa air kotor dengan menggunakan panel kontrol relai kontaktor.

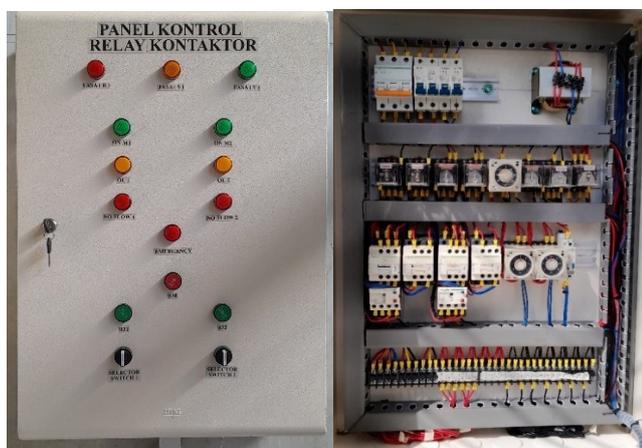
3.1 Implementasi

Implementasi sistem dilakukan di Laboratorium Teknik Listrik, Politeknik Negeri Malang. Sistem terdiri dari bak penampungan air, dua pompa dengan kontrol individual, sensor level air, serta panel kontrol berisi kontaktor, thermal overload relay (TOR), dan indikator

visual dengan hasil pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2.



GAMBAR 3.1 IMPLEMENTASI SIMULATOR



GAMBAR 3.2 LAYOUT PANEL

3.2 Pengujian Langsung

3.2.1 Pengujian Operasi Sistem Otomatis

Pengujian ini dilakukan pada tiga kondisi. Pertama, kondisi ketika air dalam penampungan naik hingga sensor air level 2 (B11). Sensor yang mendeteksi akan mengirimkan sinyal untuk mengaktifkan salah satu pompa untuk beroperasi, kondisi ini membuat salah satu pompa menyala hingga kuantitas air dalam penampungan turun atau sensor air level 2 (B11) tidak tersentuh lagi. Secara otomatis pompa akan mati dan siklus dinyatakan selesai. Siklus ini akan mengaktifkan pompa secara bergantian dengan memanfaatkan cara kerja dari impuls *relay*.

Kedua, kondisi ketika air dalam penampungan naik hingga sensor air level 2 (B11). Sensor yang mendeteksi akan mengirimkan sinyal untuk mengaktifkan salah satu pompa untuk beroperasi. Dalam kondisi ini pompa tidak cukup untuk mengatasi kenaikan kuantitas air pada penampungan, yang membuat air terus naik hingga menyentuh sensor air level 3 (B16). Sensor air level 3 akan mengirimkan sinyal untuk mengaktifkan motor kedua, jadi dalam pengedaliannya 2 motor akan menyala secara bersama. Kondisi ini berjalan hingga kuantitas air dalam penampungan turun perlahan hingga sensor air level 3 (B16) tidak tersentuh lagi yang membuat salah satu motornya mati. Air akan terus turun hingga sensor air level 2 (B11) tidak tersentuh lagi dan mematikan satu pompa lagi dengan ini siklus dinyatakan selesai.

Ketiga, kondisi ketika air dalam penampungan naik hingga sensor air level 2 (B11). Sensor yang mendeteksi akan

mengirimkan sinyal untuk mengaktifkan salah satu pompa untuk beroperasi. Dalam kondisi ini pompa tidak cukup untuk mengatasi kenaikan kuantitas air pada penampungan, yang membuat air terus naik hingga menyentuh sensor air level 3 (B16). Sensor air level 3 akan mengirimkan sinyal untuk mengaktifkan motor kedua, jadi dalam pengedaliannya 2 motor akan menyala secara bersama. Namun pada kondisi ini 2 motor tidak sanggup untuk mengurangi kuantitas air pada penampungan mengakibatkan air naik hingga pada sensor air level 4 (B37). Hal ini dimaksudkan adanya lonjakan air yang harus diatasi dengan metode khusus ditandai dengan aktifnya kedua motor ditambah alarm *emergency*.

3.2.2 Pengujian Operasi Sistem Manual

Operasi kerja manual ini adalah memberikan suplai tegangan langsung kepada pompa dengan melewati sensor *fluid switch* 1 dan 2. Pengoperasiannya adalah dengan mengubah arah dari *selector switch* dari otomatis (A) ke arah manual (M), namun tidak mengabaikan kerja *flow switch* pada pipa. Dipasang dua *selector switch* untuk kedua pompa dengan masing-masing *selector* untuk memaksimalkan operasi sistem. Operasi kerja manual ini difungsikan untuk keperluan perawatan sistem, ketika pengguna bisa mengaktifkan pompa 1 atau 2 tanpa menunggu perintah dari sensor *fluid switch* pada bak penampungan. Pengguna bisa melakukan identifikasi kerusakan komponen mekanik dari sini, seperti kebocoran pipa; kerusakan motor atau yang lainnya.

3.2.3 Pengujian Kondisi Gagal Sistem

Kondisi gagal sistem ini terdiri dari kondisi beban lebih dan kondisi tanpa aliran. Kondisi beban lebih yaitu kondisi ketika sistem mengalami kegagalan fungsi, dalam kasus ini salah satu atau kedua pompa tidak dapat beroperasi dikarenakan beban lebih (*overload*). Ditunjukkan dengan aktifnya lampu indikator OL 1 atau OL 2 pada panel kontrol dan aktifnya lampu indikator *fault report* pada *display* simulasi. Kondisi ini bisa terjadi secara nyata di lapangan, namun untuk praktik simulasi kami memberikan sinyal *overload* dengan menggeser *test trip* pada TOR yang sudah terpasang. Kondisi *overload* dapat direset dengan menekan tombol reset pada TOR yang terpasang dan sistem akan berjalan normal.

Kondisi tanpa aliran yaitu kondisi ketika sistem mengalami kegagalan fungsi, dalam kasus ini sensor *flow switch* tidak dialiri oleh air dalam rentang waktu 5 detik sejak pompa menyala yang menyebabkan suplai tegangan pada pompa terputus. Ditunjukkan dengan aktifnya lampu indikator NF 1 atau NF 2 pada panel kontrol dan aktifnya lampu indikator *fault report* pada *display* simulasi. Ini merupakan sistem keamanan untuk melindungi pompa agar tidak terjadi kerusakan berlebih yang disebabkan oleh panas berlebih karena tidak menyedot air. Kondisi ini di lapangan bisa disebabkan oleh kebocoran pada pipa atau kurangnya putaran pompa sehingga air tidak mengalir ke bak pembuangan. Untuk pelaksanaan simulasi kami memberi jarak antara titik sedot pompa dengan permukaan air sehingga tidak ada air yang bisa di alirkan dan kondisi tanpa aliran dapat disimulasikan.

Hasil implementasi sistem miniatur simulator *plant* pompa air kotor menunjukkan keberhasilan dalam merealisasikan rancangan sistem kontrol berbasis relai kontaktor. Sistem ini mampu mengatur pengoperasian pompa secara otomatis berdasarkan level air dalam bak penampungan serta mendukung operasi manual untuk keperluan perawatan dan uji fungsi. Pengujian terhadap sistem otomatis membuktikan bahwa kontrol pompa dapat bekerja sesuai logika level air: aktivasi bergantian pompa pada level 2, aktivasi

simultan pada level 3, serta aktivasi alarm darurat pada level 4. Hal ini sejalan dengan konsep sistem water level control berbasis kontrol otomatis sebagaimana dikembangkan oleh Yudhi Agussationo et al. [4], yang menggunakan smart switch untuk pengendalian tingkat air. Meskipun pendekatan teknologi berbeda, prinsip dasar pengendalian berdasarkan level air serupa dan terbukti efektif. Pada pengujian kondisi manual, sistem memberikan fleksibilitas kepada pengguna untuk mengoperasikan pompa tanpa bergantung pada sensor level air, yang sangat berguna untuk kegiatan perawatan, seperti identifikasi kebocoran atau kerusakan pompa. Ini menunjukkan kesesuaian dengan hasil penelitian B. Mulyati [9] yang menekankan pentingnya fleksibilitas kontrol dalam sistem berbasis mikrokontroler dan sensor arus. Pengujian terhadap kondisi gagal sistem, yaitu kondisi beban lebih dan tanpa aliran, menghasilkan respon sistem yang tepat. Proteksi overload melalui *thermal overload relay* dan proteksi *no-flow* melalui sensor aliran telah bekerja optimal, menghentikan operasi pompa secara otomatis dan memberikan sinyal visual melalui indikator panel. Sistem ini menunjukkan keunggulan dari aspek keamanan dan keselamatan, yang juga ditekankan oleh R. Hamdani et al. [6] dalam penelitiannya tentang sistem kontrol pompa untuk gedung bertingkat. Dengan kata lain, hasil penelitian ini memperkuat temuan-temuan sebelumnya tentang efektivitas sistem kontrol berbasis relai kontaktor dalam aplikasi distribusi air. Penelitian ini memberikan kontribusi baru berupa integrasi fungsi otomatis, manual, dan proteksi dalam satu prototipe miniatur plant yang komprehensif dan mudah direplikasi untuk skala pembelajaran dan industri kecil.

4. Kesimpulan

Penelitian ini membahas tentang rancang bangun miniatur simulator plant pompa air kotor berbasis panel kontrol relai kontaktor, yang dirancang untuk mengatur operasional pompa secara otomatis dan manual dalam pengelolaan air limbah. Topik ini penting mengingat sistem pompa manual masih umum digunakan dan menimbulkan berbagai keterbatasan operasional, terutama dalam efisiensi dan keamanan sistem. Temuan utama dari penelitian ini adalah bahwa sistem yang dirancang mampu berfungsi dengan baik sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Pengendalian otomatis berdasarkan level air dapat mengatur operasi satu atau dua pompa secara bergantian maupun bersamaan, serta mengaktifkan alarm pada kondisi darurat. Mode manual juga berfungsi dengan baik untuk kegiatan perawatan sistem. Komponen proteksi seperti *thermal overload relay* dan sensor aliran turut mendukung keamanan operasional sistem secara menyeluruh. Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya oleh Agussationo et al. [4] dan Hamdani et al. [6], penelitian ini memperluas konsep sistem kontrol air dengan menambahkan fitur proteksi sistem dan mode manual yang terintegrasi dalam satu panel kendali miniatur. Hasil penelitian ini mendukung kesimpulan studi-studi sebelumnya mengenai efektivitas kontrol otomatis berbasis relai kontaktor, sekaligus menegaskan bahwa sistem seperti ini dapat ditingkatkan lagi dalam hal keandalan dan penerapannya di lingkungan nyata. Penelitian ini berkontribusi sebagai prototipe edukatif sekaligus sebagai model representatif untuk pengembangan sistem otomasi pengelolaan air limbah skala kecil hingga menengah. Ke depan, pengembangan dapat diarahkan pada integrasi teknologi berbasis Internet of Things (IoT), penggunaan pengendali logika terprogram (PLC), serta peningkatan visualisasi sistem dengan Human Machine Interface

(HMI), guna menjawab tantangan otomasi yang lebih kompleks dan terintegrasi.

Referensi

- [1] A. Rohman, H. Martawireja, and H. Supriyanto, "Pompa Hidram Sebagai Solusi Pompa Hemat Listrik Untuk Distribusi Air Desa Cibuluh Pendahuluan," vol. 6, no. 2, pp. 804–812, 2025.
- [2] M. Djana, "ANALISIS KUALITAS AIR DALAM PEMENUHAN KEBUTUHAN AIR BERSIH DI KECAMATAN NATAR HAJIMENA LAMPUNG SELATAN," *J. Redoks*, vol. 8, no. 1, pp. 81–87, Jun. 2023, doi: 10.31851/redoks.v8i1.11853.
- [3] N. Fajar and E. Putra, "Rancang Bangun Keran Wudu Otomatis," *J. Sains Terap.*, vol. 9, no. 2, pp. 21–25, 2023.
- [4] Y. Agussationo, Sepdian, and Andi Rajanudin, "RANCANG BANGUN WATER LEVEL CONTROL BERBASIS SONOFF SMART SWITCH," *J. Elektron. List. dan Teknol. Inf. Terap.*, vol. 4, no. 1, pp. 12–22, Dec. 2021, doi: 10.37338/elti.v4i1.201.
- [5] A. Juniarto, I. A. Husaiipi, and Yuvina, "Rancang Bangun Sensor Ph Air Limbah Industri Motor Dua Kecepatan Berbasis Programmable Logic," *Konf. Nas. Sos. dan Eng. Politek. Negeri Medan Tahun 2022*, vol. 3, no. 1, pp. 804–809, 2022.
- [6] R. Hamdani, Y. Agussationo, and M. Isnen, "Optimalisasi Sistem Kontrol Pompa Pengisian Air Pada Gedung Graha Dayaguna PT.JIEP," *J. Elektron. List. dan Teknol. Inf. Terap.*, vol. 2, no. 2, pp. 15–22, 2021, doi: 10.37338/e.v2i2.150.
- [7] B. K. T. R. A. F. Amri, "Sistem Monitoring Pompa Dan Kontrol Valve Untuk Aliran Air Pada IPA (Instalasi Pengolahan Air) Menggunakan Sensor Arus Tegangan," vol. 14, no. 2, pp. 168–178, 2024.
- [8] Y. Kristianto and J. Fat, "Analisis Perancangan Panel Star-Delta untuk Motor Induksi Pompa 3 Fasa dan Teknik Interlocking dengan Sensor Water Level," *INTRO J. Inform. dan Tek. Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 77–85, Dec. 2023, doi: 10.51747/intro.v2i2.1753.
- [9] B. Mulyati, "Rancang Bangun Alat Pengukur Kecepatan Aliran Air Menggunakan Water Flow Sensor Berbasis Arduino Uno," *J. Inform. Teknol. dan Sains*, vol. 2, no. 1, pp. 1–11, 2023, doi: 10.56244/formateks.v2i1.721.
- [10] R. M. W. N. Slamet Purwo Santosa, "RANCANG BANGUN ALAT PINTU GESER OTOMATIS MENGGUNAKAN MOTOR DC 24 V," vol. 9, no. 1, p. 6, 2021.
- [11] A. Wicaksana and T. Rachman, "Rancang Bangun Pengontrol Peralatan Listrik Menggunakan Sensor Sentuh Dengan Pengunci Radio Frekuensi Identifikasi (RFID)," *Angew. Chemie Int. Ed.* 6(11), 951–952., vol. 3, no. 1, pp. 10–27, 2020.
- [12] A. E. P. Lestari and P. Oetomo, "ANALISIS PEMILIHAN PENGHANTAR TENAGA LISTRIK PALING EFFISIEN PADA GEDUNG BERTINGKAT," *SINUSOIDA*, vol. 23, no. 2, pp. 61–68, Dec. 2021, doi: 10.37277/s.v23i2.1122.
- [13] S. K. Sawidin, T. M. Kereh, Y. S. Rompon, and D. S. Pongoh, "Sistem Kontrol Peralatan Listrik Dengan Aplikasi Android Voice Controller," *Jambura J. Electr. Electron.*

- Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 213–217, Jul. 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i2.14725.
- [14] B. Agustian, J. Hidayat, A. Fitriani, T. Elektro, U. Tjut, and N. Dhien, "RANCANG BANGUN KONTROL RANGKAIAN STAR DELTA MOTOR 3 FASA DI LABORATORIUM TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS TJUT NYAK DHEN DESIGN OF THE STAR DELTA MOTOR CIRCUIT CONTROL 3 PHASE IN Mulai Studi Literatur Pengumpulan alat dan bahan rangkaian star delta Perancangan Alat Tidak Pengujian Rangkaian Star Delta Sesuai ? Ya Pengambilan Data Tegangan Rangkaian Star Delta Selesai," vol. 3, no. 1, pp. 13–18, 2024.
- [15] K. Rahman Hakim, I. Darmawan, T. Andriani, and P. Ali Topan, "SISTEM TERINTEGRASI PADA PENYALURAN AIR BERSIH DI DESA BOAK KECAMATAN UNTER IWES, KABUPATEN SUMBAWA," *J. Pengabd. Rekayasa Sist.*, vol. 2, no. 2, pp. 11–15, Jul. 2024, doi: 10.36761/jpres.v2i2.4311.
- [16] R. Saputra, A. P. Sari, dan M. A. Irawan, "Evaluasi Instalasi Kelistrikan Sesuai Standar PUIL di CV Multi Teknik Perkasa Palembang," *Uranus: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, Sains dan Informatika*, vol. 2, no. 3, pp. 105–112, Jul. 2024.
- [17] Ramadhan, R. A. Nugraha, dan L. Fitriani, "Pemilihan Pengaman yang digunakan pada Motor Listrik terhadap Proteksi berdasarkan Kapasitas Arus Normal," *Arus: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 2, no. 2, pp. 55–61, Okt. 2024.