

Rancang Bangun Miniatur Plant Pusat Simulator Pompa Air Kotor Menggunakan Panel Kontrol Relay Kontaktor

Susilo^{*a)}, Sukamdi^{a)}, Agus Andrianto^{a)}, Heri Sungkowo^{a)}, Dimas Eriyanto^{a)},
Milzam Brillian Santana^{a)}

(Received : 31 Juli 2024 || Revised : 22 September 2024 || Accepted : 28 Oktober 2024)

Abstract: *Water pumps play an important role in the management of wastewater, particularly in maintaining environmental cleanliness and health. This research aims to design and create a miniature plant simulator for wastewater pumps using a relay contactor control panel. This miniature plant is designed to simulate the operation of the wastewater pump system automatically, replacing the often inefficient manual methods. The research process begins by determining the main components needed, such as a three-phase induction motor, contactors, thermal overload relays, and related sensors. Subsequently, the design and construction of the simulator and its control panel are carried out. Implementation includes testing the functionality of each component and the integrity of the overall system, including individual component testing and testing under system failure conditions. The research results show that the miniature plant simulator built functions well as expected. The automatic control system using relay contactors has proven effective in operating the water pump efficiently and safely. This miniature plant can be used not only as a learning tool but also as a prototype for developing larger and more complex wastewater pump control systems.*

Keywords: *automatic system, contactor, control panel, miniature plant simulator, wastewater management.*

1. Pendahuluan

Air adalah penting dalam kelestarian seluruh makhluk hidup di muka bumi ini. Faktanya, hampir dua pertiga bumi adalah air, hanya sebagian besar merupakan air asin (air laut). Juga air tawar distribusinya tidak selalu sama secara kuantitatif. Air bersih adalah air yang layak untuk dikonsumsi, serta air murni tidak hanya jernih, tidak berbau, dan tidak hanya untuk mencicipi, tetapi juga untuk mengisi persyaratan kesehatan persyaratan kesehatan tersebut air hitam merupakan air yang tidak hanya sadah tetapi juga mencakup zat padat atau cair yang dihasilkan dari pembuangan limbah, seperti sampah, mayat, air bekas cucian, sampah rumah tangga, dll. Air kotor ini tidak bisa langsung dimanfaatkan, apalagi untuk dikonsumsi. Namun bukan berarti airnya berwarna hitam tidak dapat digunakan, air ini dapat digunakan setelah diproses. Seperti di kota-kota wilayah yang luas sehingga warga sulit mendapatkan air. Begitu juga bersama-sama air yang cocok diperoleh dengan mengolah air sungai digunakan dan dikonsumsi. [1]

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. Pada sistem sirkulasi air kotor yang menggunakan lebih dari satu pompa pompa, karena kondisi air harus dijaga terus mendaur ulang untuk menjaga kondisi air selalu bersih dan bebas kotoran. Jika hanya satu pompa yang dipasang dan ada kerusakan yang membutuhkan waktu dalam jangka panjang akan berdampak buruk dengan kesehatan. Sistem air bersih biasanya menggunakan lebih dari satu pompa mengurus kebutuhan air bersih, pompa secara bergantian beroperasi berdasarkan sistem operasi diciptakan dan diperlukan. [2]. Ketika pengoperasian pompa listrik pada saat ini masih kebanyakan menggunakan cara manual. Contohnya yang dimana ketika air didalam bak tersebut kosong pompa tidak langsung otomatis mengisi atau ketika air didalam bak tersebut penuh pompa tidak langsung mati. Jadinya harus mematikan dengan cara

manual. Maka menggunakan pengoperasian pompa diatur dalam sistem air bersih, baik dengan pompa submersible maupun pompa booster. Komponen kontrol dan perangkat keselamatan ditempatkan dalam satu panel saklar di sebelah pompa untuk mempermudah pemasangan. Komponen utama sistem kendali pompa ini adalah *relay* kontaktor magnetik dan saklar pelampung. Pengoperasian pompa air dapat dilakukan dengan cara otomatis dengan motor listrik sebagai pompa dan *relay* kontaktor sebagai penyambung dan pemutus. Pemompaan air menggunakan motor listrik dengan *relay* kontaktor secara otomatis artinya motor akan memompa air dengan sendirinya pada saat dibutuhkan dan akan berhenti apabila tidak diperlukan lagi. *Relay* kontaktor berperan sebagai saklar otomatis yang diaktifkan oleh sensor atau pengaturan tekanan air untuk menghidupkan atau mematikan pompa. Ini membantu menjaga ketersediaan air tanpa harus secara manual mengendalikan pompa. [3]

Kontrol Pompa Air Limbah ini adalah pengembangan dari sistem manual ke sistem kontrol manual otomatis yang sebagian besar bayak sudah menggunakan sistem manual otomatis. Dan juga ingin merealisasikan pembuatan pompa air limbah serta untuk media pembelajaran. 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 semiotomatis, supaya kerja pompa tersebut sesuai dengan kebutuhan sistem pengolahan air tersebut. [4]

2. Metode

2.1 Flow Chart Penelitian

- Studi Literatur

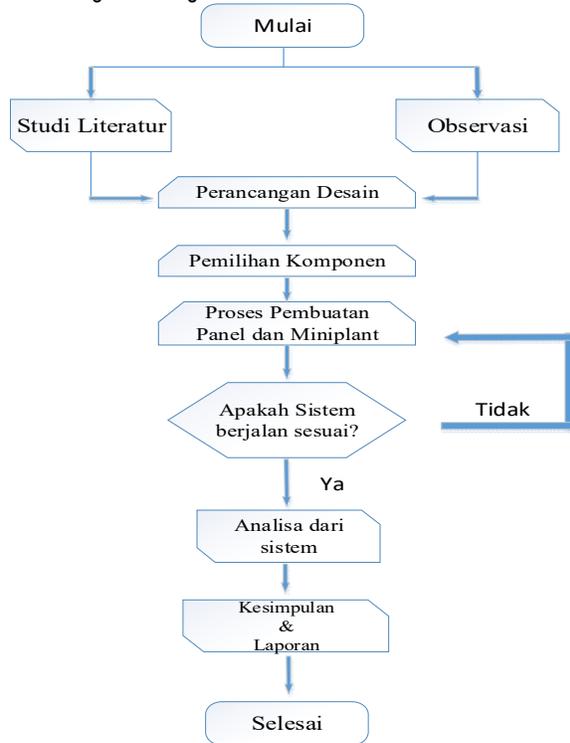
Mengumpulkan dokumen yang berhubungan dengan masalah yang dikaji dari berbagai sumber, seperti jurnal, arsip, dan majalah yang digunakan sebagai acuan untuk memperkuat argumentasi dan mendapat teori yang akan dijadikan penelitian.

* Korespondensi: susilo@polinema.ac.id

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

- Observasi

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.



Gambar 1. 1. Flow Chart Penelitian

2.2 Deskripsi Kerja

Alat kontrol pembuangan air kotor pada sebuah bak penampungan. Dengan volume bak penampungan 45 m³ dan debit air kotor yang masuk bak penampungan berkisar 300 liter hingga 900 liter. Bak penampungan akan terisi penuh apabila air kotor masuk secara terus menerus selama 50 menit hingga 150 menit. Maka dari itu perlu diberikan alat kontrol untuk mengalirkan air kotor ini agar tidak over kapasitas. Alat yang terdiri dari dua pompa untuk berkerja secara bergantian atau bersamaan sesuai dengan volume air yang ada pada bak penampungan saat itu. Masing-masing pompa harus bisa dioperasikan secara otomatis atau manual untuk keperluan maintenance. Dilengkapi dengan sensor aliran pada tiap pipa serta pengaman overload untuk masing-masing pompa.

2.2.1 Deskripsi Kerja Otomatis:

- Bak penampungan ini mempunyai 4 level ketinggian air, tiap levelnya 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 dimana 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 disini 2 pompa bekerja secara bergantian.
- Level 3 pada bak penampungan menyatakan kondisi dimana 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 selector untuk pengoperasian sistem running motor/pompa. Operasi kerja manual ini difungsikan untuk keperluan maintenance system, dimana user bisa mengaktifkan pompa 1 atau 2 tanpa menunggu perintah dari sensor fluid switch pada bak penampungan. User 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 pengaman overload sistem dengan deskripsi kerja sebagai berikut :

- Disaat pompa starting 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.
- Disaat pompa bekerja baik secara otomatis ataupun manual, namun pada saat itu terjadi overload maka pompa akan otomatis mati. Pompa bisa diperasikan kembali apabila masalah overload sudah ditangani.
- Disaat terjadi salah satu atau kedua masalah sistem diatas maka akan mengaktifkan indikator kegagalan, untuk memberikan sinyal kepada user bahwa ada pompa yang tidak bekerja baik karena tidak ada aliran pada pipa ataupun masalah overload.

Untuk keperluan monitoring sistem ini juga diperlukan tombol dan lampu yang bisa dilihat dan dioperasikan oleh user.

- Tiap operasi komponen harus diberikan lampu indikator pada panel yang bisa dimonitoring oleh user.
- Lampu indikator yang terpasang bisa dinyalakan menggunakan tombol tes lampu untuk monitoring fungsi lampu pada panel.
- Lampu indikator running motor tidak selalu menyala, hanya menyala selama 15 detik. Jadi memfungsikan satu tombol untuk melihat motor mana yang bekerja saat itu. Dan mengharuskan lampu mati Kembali selang 15 setelah menekan tombol.
- Lampu indikator emergency akan meyala terus, hanya bisa dimatikan / direset dengan menekan tombol pada panel setelah volume pada bak penampungan sudah turun dari level 4.

2.3 Perencanaan

2.3.1 Motor

Tempat Pembuangan Limbah seluas 45m³ dan untuk perencanaan debit yang digunakan yaitu 450 liter/menit (maksimum).

Spesifikasi motor Sentrifugal

- Tegangan AC : 380-420 V
- Daya: 2,2 KW
- Cos Φ : 0,85
- Frekuensi: 50 Hz
- Daya Hisap: 4 meter(max)
- Daya Dorong: 32 meter(max)
- Debit Air: 450 L/Menit (max)

$$I_n = \frac{p_{out}}{\sqrt{3} \times V \cdot \cos 0,85}$$

$$= \frac{2200}{\sqrt{3} \times 380 \cdot \cos 0,85}$$

$$= 3,4 \text{ A}$$

2.3.2 MCB

Perhitungan :

$$= 115\% \times I_n$$

$$= 115\% \times 3,4 \text{ A}$$

$$= 3,91 \text{ A}$$

Dipilih MCB 3P sebesar 4A tipe pemutusan D karena starting untuk motor 5-7 in sedangkan tipe D kurva pemutusannya yaitu 2-10 In dan breaking capacity yang dipilih sebesar 6000 A.

2.3.3 Penghantar

Nominal cross sectional area mm ²	Resistance at 20 °C		Current carrying capacity at 30 °C		Short circuit current of conductor at 1.0 sec kA
	DC max	Insulation min (Calculated) MV.km	In Pipe	In Air	
1.5	12.1	10	15	24	0.19
2.5	7.41	7	20	32	0.25
4	4.61	8	25	43	0.30
6	3.08	7	33	54	0.37
10	1.83	7	45	74	1.20
16	1.15	5	61	98	1.91
25	0.727	5	83	140	2.96
35	0.524	5	104	199	4.13
50	0.387	5	132	197	5.87
70	0.268	4	166	247	8.19
95	0.193	4	198	293	11.09
120	0.153	3	236	345	13.98
150	0.124	3	-	391	17.46
185	0.0991	3	-	449	21.50
240	0.0754	3	-	529	27.86
300	0.0601	3	-	609	34.79
400	0.0470	3	-	724	46.34

Note : This is only general information. For other specific requirement, please contact our marketing.

DERATING FACTORS

A. Grouping in the ground.

1 Variation in ground temperature.

	Ground temperatures (°C)						
	20	25	30	35	40	45	50
XLPE insulation	1.08	1.04	1.00	0.96	0.91	0.87	0.82
PVC insulation	1.12	1.07	1.00	0.94	0.87	0.79	0.71

GROUPING of single core cables (Flat formation)

	Number Of grouping									
	1	2	3	4	5	6	8	10		
XLPE insulation	1.00	0.87	0.77	0.73	0.70	0.68	0.65	0.63		
PVC insulation	1.00	0.87	0.78	0.74	0.70	0.68	0.65	0.63		

Gambar 1. 2. Spesifikasi Kabel

Menentukan KHA Kabel

$$= 125\% \times I_n$$

$$= 125\% \times 3,4 \text{ A}$$

$$= 4,25 \text{ A}$$

Jadi KHA kabel 1 x 15 A = 1 x 1,5 mm²

Correction Factor

Diasumsikan suhu ruangan 30 sehingga :

$$\text{KHA} = \text{Correction factor } 30^\circ\text{C} \times I_n \text{ air max at } 30^\circ\text{C}$$

$$= 1 \times 15$$

$$= 15 \text{ A}$$

Pemasangan instalasi di tanah dengan formasi datar dengan 2 grup

$$\text{KHA} = 15 \times 0,87$$

$$= 13,05 \text{ A}$$

Drop Tegangan

$$= I_n \times (R + L) \times \text{jarak}$$

$$= 4,25 \times (12,1 + 10) \times 0,1$$

$$= 9,4$$

$$\text{Drop Tegangan (\%)} = \frac{9,4 \text{ V}}{380 \text{ V}} \times 100\%$$

$$= 0,02 \%$$

Jadi kabel yang dipilih untuk motor menggunakan **Supreme NYA (CU/PVC)(1x1,5mm²) 450/750V**

2.3.4 Kontaktor

Perhitungan:

$$\text{Maka } I_b < I_n < I_z$$

$$3,4 \text{ A} < 10 \text{ A} < 15 \text{ A}$$

I_b = Arus Desain

I_n = arus pengenalan gawai proteksi

I_z = KHA kabel

Gawai proteksi harus lebih besar dari beban dan lebih kecil dari KHA kabel maka:

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

Tabel 1. 1. KHA

SNI IEC 0225-5-52:2020

Tabel K.52.7 – KHA terus menerus yang diperbolehkan dan proteksi untuk kabel instalasi inti tunggal berinsulasi PVC pada suhu ambien 30 °C dan suhu konduktor maksimum 70 °C

Jenis Konduktor	Luas penampang nominal mm ²	KHA terus menerus		KHA pengenal gawai proteksi	
		Pemasangan dalam kondukt ¹⁾ sesuai 7.13	Pemasangan di udara ²⁾ sesuai 7.12.1	Pemasangan dalam kondukt	Pemasangan di udara
1	2	3	4	5	6
	0,5	2,5	-	2	-
	0,75	7	15	4	10
	1	11	19	6	10
	1,5	15	24	10	20
	2,5	20	32	16	25
NYFA	4	25	42	20	35
NYFAP	6	33	54	25	50
NYFAZ	10	45	73	35	63
NYA	16	61	98	50	80
NYAF	25	83	129	63	100
NYFAw	35	103	158	80	125
NYFAFw	50	132	198	100	160
NYFAZw	70	165	245	125	200
NYFADw	95	197	292	160	250
dan NYL	120	235	344	250	315
	150	-	391	-	315
	185	-	448	-	400
	240	-	528,5	-	400
	300	-	608	-	500
	400	-	726	-	630
	500	-	830	-	630

CATATAN ¹⁾ Untuk satu atau lebih kabel tunggal tanpa selubung
²⁾ Untuk kabel tunggal dengan jarak sekurang-kurangnya sama dengan diameternya

Hal: 10 Bab Standartasi Nasional, Silikon standar ini dibuat oleh BSN untuk Air Zumi Arhanu (Surai) Sripoting State Polytechnic

2.3.5 Thermal Overload Relay

Perhitungan :

$$= 100\% \times I_n$$

$$= 100\% \times 3,4 = 3,4$$

Dipilih tor class 20A karena starting motor menggunakan dol dengan rating 2,5 – 4 A dan di setting di 3,4 A.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pengujian yang kami paparkan dibawah ini merupakan analisa dari perancangan simulator plant pusat pompa air kotor dengan menggunakan panel kontrol relay kontaktor Penulis, Afiliasi, dan Korespodensi

3.1 Implementasi

- Simulator



Gambar 1. 3. Implementasi simulator

- Panel



Gambar 1. 4. Layout Panel

3.2 Pengujian integras langsung

- Pengujian operasi sistem otomatis.

Kondisi ketika air dalam penampungan naik hingga sensor air level 2 (B11). Sensor yang mendeteksi akan mengirim 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.

Kondisi ketika air dalam penampungan naik hingga sensor air level 2 (B11). Sensor yang mendeteksi akan mengirim 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 mengirim sinyal untuk mengaktifkan motor kedua, jadi dalam

pedagialannya 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.

Kondisi ketika air dalam penampungan naik hingga sensor air level 2 (B11). Sensor yang mendeteksi akan mengirim 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 mengirim sinyal untuk mengaktifkan motor kedua, jadi dalam pedagialannya 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 aktiifnya kedua motor ditambah alarm emergency.

- Pengujian operasi sistem 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 dari auto (A) ke arah manual (M), namun tidak mengabaikan kerja flow switch pada pipa. Dipasang 2 selector switch untuk kedua pompa masing- masing 1 selector untuk memaksimalkan operasi sistem. Operasi kerja manual ini difungsikan untuk keperluan maintenance system, dimana user bisa mengaktifkan pompa 1 atau 2 tanpa menunggu perintah dari sensor fluid switch pada bak penampungan. User bisa melakukan identifikasi kerusakan komponen mekanik dari sini, seperti kebocoran pipa; kerusakan motor atau yang lainnya.

- Pengujian kondisi gagal sistem.

Kondisi Overload

Kondisi dimana sistem mengalami kegagalan fungsi, dalam kasus ini salah satu atau kedua pompa tidak dapat beroperasi dikarenakan beban lebih (overload). Ditunjukkan dengan hidupnya lampu indikator OL 1 atau OL 2 pada panel kontrol dan hidupnya 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 No Flow

Kondisi dimana sistem mengalami kegagalan fungsi, dalam kasus ini sensor flow switch tidak dialiri oleh air dalam rentang waktu 5 detik sejak pompa menyala yang menyebabkan suplay tegangan pada pompa terputus. Ditunjukkan dengan hidupnya lampu indikator NF 1 atau NF 2 pada panel kontrol dan hidupnya lampu indikator fault report pada display simulasi. Ini merupakan sistem keamanan untuk melindungi pompa agar tidak terjadi kerusakan berlebih yang disebabkan oleh overhear karena tidak

menyedot air. Kondisi ini dilapangan 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 no flow dapat simulasikan.

4. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapat berdasarkan laporan akhir "RANCANG BANGUN MINIATUR PLANT PUSAT POMPA AIR KOTOR MENGGUNAKAN PANEL KONTROL *RELAY* KONTAKTOR" yaitu sebagai berikut :

1. Desain miniatur plant pusat simulator pompa air kotor dengan menggunakan panel kontrol *relay* kontaktor dirancang dengan memperhatikan nilai praktis dan efesien tanpa melupakan deskripsi kerja dari alat ini. Desain mampu derealisasikan dengan baik pada alat dan mampu memberikan visualisasi secara langsung saat disimulasikan.

2. Dalam penentuan komponen miniatur plant pusat simulator pompa air kotor dengan menggunakan panel kontrol *relay* kontaktor dilakukan dengan memperhatikan beban utama dari sistem ini yaitu pompa (motor 3 fasa). Yang digunakan sebagai acuan untuk menentukan komponen penghantar dan pengaman yang sesuai. Perhitungan yang dilakukan untuk penentuan komponen merujuk pada aturan SNI PUIL 2020. Serta penentuan komponen simulator dilakukan dengan pertimbangan kesesuaian kinerja dengan deskripsi dari alat ini. Agar seluruh proses dalam kendali system ini dapat diperagakan dan memberikan gambaran utuh terhadap mahasiswa.

3. Kinerja miniatur plant pusat pompa air kotor dengan menggunakan panel kontrol *relay* kontaktor sesuai dengan deskripsi kerja.

Referensi

- [1] M. Djana, "Analisis Kualitas Air dalam Pemenuhan Kebutuhan Air," **Jurnal Teknologi Lingkungan**, vol. 8, no. 1, pp. 81-86, 2023.
- [2] I. N. G. Baliarta and Sudirman, "Simulasi Kontrol 2 Pompa Suplay Air Bersih Menggunakan Relay Change," **Jurnal Sains Terapan**, vol. 4, no. 1, pp. 10-16, Apr. 2018.
- [3] A. J. Ilham and Y. Yusuf, "Rancang Bangun Sensor pH Air Limbah Industri Motor Dua Kecepatan Berbasis Programmable Logic," **Jurnal Teknik Elektronika**, vol. 9, no. 3, pp. 804-809, 2022.
- [4] Suryono and Supriyadi, "Rancang Bangun Pengontrol Panel Listrik Menggunakan Radio Frekuensi Identifikasi (RFID)," **ORBITH**, vol. 14, no. 1, pp. 28-39, Mar. 2018.
- [5] S. Budi, M. Ali, and Y. Latif, "Monitoring Suhu Vibrasi dan Arus Motor Induksi 3 Fasa," **MUSTEK ANIM HA**, vol. 12, no. 2, pp. 137-141, Aug. 2023.
- [6] U. Wiharya and R. Ramdani, "Rancangan Sistem Pengendali Motor Induksi Tiga Fasa dengan Water Level Control (WLC)," **Jurnal Teknokris**, vol. 22, no. 2, pp. 62-

- 69, Dec. 2019.
- [7] R. Ramadhan, S. Sabar, and D. M. Setiawan, "Rancang Bangun Alat Pengontrol Lampu dengan Bluetooth berbasis Android," **E-Journal Teknik Elektro dan Komputer**, vol. 5, no. 3, pp. 24-33, 2019.
- [8] S. Pratama and R. M. Wijaya, "Rancang Bangun Alat Pintu Geser Otomatis Menggunakan Motor DC 24 V," **Jurnal Ilmiah Elektrokrisna**, vol. 9, no. 1, pp. 38-45, Jan. 2021.
- [9] A. E. Pratama and P. Oktaviani, "Analisis Pemilihan Penghantar Tenaga Listrik Paling Efisien pada Gedung Bertingkat," **Sinusoida**, vol. 23, no. 2, pp. 61-68, Dec. 2021.
- [10] V. J. Hidayat and M. Haryanto, "Rancang Bangun Alat Ukur Kecepatan Aliran Air Menggunakan Water Flow Sensor Berbasis Arduino Uno," **Jurnal Teknologi Informasi dan Industri**, vol. 3, no. 1, pp. 84-91, Jan. 2023.
- [11] N. Fadhilah and N. A. I. E. Putra, "Rancang Bangun Keran Wudu Otomatis," **Jurnal Sains Terapan**, vol. 9, no. 2, pp. 21-25, Oct. 2023.
- [12] A. I. Santoso, M. Yani, and H. Nugroho, "Implementasi Sistem Monitoring Kualitas Air Menggunakan Sensor pH dan Turbidity Berbasis Arduino," **Jurnal Elektronika dan Komputer**, vol. 6, no. 2, pp. 45-52, 2022.
- [13] D. L. Sari and B. Suhendi, "Analisis Efisiensi Penggunaan Pompa Air Bersih pada Sistem Distribusi Air dengan Kontrol Otomatis," **Jurnal Teknologi Rekayasa**, vol. 7, no. 1, pp. 50-57, 2022.
- [14] A. Wijaya, H. Suryadi, and M. Akbar, "Pengembangan Alat Monitoring Suhu dan Kelembaban pada Sistem Kontrol Air," **Jurnal Rekayasa Sistem Elektronika**, vol. 5, no. 3, pp. 101-108, Dec. 2020.
- [15] I. Putri and R. Hardianto, "Desain Pengendalian Pompa Air Otomatis Berbasis Relay dan Sensor Ketinggian Air," **Jurnal Teknologi Informasi dan Elektro**, vol. 4, no. 2, pp. 45-52, Mar. 2019.