

Rancang Bangun Sistem Kontrol Bypass Valve Otomatis pada Pompa Suplai tangki Humidifier

Design of Automatic Bypass Valve Control System for Humidifier Tank Supply Pump

Fahmi Cahyadi¹, Kartika Sekarsari^{2*}

^{1,2*}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang
Jl. Puspitek, Buaran, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15417, Indonesia
Cahyasalaam@gmail.com¹, dosen00181@unpam.ac.id^{2*}

Abstrak – Kinerja sistem humidifier industri sangat bergantung pada ketersediaan aliran air yang stabil guna mempertahankan kelembapan udara sesuai kebutuhan. Penelitian ini mengembangkan sistem kontrol otomatis berbasis Internet of Things (IoT) untuk mengatur bypass valve pada pompa suplai tangki humidifier dengan tujuan meningkatkan stabilitas tekanan dan efisiensi penggunaan energi listrik. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 yang dikoneksikan dengan aplikasi Blynk untuk pemantauan dan pengaturan tekanan air secara real-time. Dua skenario pengujian yang dilakukan terdiri dari: skenario pertama tanpa kontrol otomatis, dan skenario kedua dengan sistem kontrol otomatis. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa tekanan air pada skenario pertama kurang stabil dengan rata-rata 11,18 psi, sedangkan skenario kedua menunjukkan peningkatan kestabilan dengan rata-rata tekanan 12,32 psi. Selain itu, konsumsi daya listrik pada skenario kedua lebih efisien, ditunjukkan dengan perbedaan arus antar fase sebesar 8–9% dibandingkan skenario pertama. Temuan ini mengindikasikan bahwa penerapan kontrol otomatis berbasis IoT mampu meningkatkan stabilitas tekanan air serta mengurangi konsumsi energi, yang secara keseluruhan berkontribusi terhadap efisiensi operasional sistem humidifier.

Kata Kunci: Sstem kontrol otomatis, Bypass valve, Pompa suplai, IoT, ESP32, Aplikasi Blynk.

Abstract –. The performance of an industrial humidifier system is highly dependent on the availability of stable airflow to maintain air humidity as needed. This study develops an Internet of Things (IoT)-based automatic control system to regulate the bypass valve on the humidifier tank supply pump in order to improve pressure stability and efficiency of electrical energy use. This system uses an ESP32 microcontroller connected to the Blynk application to monitor and regulate air pressure in real time. Two test scenarios were carried out, namely, the first scenario without automatic control and the second scenario with an automatic control system. The experimental results showed that the air pressure in the first scenario was less stable, with an average pressure of 11.18 psi, while the second scenario showed increased stability, with an average pressure of 12.32 psi. In addition, the consumption of electrical power in the second scenario was more efficient, as indicated by the difference in current between phases of 8–9% compared to the first scenario. These findings indicate that the application of IoT-based automatic control can improve air pressure stability and reduce energy consumption, which overall contributes to the operational efficiency of the humidifier system.

Keywords: Automatic control system, Bypass valve, Supply pump, IoT, ESP32, Blynk application.

1. Pendahuluan

Dalam berbagai sistem industri, pengaturan aliran fluida merupakan aspek penting untuk menjaga efisiensi dan keamanan proses [1][2]. Salah satu komponen utama dalam sistem perpompaan adalah *bypass valve* [3], yang berfungsi mengatur aliran fluida guna mencegah kerusakan akibat tekanan berlebih dan menjaga kestabilan operasi sistem [4]. Pada sistem pompa

suplai tangki *humidifier* [5][6][7], kontrol tekanan dan aliran air yang stabil sangat dibutuhkan untuk menjamin kinerja *humidifier* secara optimal dalam menjaga kelembapan udara sesuai kebutuhan industri.

Meskipun beberapa sistem industri telah menggunakan *bypass valve* otomatis, penerapannya pada sistem *humidifier* industri [8], terutama yang mengintegrasikan teknologi IoT, masih sangat terbatas. Sistem yang ada sering kali bergantung pada pengaturan manual, yang mengurangi efisiensi dan meningkatkan risiko kesalahan manusia. Oleh karena itu, terdapat peluang untuk memanfaatkan teknologi IoT dalam menciptakan sistem kontrol yang lebih adaptif dan responsif terhadap perubahan dinamis di lapangan, yang dapat secara signifikan meningkatkan kestabilan tekanan serta efisiensi energi.

Bypass valve otomatis memiliki sejumlah keunggulan teknis, seperti kemampuan untuk menjaga kestabilan tekanan secara konsisten [9][10], menghindari fluktuasi tekanan yang membebani pompa, serta mengoptimalkan efisiensi energi melalui penyesuaian aliran fluida secara real-time [11]. Sistem otomatis ini juga mampu memperpanjang usia pompa dan mengurangi frekuensi perawatan. Oleh karena, penerapannya secara khusus pada sistem pompa suplai tangki *humidifier* masih terbatas dan belum banyak diteliti secara mendalam, terutama yang mengintegrasikan teknologi pemantauan dan pengendalian berbasis *Internet of Things* (IoT) [12], maka implementasi teknologi IoT memungkinkan sistem untuk melakukan pemantauan dan pengendalian tekanan secara real-time, bahkan dari jarak jauh, serta mampu menyesuaikan operasional secara otomatis berdasarkan kondisi aktual di lapangan [13]. Urgensi penggunaan IoT dalam sistem kontrol *Bypass valve* otomatis terletak pada kemampuannya memberikan respons yang cepat terhadap fluktuasi serta memiliki presisi tinggi terhadap perubahan tekanan, serta mengurangi ketergantungan pada intervensi manual yang juga meminimalkan kesalahan manusia, akibatnya akan meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi pemborosan energi.

Beberapa studi terdahulu telah membahas penggunaan *valve* otomatis pada sistem HVAC (*Heating, Ventilation, and Air Conditioning*) [14][15], *cooker candy* [16], dan perancangan control *valve* otomatis sistem *blowdown* [14], namun belum secara komprehensif membahas bagaimana sistem kontrol *bypass valve* otomatis berbasis IoT dapat meningkatkan stabilitas tekanan dan efisiensi konsumsi energi listrik dalam sistem *humidifier* industri. Oleh karena itu, terdapat celah penelitian (*research gap*) yang penting untuk dijembatani melalui pengembangan sistem yang tidak hanya mengotomatiskan kontrol aliran, tetapi juga mampu melakukan pemantauan tekanan berbasis data real-time secara efisien dan akurat.

Penelitian ini mengusulkan rancang bangun sistem kontrol *bypass valve* otomatis pada pompa suplai tangki *humidifier*. Sistem ini berbasis IoT dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan aplikasi Blynk sebagai antarmuka pemantauan dan pengendalian. Sistem ini dirancang untuk mengatur tekanan air secara otomatis dan real-time, serta meningkatkan efisiensi konsumsi energi pompa dengan mengurangi pemborosan daya akibat fluktuasi tekanan. Selain itu, sistem ini juga memungkinkan pemantauan jarak jauh untuk mendukung operasi yang lebih fleksibel dan efisien.

Evaluasi efektivitas sistem, dilakukan dalam dua skenario pengujian: skenario pertama, sistem dijalankan tanpa kontrol otomatis, sedangkan skenario kedua, sistem dijalankan dengan kontrol otomatis aktif. Perbandingan kedua skenario ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana sistem kontrol otomatis mampu meningkatkan kestabilan tekanan serta efisiensi penggunaan daya listrik.

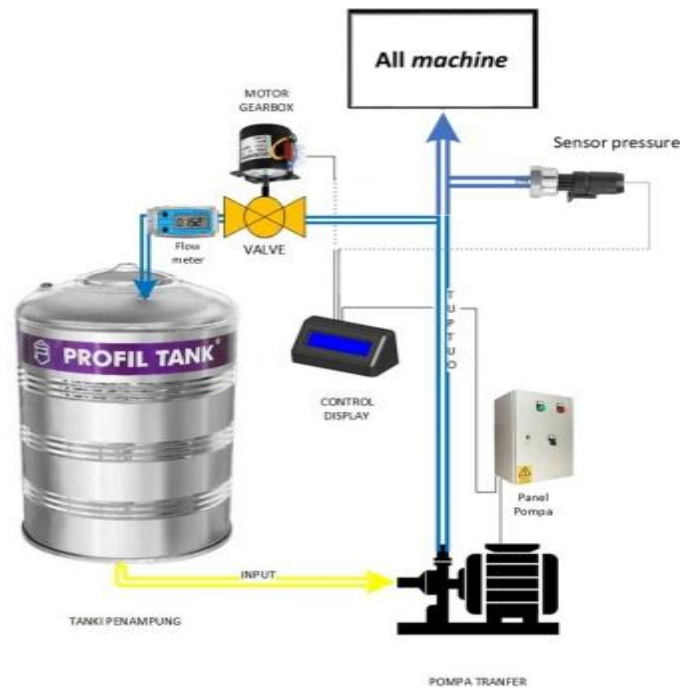
Penelitian ini dilaksanakan di PT. X, sebuah perusahaan jasa pengujian dan sertifikasi produk, sebagai lokasi implementasi sistem. Pengembangan sistem kontrol *bypass valve* otomatis yang cerdas dan terintegrasi diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan sistem *humidifier* industri yang lebih andal, efisien, dan adaptif terhadap kondisi operasional dinamis.

2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini, desain perancangan sistem terdiri dari perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak.

2.1 Desain Perangkat Keras

Desain perancangan perangkat keras dalam penelitian ini ditunjukkan seperti pada Gambar 1.

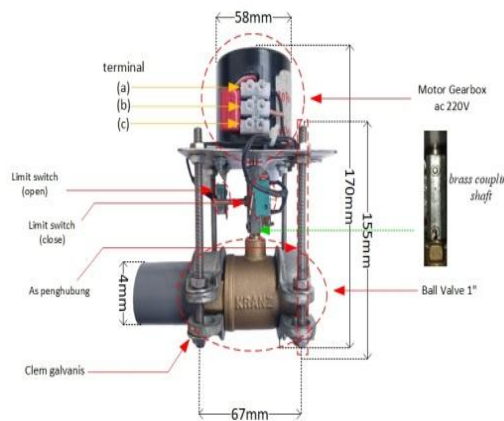


Gambar 1. Desain perancangan alat.

Penjelasan desain perancangan alat pada gambar 1 di atas adalah sebagai berikut:

- Tangki penampung adalah sebuah penampungan air baku yang sudah terfilterisasi
- Hasil air baku yang sudah melalui proses filtrasi dan ditampung ke dalam sebuah tangki tadi, selanjutnya di alirkan melalui pompa sentrifugal ke seluruh mesin-mesin *chamber (All Machine)*.
- Pada pengaturan tekanan pompa, dibuatlah sebuah *bypass* untuk mengatur tekanan air dengan system sirkulasi. Dimana, proses pembuangan air tersebut selanjutnya dikembalikan lagi ke dalam tangki penampung melalui sebuah pipa.
- Motor pada *bypass valve* otomatis dikendalikan oleh ESP32, sehingga *bypass valve* pada proses pembuangan air dapat bergerak membuka dan menutup secara otomatis sesuai setting program dari nilai tekanan yang di masukan ke dalam ESP32.
- Proses *monitoring* dan *control* dapat dilakukan secara manual dan otomatis. Secara manual dapat dilihat pada *box display control*, dan otomatis menggunakan sistem Android dengan aplikasi Blynk yang dapat di monitor dan dikendalikan secara *real time*.

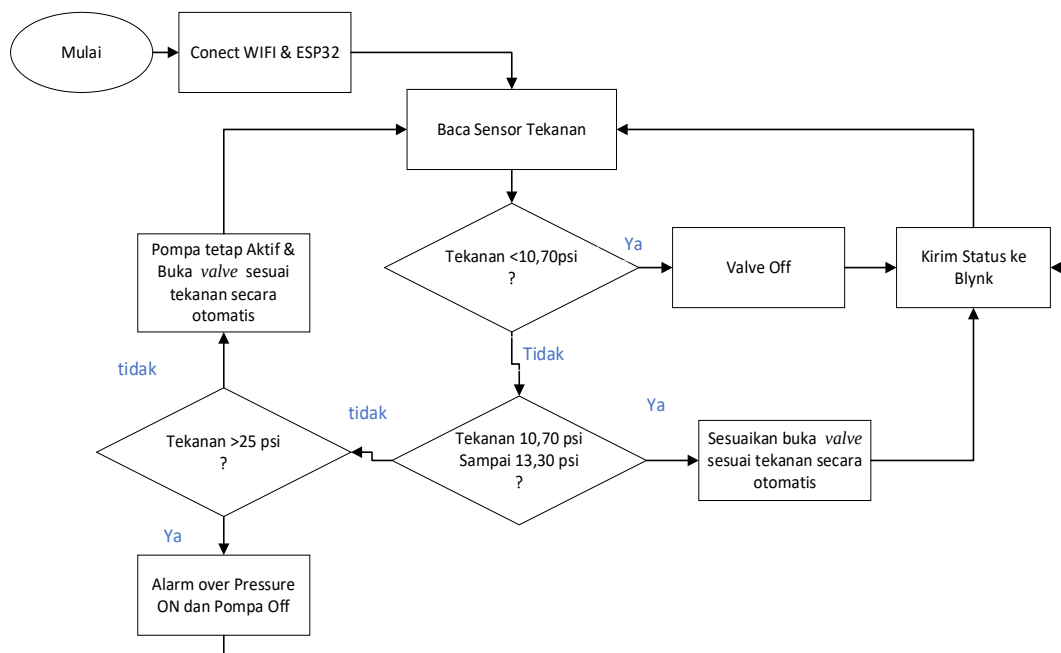
Pada Gambar 2 terlihat bahwa motor *valve* otomatis yang terdiri dari beberapa bagian, diantaranya: terdapat motor *gearbox* 220 Vac dengan kecepatan 2,5 rpm, kapasitas daya 14 watt, dan kekuatan *torque* dari putaran *gearbox* tersebut 38 kgf.cm. Pada motor *gearbox* ini terdapat terminal (a), (b), dan (c). Putaran ke kiri dilakukan dengan menghubungkan terminal (a) dan (b) ke power input 220 Vac. Putaran ke kanan dilakukan dengan menghubungkan terminal (b) dan (c) ke power input 220 Vac. Dua sensor *limit switch* ditempatkan untuk membatasi limit putaran maksimum dan minimum. Pada bagian *ball valve 1"* terdapat tuas pembuka dan penutup *valve* yang telah dimodifikasi agar terhubung dengan tuas motor *gearbox* menggunakan *brass coupling shaft* 5mm x 6mm, dan di gunakan empat tuas ulir dengan diameter 6 mm untuk menghubungkan dudukan motor *gearbox* dengan *clem* penjepit *ball valve* kuning.



Gambar 2. Desain motor valve otomatis.

2.1 Desain Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir perancangan alat.

Tahapan alur kerja sistem seperti yang terlihat pada Gambar 3 dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Pada saat *power on*, maka sistem akan menghubungkan perangkat secara otomatis melalui koneksi wifi sesuai koneksi yang terhubung pada program.
- Sistem akan membaca tekanan air melalui *pressure sensor* yang sudah terpasang di bagian *bypass* (balikan buangan aliran pompa).
- Saat kondisi tekanan air berlebih, maka secara otomatis motor *bypass valve* akan membuka dan akan menutup secara perlahan menyesuaikan nilai tekanan yang telah dimasukan pada program ESP 32 *wroom*.
- Perangkat kemudian akan mengirimkan informasi melalui *Blynk* mengenai informasi konektivitas dan *Alarm fault over pressure* sesuai ambang batas setting *point* di dalam program perangkat ESP 32 *wroom*.

- e. Ketika alarm *over pressure* menyala, maka program akan menonaktifkan pompa secara otomatis.

3. Hasil dan Pembahasan

Sistem yang dirancang terdiri dari sensor tekanan air, motor valve otomatis, dan unit kontrol berbasis mikrokontroler ESP32. Sensor tekanan digunakan untuk mendeteksi tekanan air pada jalur output pompa, dan motor valve otomatis digunakan untuk mengatur aliran air pada jalur bypass sesuai dengan nilai tekanan yang terukur.

3.1. Pengujian Pressure Sensor

Sensor tekanan tipe Wisner WPT-83G-EGG4 (0~12 psi) diuji secara fungsional dengan mengukur tegangan output pada pin VP-GND. Hasil awal menunjukkan bahwa sensor memberikan sinyal output tegangan yang meningkat secara proporsional berkisar antara 0,5 - 4,5 Vdc dan suplai power 5 Vdc, terhadap tekanan air yang diterima.



Gambar 4. Pengukuran tegangan output *pressure sensor*.

Gambar 4 memperlihatkan pengukuran nilai tegangan sensor ketika nilai tekanan menunjukkan pembacaan di Blynk 5 psi, tegangan yang terbaca pada terminal konektor sensor VP-GND sebesar 0,647 Vdc. Gambar 5 berikut ini menunjukkan proses kalibrasi menggunakan alat standar kalibrasi tekanan dengan satuan (psi). Tabel 1 memperlihatkan pengujian akurasi sensor *pressure* dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan tekanan air menggunakan sensor Wisner WPT-83G-EGG4 terhadap alat ukur tekanan standar bersertifikasi dari PT. X. Hasil perbandingan yang ditunjukkan pada Tabel 1 menunjukkan rata-rata koreksi sebesar 4%, yang masih dalam batas toleransi standar.



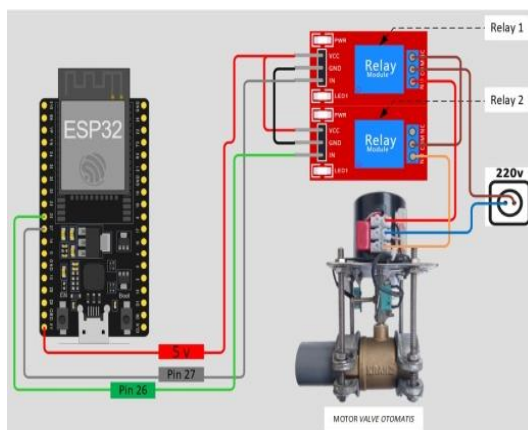
Gambar 5. Proses Kalibrasi alat dengan alat standar kalibrasi tekanan.

Tabel 1. Hasil data kalibrasi pressure (psi).

No	Pembacaan Alat (psi)	Pembacaan Alat Standar (psi)	Koreksi (psi)	Koreksi Persentase (%)
1	0	0,16	0,16	0,6%
2	5	5,57	0,57	10,2%
3	10	10,62	0,62	6,2%
4	20	20,48	0,48	2,4%
5	30	29,52	0,48	1,6%
6	40	38,80	1,20	3,0%
Rata-rata			0,58	4,0%

3.2. Pengujian Terhadap Motor Valve Otomatis

Pengujian motor *valve* otomatis dilakukan untuk mengetahui bahwa motor *valve* tersebut dapat berfungsi dengan baik dan bekerja secara otomatis. Prinsip sederhana dari motor *valve* otomatis adalah kombinasi dari 2 buah alat yang dikombinasikan antara *dynamo gearbox* dan *ball valve*. Kombinasi ini menghasilkan pengaturan pembukaan dan penutupan *valve* berdasarkan putaran motor yang di control oleh ESP 32 dengan menggunakan *pressure sensor* sebagai pembacaan tekanan air, sehingga motor *valve* bisa bergerak otomatis menyesuaikan tekanan air dengan cara mengatur besar dan kecilnya *bypass* buangan air pompa.

Gambar 6. Rangkaian control motor *valve* otomatis.

Pada Gambar 6 diperlihatkan diagram pengawatan untuk kontrol motor *valve* otomatis menggunakan ESP 32. Terdapat 3 pin yang digunakan yaitu pin 27, 26 dan 5 Vdc. Sinyal perintah ESP 32 akan mengirimkan sinyal *triger* kepada pin 27 dan 26 untuk mengaktifkan relay 1 dan relay 2 sehingga motor *valve* mendapatkan suplai tegangan 220 Vac sehingga dapat bergerak untuk membuka dan menutup otomatis mengikuti perintah sinyal yang dikirimkan melalui ESP 32. Hasil pengujian ini disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 1. Pengujian fungsi motor *valve* otomatis.

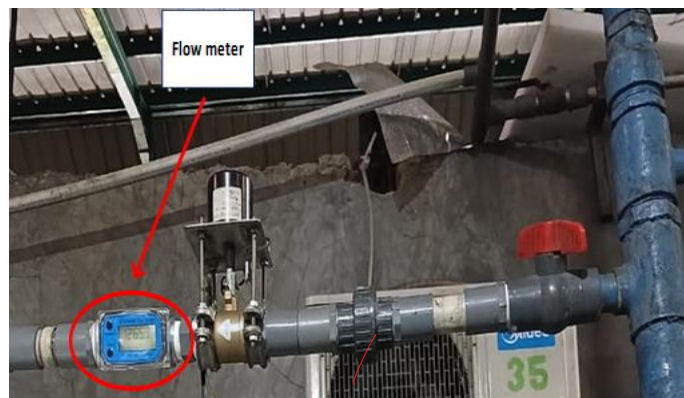
Percobaan	Kondisi Tekanan (psi)	Kondisi motor (<i>open/close</i>)
1	>13,30	<i>open</i>
2	>13,30	<i>open</i>
3	>13,30	<i>open</i>
4	>13,30	<i>open</i>
5	>13,30	<i>open</i>

6	<10,70	close
7	<10,70	close
8	<10,70	close
9	<10,70	close
10	<10,70	close

Merujuk pada Gambar 6, hasil yang diperlihatkan pada Tabel 2 menyatakan bahwa *pressure sensor* akan memberikan sinyal *high* kepada relay 1 ketika tekanan < 10,70 psi sehingga motor valve akan *on close* (menutup). Tekanan yang melebihi 13,30 psi menyebabkan sensor pressure mengirimkan sinyal *high* ke relay 2, sehingga motor valve akan *on open* (membuka). Nilai tekanan yang stabil pada kisaran 10,70–13,30 psi membuat relay 1 dan relay 2 memberikan sinyal *low*, menandakan motor valve tidak aktif dan akan kembali aktif secara bergantian sesuai rentang standar yang telah disetting pada program. Pada penelitian ini, digunakan range standar tekanan air yang dipakai untuk kebutuhan suplai di PT. X adalah 10,60~13,30 psi.

3.3. Pengujian Debit Air pada Keluaran Bypass

Pada debit air yang keluar dari bypass (balikan air pompa) dan dan mengetahui fungsi dari motor valve sudah bekerja dengan baik, maka digunakan alat bantu *flow meter* digital dengan tipe WG-01, dengan satuan liter/menit ukuran diameter 1 inchi. Pengambilan data debit air menggunakan 2 percobaan, yaitu: Pada percobaan 1 pengambilan data dilakukan dalam kondisi normal yang mana pengambilan data tersebut menggunakan valve manual yang hanya di buka ½ putaran tanpa mengaktifkan valve otomatis. Pada percobaan 2 pengambilan data dilakukan dengan kondisi motor valve otomatis aktif dan valve manual membuka secara penuh (*full*).



Gambar 6. Posisi pembacaan flow meter.

Dibawah ini diperlihatkan tabel hasil pengambilan data flow meter yang dilakukan selama 7 hari pada percobaan 1, ditunjukkan pada Tabel 3. Tabel pengambilan data *flow meter* percobaan 2, ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 3. Data *flow meter* percobaan 1.

Waktu	18/07/2024	19/07/2024	20/07/2024	21/07/2024	22/07/2024	23/07/2024	24/07/2024
	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu	Senin	Selasa
10.00	44.1	43.9	43.2	45.5	45.9	44.5	45
12.00	44.1	40.9	43.2	45.5	45.7	44.5	45.3
14.00	43.9	40.7	43.2	45.5	45.7	43.6	45.3
16.00	43.7	41.6	43.2	45.5	45.5	43.8	43.8
18.00	43.9	44.4	44.1	44.1	45.5	44.3	44
Rata-Rata	43.94	42.3	43.38	45.22	45.66	44.14	44.68

Total : 44.19 liter/menit

Tabel 4. Data flow meter percobaan 2.

Waktu	25/07/2024	26/07/2024	27/07/2024	28/07/2024	29/07/2024	30/07/2024	31/07/2024
	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu	Senin	Selasa
10.00	3	12	12.5	10.4	8.6	2.8	2.8
12.00	12.5	2.6	19.9	34.2	20.4	3.2	3
14.00	2.6	2.5	2.5	34	20.8	13	8.7
16.00	12	2.5	22.4	12	20.4	15.4	20.4
18.00	14.5	45.5	22.9	12.5	20.8	15.8	18.6
Rata-rata :	8.92	13.02	16.04	20.62	18.2	10.04	10.7
Total:	13.93 liter/menit						

Perbandingan kedua tabel menunjukkan bahwa pembacaan *flow* meter pada percobaan 1 di Tabel 3, yang menggunakan *bypass valve* manual, menghasilkan rata-rata debit air sebesar 44,19 liter/menit. Pembacaan flow meter pada percobaan 2 di Tabel 4, yang menggunakan *bypass* motor valve otomatis, menunjukkan rata-rata debit air sebesar 13,39 liter/menit. Tabel 4 memperlihatkan bahwa debit air yang dihasilkan lebih fluktuatif (berubah-ubah), menandakan motor valve otomatis bekerja mengendalikan keluaran aliran air pada *bypass* dan telah menyesuaikan pengaturan tekanan air yang disetting pada program. Debit air dari percobaan 1 yang menggunakan manual valve menunjukkan nilai yang cenderung konstan dengan debit air keluar yang lebih besar.

3.4. Pengujian Terhadap Supply Tegangan Input dan Pada Box Control Alat

Pengujian terhadap tegangan supply dilakukan sebagai langkah verifikasi kestabilan sistem kontrol. Tegangan input yang sesuai standar diperlukan agar ESP32, motor valve, dan sensor pressure beroperasi optimal tanpa gangguan tegangan rendah ataupun overvoltage. Pengujian tegangan input ini dilakukan dengan cara mengukur terminal input yang berada di dalam box panel, pengukuran tegangan menggunakan alat ukur tang ampere, tester kombinasi, dan membandingkan dengan nilai tegangan standar PUIL 2011 SNI 04-0227-2003. Pada pengujian ini diambil 10 data sample sebagai perbandingan data AC 220 Volt yang dilakukan pada tanggal 25 Juli 2024. Hasil pengukuran diperlihatkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Data tegangan input pada box kontrol.

Pengujian	Nilai standar Volt AC (V AC)	Nilai Terukur (VAC)	Error (%)
1	220	225,3	2,35
2	220	225,7	2,52
3	220	225,2	2,31
4	220	225,0	2,22
5	220	225,0	2,22
6	220	225,8	2,57
7	220	225,6	2,48
8	220	225,8	2,57
9	220	225,4	2,39
10	220	225,1	2,26
Rata-Rata Error :			2,39 %

3.5. Pengujian Terhadap Konsumsi Arus Listrik Pompa Suplai

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan *motor valve otomatis* dengan *valve manual* terhadap konsumsi arus motor pompa suplai ketika digunakan untuk mengatur instalasi *bypass* pompa suplai yang terdapat di PT. X. Pengujian konsumsi arus listrik terhadap pompa adalah untuk mengetahui seberapa besar beban arus listrik pada pompa sentrifugal. Pada pengambilan data arus motor pompa dilakukan dengan 2 percobaan. Percobaan 1 dilakukan pada kondisi normal, dimana pengambilan data menggunakan *valve manual* yang hanya di buka $\frac{1}{2}$ putaran pada *bypass* buangan air pompa suplai. Pada percobaan 2 dilakukan dengan kondisi motor *valve* otomatis yang aktif pada *bypass* buangan air pompa suplai.

Tabel 6 menunjukkan pengujian percobaan 1 yang dilakukan pada kondisi normal, dimana pengambilan data dilakukan menggunakan *valve manual* yang hanya di buka $\frac{1}{2}$ putaran pada *bypass* buangan air pompa suplai. Pengambilan data dilakukan 2 jam sekali dengan lama durasi 7 hari dimulai pukul 10.00-18.00 wib.

Tabel 6. Data arus motor pompa 3 phase (Percobaan 1).

Waktu	3- phase	18/07/2024	19/07/2024	20/07/2024	21/07/2024	22/07/2024	23/07/2024	24/07/2024
		Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu	Senin	Selasa
		(Ampere)	(Ampere)	(Ampere)	(Ampere)	(Ampere)	(Ampere)	(Ampere)
10.00	R	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
	S	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3
	T	2.3	2.4	2.4	2.3	2.4	2.4	2.3
12.00	R	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
	S	2.2	2.3	2.3	2.3	2.3	2.2	2.3
	T	2.3	2.4	2.4	2.4	2.4	2.3	2.4
14.00	R	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
	S	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.2
	T	2.4	2.3	2.4	2.4	2.4	2.3	2.3
16.00	R	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
	S	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3
	T	2.3	2.4	2.4	2.4	2.4	2.3	2.4
18.00	R	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
	S	2.2	2.3	2.3	2.3	2.3	2.2	2.3
	T	2.4	2.4	2.4	2.3	2.4	2.3	2.3
Total Rata-rata Ampere (A)	R	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40
	S	2.20	2.24	2.24	2.24	2.24	2.24	2.28
	T	2.34	2.38	2.40	2.36	2.40	2.32	2.34

Tabel 7. Data arus motor pompa 3 phase (Percobaan 2).

Waktu	3- phase	25/07/2024	26/07/2024	27/07/2024	28/07/2024	29/07/2024	30/07/2024	31/07/2024
		Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu	Senin	Selasa
		(Ampere)	(Ampere)	(Ampere)	(Ampere)	(Ampere)	(Ampere)	(Ampere)
10.00	R	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.1
	S	2.0	2.1	2.1	2.0	2.1	2.1	1.9
	T	2.1	2.2	2.2	2.2	2.1	2.2	2.0
12.00	R	2.2	2.1	2.2	2.3	2.2	2.2	2.2
	S	2.0	2.0	2.0	2.2	2.1	2.1	2.0

14.00	T	2.2	2.1	2.1	2.3	2.1	2.1	2.1
	R	2.2	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	2.2
	S	2.0	2.0	2	2.1	2.1	2.1	2.0
16.00	T	2.1	2.1	2.1	2.3	2.2	2.1	2.2
	R	2.2	2.1	2.3	2.2	2.2	2.2	2.3
	S	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1	2.1	2.0
18.00	T	2.2	2.1	2.1	2.2	2.2	2.1	2.2
	R	2.2	2.1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
	S	2.1	2.0	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
Rata-rata Ampere (A) Total	T	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.1	2.1
	R	2.20	2.12	2.20	2.22	2.20	2.20	2.20
	S	2.02	2.02	2.06	2.10	2.10	2.10	2.00
Total	T	2.14	2.12	2.12	2.24	2.16	2.12	2.12

Tabel 8. Perbandingan data arus motor percobaan 1 dan percobaan 2.

Rata-rata Ampere (A) Total	Simulasi 1 (Ampere)	Simulasi 2 (Ampere)	Selisih (Ampere)	Prosentase % Error
R	2.40	2.19	0.21	9%
S	2.24	2.06	0.18	8%
T	2.36	2.15	0.22	9%

Istilah "simulasi" yang terdapat pada Tabel 8 dalam pengujian ini mengacu pada kondisi pengujian nyata di lapangan yang dikendalikan secara terstruktur. Simulasi 1 dan Simulasi 2 merupakan dua skenario perbandingan pengaruh jenis *valve* (manual dan otomatis) terhadap tekanan air dan konsumsi energi, bukan simulasi berbasis perangkat lunak.

Dengan demikian, Tabel 8 merupakan hasil perbandingan data dari pengujian percobaan 1 (Tabel 6) dan percobaan 2 (Tabel 7) selama 7 hari. Hasil pengujian diperoleh bahwa data yang menggunakan percobaan 2 dengan mengaktifkan *valve* otomatis cenderung menghasilkan arus lebih kecil, dibandingkan dengan pengujian yang menggunakan percobaan 1 dengan *valve* manual yang cenderung menghasilkan arus yang lebih besar dengan presentasi perbandingan antar *Phase* (R) 9 %, (S) 8 %, dan (T) 9%.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem kontrol bypass valve otomatis berbasis IoT untuk pompa suplai tangki *humidifier* yang mampu menjaga tekanan air tetap stabil dalam rentang 10,60–13,30 psi dan menurunkan konsumsi energi listrik pompa sebesar 8–9% dibandingkan metode manual. Pemanfaatan sensor tekanan, mikrokontroler ESP32, dan aplikasi Blynk memungkinkan sistem melakukan pengawasan serta pengaturan tekanan secara real-time dengan respons otomatis, yang meningkatkan efisiensi operasional secara signifikan. Kontribusi penelitian ini terletak pada penerapan teknologi IoT yang tidak hanya memenuhi aspek teknis, tetapi juga mendukung keberlanjutan, penghematan energi, dan peningkatan keandalan sistem *humidifier* di lingkungan industri. Meskipun implementasi masih terbatas pada satu tipe sistem dan lingkungan pengujian, pengembangan lanjutan disarankan untuk memperluas penerapan pada berbagai kondisi industri dan mengintegrasikan teknologi IoT yang lebih maju atau kecerdasan buatan guna meningkatkan analisis data dan pengambilan keputusan otomatis.

Referensi

- [1] N. A. Tarmizi, A. Parastiwi, and H. K. Safitri, "Sistem Pengaturan Kecepatan Airan Keluaran Tangki Air Menggunakan Kontroler PID Dilengkapi Sistem Monitoring Berbasis IOT," *J. Elektron. dan Otomasi Ind.*, vol. 6, no. 2, 2021, doi: 10.33795/elkolind.v6i2.158.
- [2] A. Parastiwi and N. A. Tarmidzi, "Unjuk Kerja Pengaturan Debit Air Berdasarkan Volume Air Dalam Tangki Dengan Kontrol PID Berbasis Raspberry Pi," *Pros. Semin. Nas. Teknol. Elektro Terap.*, vol. 2, no. 1, 2018.
- [3] C. H. Kwon, H. S. Kwon, H. U. Oh, and E. G. Jung, "Experimental investigation on acceleration of working fluid of heat pipe under bypass line operation," *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 53, 2024, doi: 10.1016/j.csite.2023.103742.
- [4] G. Suwoto, A. M. Husnun Azim, E. Noviarlani, and F. F. Fadlillah, "Modifikasi Rumah Turbin Crossflow Dengan Penambahan Sudu Pengarah Sebagai Sarana Pendukung Praktikum Di Laboratorium Teknik Konversi Energi," *Eksergi*, vol. 16, no. 3, 2020, doi: 10.32497/eksergi.v16i3.2215.
- [5] H. Xu, Y. Zhao, T. Jia, and Y. J. Dai, "Experimental investigation on a solar assisted heat pump desalination system with humidification-dehumidification," *Desalination*, vol. 437, 2018, doi: 10.1016/j.desal.2018.03.001.
- [6] M. Hong *et al.*, "Exposures to humidifier disinfectant and various health conditions in Korean based on personal exposure assessment data of claimants for compensation," *BMC Public Health*, vol. 23, no. 1, 2023, doi: 10.1186/s12889-023-16389-x.
- [7] H. Ahmad *et al.*, "Monitoring and controlling the chicken Incubation Process Using the Internet of Things System Monitoring and controlling the chicken Incubation Process Using the Internet of Things System," *J. Agric. Mech.*, vol. 7, no. 1, 2021.
- [8] S. T. Pourafshar, K. Jafarinaemi, and H. Morteza pour, "Development of a photovoltaic-thermal solar humidifier for the humidification-dehumidification desalination system coupled with heat pump," *Sol. Energy*, vol. 205, 2020, doi: 10.1016/j.solener.2020.05.045.
- [9] M. Furukawa and Y. Takagai, "Split Flow Online Solid-Phase Extraction Coupled with Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry System for One-Shot Data Acquisition of Quantification and Recovery Efficiency," *Anal. Chem.*, vol. 88, no. 19, 2016, doi: 10.1021/acs.analchem.6b03195.
- [10] M. Tunzi, M. Ruysschaert, S. Svendsen, and K. M. Smith, "Double loop network for combined heating and cooling in low heat density areas," *Energies*, vol. 13, no. 22, 2020, doi: 10.3390/en13226091.
- [11] S. Basu and A. K. Debnath, "Chapter 8 - Boiler Control System," in *Power Plant Instrumentation and Control Handbook (Second Edition)*, 2019.
- [12] D. Hercog, T. Lerher, M. Truntiĉ, and O. TeĹak, "Design and Implementation of ESP32-Based IoT Devices," *Sensors*, vol. 23, no. 15, 2023, doi: 10.3390/s23156739.
- [13] N. Soedjarwanto, "Pengendalian Kecepatan Motor Dc Menggunakan Buck-Boost Converter Berbasis Iot," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 11, no. 3s1, 2023, doi: 10.23960/jitet.v11i3s1.3399.
- [14] Muhamad Ilham, Iwan Sumirat, and Opa Mustopa, "Perancangan Control Valve Otomatis Sistem Blowdown Boiler Di Pt.Indokorsa," *JuTEkS (Jurnal Tek. Elektro dan Sains)*, vol. 8, no. 1, 2024, doi: 10.32832/juteks.v8i1.15884.
- [15] L. Schibuola, M. Scarpa, and C. Tambani, "Innovative technologies for energy retrofit of historic buildings: An experimental validation," *J. Cult. Herit.*, vol. 30, 2018, doi: 10.1016/j.culher.2017.09.011.
- [16] M. Febriansyah, "Sistem Kontrol Mesin Automatic Cooker Candy Menggunakan Plc Omron Cj1m Dan Hmi Weinview Mt6070ih," *SINUSOIDA*, vol. 25, no. 1, 2023, doi: 10.37277/s.v25i1.1672.