

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA

Setelah seluruh tahapan perakitan alat selesai dilaksanakan, langkah selanjutnya adalah melakukan proses pengujian dan analisis. Pengujian ini bertujuan untuk memperoleh data spesifikasi operasional alat, yang dapat digunakan sebagai acuan dalam mendeteksi dan menelusuri sumber kesalahan atau kerusakan di kemudian hari. Untuk memastikan keakuratan dan kelengkapan data yang dihasilkan, proses pengujian perlu dilakukan secara berulang agar data yang diperoleh valid dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

4.1 Peralatan Yang Digunakan

Pada pengujian alat pengaduk dan pemanas otomatis ini dilakukan dengan menggunakan beberapa peralatan antara lain :

Tabel 4.1 Peralatan yang Digunakan

No	Nama Alat	Spesifikasi	Keterangan
1.	Laptop	-	Pembuatan program PLC
2.	<i>Handphone</i>	-	Pengambilan Gambar dan Video
3.	Multimeter Digital	-	Pengukuran tegangan serta arus listrik
4.	Alat Tulis	Pensil dan Kertas	Mencatat hasil pengukuran

4.2 Prosedur Pengujian dan Analisa

Langkah – langkah yang dilakukan pada saat proses pengujian system alat otomatis ini agar bisa mendapatkan data yang benar dan sesuai diperlukan prosedur – prosedur yang harus disiapkan, yaitu :

4.2.1 Pengujian Fungsional

1. Uji Sensor PT100
 - Memastikan pembacaan suhu di HMI sesuai dengan suhu aktual (gunakan termometer eksternal).
 - Memvalidasi output transmitter 4–20 mA, sesuai dengan rentang suhu 0–200 °C.
2. Uji Motor DC & PWM Control
 - Menjalankan motor melalui HMI.
 - Memantau respon kecepatan terhadap perubahan output PWM 0–5V.
3. Uji SSR & Heater
 - Mengatur suhu setpoint di HMI (misal 32°C).
 - Memantau apakah SSR aktif ketika suhu < setpoint dan mati saat suhu > setpoint.
4. Uji Valve
 - Mensimulasikan kondisi timer < 3 detik.
 - Memastikan relay 2 aktif dan valve membuka dengan baik.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian pada Komponen

Komponen	Tegangan yang Terukur
Heater	0.0055 DC
Motor	1.272 DC
SSR	42.87 AC
PWM	12.41 DC
Transmitter	21.74 DC

4.3 Modul Pembelajaran

Penelitian rancang bangun modul pembelajaran sistem pengaduk dan pemanas berbasis PLC ini digunakan sebagai media pembelajaran bagi mahasiswa untuk memahami cara kerja sistem kontrol suhu dan pengadukan secara otomatis

1. Tujuan Pembelajaran

- a. Mahasiswa memahami cara kerja sistem kontrol suhu dan pengadukan berbasis PLC.

- b. Mahasiswa dapat melakukan pemrograman dasar PLC untuk mengontrol motor, heater, dan valve.
- c. Mahasiswa mampu membaca dan membuat wiring diagram sistem otomasi berbasis analog dan digital I/O.
- d. Mahasiswa mampu mengatur parameter suhu dan waktu agar proses sesuai dengan jenis cairan yang diproses.

2. Komponen Utama

Tabel 4.3 Komponen-komponen Pengujian

Komponen	Fungsi
PT100 Sensor	Mengukur suhu bahan secara real- time
PT100 Transmitter	Mengubah sinyal resistansi PT100 menjadi sinyal analog 4–20 mA
PLC FX1N-20MR	Mengendalikan seluruh proses otomatisasi
PWM Speed Control	Mengatur kecepatan motor DC (pengaduk) melalui sinyal analog 0–5V
Relay 1 (24VDC)	Menghidupkan dan mematikan motor DC
Relay 2 (220VAC)	Mengaktifkan valve untuk mengeluarkan cairan
SSR (Solid State Relay)	Menghidupkan heater 300W secara otomatis berdasarkan suhu
HMI Touchwin TH65-MT	Menyediakan antarmuka pengguna untuk monitoring, pengaturan suhu & timer

3. Alur Proses Otomatisasi

1. Proses dimulai dengan pencampuran bahan yogurt drink.
2. Pengguna menekan tombol Start Mixing, motor pengaduk berputar.
3. Pengguna menekan tombol Heater, lalu:
 - Jika suhu < setpoint → heater menyala
 - Jika suhu $\geq$ setpoint → heater mati.
4. Proses pengadukan dan pemanasan berlangsung selama waktu yang bisa disesuaikan melalui HMI.

5. Setelah waktu habis:

- Kecepatan motor melambat secara otomatis.
- Proses pemisahan busa dan susu berlangsung.

6. Setelah delay < 3 detik → valve terbuka otomatis dan susu keluar.

Dalam pengujian alat ini, dapat digunakan berbagai cairan, sehingga set value berupa suhu, waktu dan kecepatan motor pengaduk dapat diatur sesuai kebutuhan dan karakteristik cairan yang digunakan.

4.3.1 Pengujian Alat

Pengujian ini dilakukan untuk menguji suhu selama proses pengadukan. Pengujian ini dilakukan dengan memanaskan heater sesuai set value suhu dan waktu pada HMI.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Alat Setpoint 20°C

Nomor	Setpoint Heater (°C)	Timer (detik)	Hasil percobaan per 12 detik (°C)			Hasil Percobaan Menggunakan Termometer (°C)		
			1	2	3	1	2	3
1	20	12	15.9	18.6	19.2	15	16	18
2	20	24	18.1	17.3	18.7	17	18	17
3	20	36	19.2	18.6	16.6	18	17	19
4	20	48	15.9	17.5	17.9	17	18	19
5	20	60	16.5	18.4	19.5	16	17	20
6	20	72	18.2	16.0	17.4	17	16	18
7	20	84	16.5	15.8	17.9	16	16	19
8	20	96	19.7	17.2	18.6	15	18	18
9	20	108	15.5	18.3	16.4	16	18	18
10	20	120	16.3	18.4	19.7	17	18	20

Dalam percobaan pada setpoint 20, dilakukan perbandingan antara metode pengukuran suhu otomatis setiap 12 detik dan metode pengukuran manual menggunakan termometer. Setiap pengukuran dilakukan dalam interval waktu 12 detik hingga mencapai total 120 detik.

Berdasarkan hasil rekapitulasi, rata-rata suhu yang diperoleh dari metode per 12 detik cenderung sedikit lebih tinggi dibandingkan pengukuran menggunakan termometer pada sebagian besar interval waktu. Selisih antara kedua metode berada dalam kisaran yang relatif kecil, yaitu antara 1,0°C hingga 1,6°C, dengan rata-rata selisih keseluruhan sekitar 0,67°C. Hal ini menunjukkan bahwa kedua metode memiliki tingkat konsistensi yang cukup baik.

Perbandingan mengindikasikan bahwa sistem masih dalam proses adaptasi terhadap perubahan suhu. Namun, mulai detik ke-72 hingga akhir pengukuran di detik ke-120, perbedaan hasil antara kedua metode mulai mengecil, menunjukkan bahwa suhu dalam sistem mulai stabil dan mendekati setpoint yang diinginkan. Menariknya, pada detik ke-108 dan 120, hasil pengukuran manual justru sedikit lebih tinggi dari metode otomatis, yang mengindikasikan kemungkinan adanya keterlambatan respons sensor atau ketidaksesuaian kalibrasi. Secara keseluruhan, metode pengukuran otomatis per 12 detik terbukti cukup akurat dan dapat mewakili hasil pengukuran manual dengan termometer. Data yang diperoleh memiliki selisih yaitu $< 1^{\circ}\text{C}$.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Alat Setpoint 35°C

Nomor	Setpoint Heater (°C)	Timer (detik)	Hasil percobaan per 12 detik (°C)			Hasil Percobaan Menggunakan Termomemeter (°C)		
			1	2	3	1	2	3
1	35	12	25.8	27.6	30.2	26	27	30
2	35	24	26.4	24.6	29.8	26	25	32
3	35	36	25.2	28.6	32.0	27	29	32
4	35	48	23.8	26.8	33.0	24	27	33
5	35	60	24.8	28.6	30.6	25	26	29
6	35	72	25.4	33.4	29.4	26	31	30
7	35	84	24.6	27.4	28.3	26	27	28
8	35	96	30.8	26.1	28.6	30	27	29
9	35	108	28.8	27.2	33.4	29	27	33
10	35	120	29.5	27.6	32.2	30	28	33

Dalam percobaan pada setpoint 35, pengukuran otomatis per 12 detik. Pada awal pemanasan (detik ke-12 hingga ke-60), terdapat selisih yang lebih dan pengukuran manual menggunakan termometer, saat pemanasan dengan setpoint 35°C selama durasi 120 detik. Berdasarkan data yang diperoleh, rata-rata suhu yang tercatat melalui metode otomatis per 12 detik secara umum lebih tinggi dibandingkan pembacaan menggunakan termometer, terutama pada waktu awal pengujian (detik ke-12 hingga 48). Pada detik ke-12, suhu rata-rata dari metode otomatis mencapai 27.9°C, sedangkan termometer mencatat rata-rata sekitar 27°C. Seiring bertambahnya waktu, perbedaan antara kedua metode mulai menurun. Pada detik ke-72 hingga 120, suhu dari kedua metode mulai menunjukkan nilai yang lebih seragam dan mendekati setpoint 35°C. Pada detik ke-108, suhu rata-rata dari metode otomatis sebesar 30.2°C, dan dari termometer sebesar 29.3°C, dengan selisih yang kecil (0.9°C). Secara keseluruhan, metode otomatis menunjukkan konsistensi yang merepresentasikan suhu aktual, meskipun cenderung lebih tinggi dari hasil termometer pada fase awal pemanasan. Selisih data yang didapatkan berada dalam kisaran <1.5°C.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Alat Setpoint 40°C

Nomor	Setpoint Heater (°C)	Timer (detik)	Hasil percobaan per 12 detik (°C)			Hasil Percobaan Menggunakan Termometer (°C)		
			1	2	3	1	2	3
1	40	12	31.1	33.8	29.2	31	33	31
2	40	24	30.4	35.2	32.6	31	34	33
3	40	36	29.5	34.1	35.4	30	33	34
4	40	48	32.1	35.3	36.9	32	35	37
5	40	60	33.4	37.6	34.7	33	37	35
6	40	72	37.2	33.5	35.9	35	36	35
7	40	84	33.6	35.7	37.4	34	36	38
8	40	96	34.3	38.5	36.8	35	37	37
9	40	108	37.2	36.4	38.2	38	37	38
10	40	120	34.8	33.9	35.3	35	34	36

Pengujian suhu dengan setpoint 40°C dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem pengukuran otomatis terhadap pembacaan manual menggunakan termometer selama periode 120 detik. Berdasarkan hasil yang diperoleh, tampak bahwa pada awal waktu pemanasan (detik ke-12 hingga ke-36), suhu hasil pengukuran otomatis sedikit lebih rendah dibandingkan pengukuran termometer. Sebagai contoh, pada detik ke-12, rata-rata suhu dari metode otomatis adalah 30.9°C, sedangkan dari termometer adalah 31.7°C. Namun, perbedaan ini mulai mengecil seiring waktu. Mulai detik ke-48 hingga akhir pengujian, suhu dari kedua metode menunjukkan kesamaan tren dengan nilai rata-rata yang semakin mendekati setpoint 40°C. Pada detik ke-84, hasil pengukuran otomatis mencatat suhu rata-rata sebesar 34.4°C, sedangkan termometer mencatat 36.3°C. Selisih antara kedua metode terus mengecil hingga pada detik ke-120, metode otomatis mencatat 35.4°C dan termometer 35.0°C, menunjukkan bahwa sistem otomatis mulai menyamai pembacaan termometer saat suhu mendekati kestabilan.

Metode pengukuran otomatis per 12 detik menunjukkan kinerja yang cukup baik, dengan perbedaan pembacaan terhadap termometer yang rata-rata berkisar antara 0.5°C hingga 1.5°C. Perbedaan ini dapat dikatakan wajar, terutama pada fase awal pemanasan, di mana sensor otomatis cenderung memerlukan waktu penyesuaian terhadap perubahan suhu. Namun, ketika sistem telah mencapai kondisi mendekati setpoint, akurasi metode otomatis meningkat dan hasilnya konsisten dengan metode manual.



Gambar 4.1 Proses Percobaan