

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Pengukuran

#### 4.1.1 Pengukuran Suhu pada Ruang Inkubasi

Dalam pengukuran suhu inkubator bakteri, pengujian dilakukan dengan membandingkan suhu dengan suhu di termometer. Pengujian ini dilakukan setiap 1 menit sekali sebanyak 30 kali pengujian. Tabel 4.1 menunjukkan hasil pengukuran suhu yang dilakukan sebanyak 30 kali pengujian.

Tabel 4.1 Pengukuran Suhu 37 °C

Data Ke-	Data Suhu di termometer(°C)	Data Suhu modul (°C)
1	36.7	36.62
2	36.6	36.62
3	36.6	36.62
4	36.8	37.11
5	36.8	37.11
6	36.7	36.62
7	36.9	37.11
8	36.6	36.62
9	36.9	37.11
10	37.2	37.11
11	37.1	37.11
12	37.2	37.11
13	37.3	37.11
14	37.3	37.11
15	37	37.11
16	36.9	37.11
17	36.7	36.62
18	36.8	36.62
19	36.8	36.62

Tabel 4.1 Pengukuran Suhu 37 °C pada LCD (Lanjutan)

Data Ke-	Data Suhu di temometer(°C)	Data Suhu modul (°C)
20	36,7	36,62
21	36.5	37.11
22	36.8	37.11
23	36.8	37.11
25	36.8	37.11
26	36.6	36.62
27	36.6	36.62
28	36.8	37.11
29	36.8	36.62
30	37.1	37.11

Tabel 4.1 menjelaskan perubahan suhu tampilan dimodul, yang didapat dari proses kerja ADC pada ATmega8535 yang ditampilkan oleh LCD. Berdasarkan data Table 4.1 maka diperoleh hasil analisis pengukuran suhu 37°C, seperti dibawah ini:

1. Rata-Rata ( $\bar{x}$ )

$$\begin{aligned} \bar{x} = & (36,62 + 36,62 + 36,62 + 37,11 + 37,11 + 36,62 + 37,11 \\ & + 36,62 + 37,11 + 37,11 + 37,11 + 37,11 \\ & + 37,11 + 37,11 + 37,11 + 37,11 + 36,62 \\ & + 36,62 + 36,62 + 36,62 + 37,11 + 37,11 \\ & + 37,11 + 37,11 + 37,11 + 36,62 + 36,62 \\ & + 37,11 + 36,62 + 37,11)/30 \end{aligned}$$

$$\bar{x} = 36.91$$

Jadi, Berdasarkan perhitungan rata-rata data modul dari pengukuran suhu sebesar 36,91 °C.

2. Simpangan

$$\text{simpangan} = 36,84 - 36,91$$

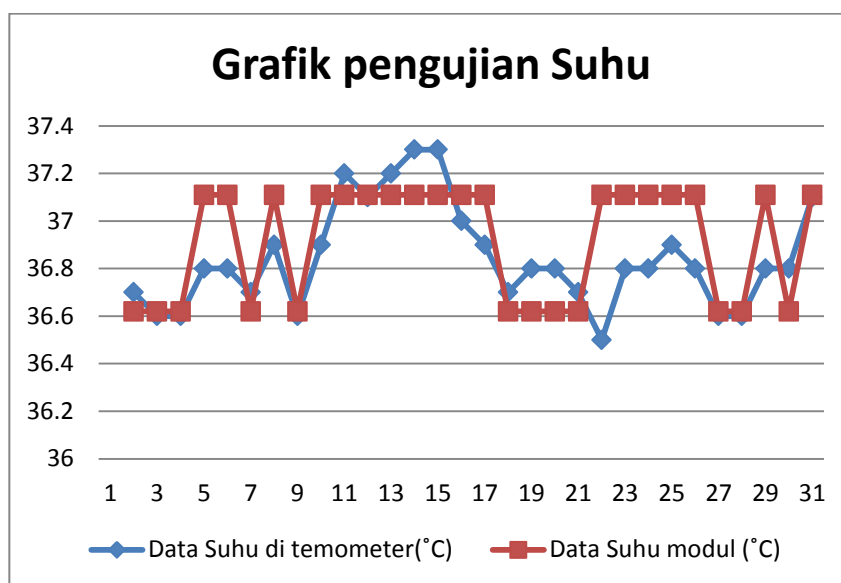
$$\text{simpangan} = 0,07$$



Jadi, *Standard Deviasi* dari pengukuran suhu inkubator bakteri sebesar  $0,24^{\circ}\text{C}$ .

## 5. Grafik Pengujian Suhu

Pada Tabel 4.1 dapat dilihat perubahan suhu sehingga menghasilkan Grafik 4.1 yang menunjukkan pengujian suhu  $37^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 4.1 Grafik Pengujian Suhu  $37^{\circ}\text{C}$

Grafik 4.1 menunjukkan perubahan suhu  $37^{\circ}\text{C}$  di modul inkubator bakteri, jika dibandingkan dengan data suhu thermometer keadaan ruang inkubasi. Keadaan suhu di inkubator yang mengalami penurunan, disebabkan oleh *heater* yang mati karena suhu telah mencapai  $37^{\circ}\text{C}$ , dan akan menyala kembali ketika suhu kurang dari  $37^{\circ}\text{C}$ . sedangkan penurunan dan kenaikan suhu di thermometer terjadi karena peletakkannya saat melakukan pengujian.

## 6. Analisis Data

Data perhitungan statistik suhu 37 °C inkubator bakteri terdiri dari perhitungan rata-rata, simpangan, *persentase error*, dan *standard deviasi*. Hasil pengujian suhu 37 °C yang dilakukan sebanyak 30 kali pengujian, diperoleh rata-rata suhu sebesar 36,91 °C dengan *error* sebesar 0,19% dan *standard deviasi* sebesar 0,24°C. Berdasarkan nilai ambang batas pada keselamatan listrik nilai penyimpangan yang diijinkan pada keluaran kinerja alat inkubator perawatan adalah sebesar  $\pm 1$  °C, sehingga dapat disimpulkan suhu inkubator yang digunakan bekerja dengan baik. Karena simpangan yang terjadi pada pengujian suhu 37 °C sebesar 0,07 °C .

#### 4.1.2 Pengukuran Tegangan *sensor* suhu LM35

Pengukuran tegangan pada *sensor* LM35 dilakukan dengan menggunakan *test point* dengan menghubungkan keluaran dan *ground sensor* LM35 dan AVOMeter. Berikut data pengukuran tegangan *sensor* LM35 ditunjukkan Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Pengukuran tegangan *sensor* suhu LM35 pada suhu 37°C atau setara dengan 370 mV.

Data Ke-	Data Tegangan Suhu (mV)	Data tegangan di <i>sensor</i> (mV)
1	370	369
2	370	372
3	370	367
4	370	370
5	370	372
6	370	364
7	370	370

Tabel 4.2 Pengukuran tegangan *sensor* suhu LM35 pada suhu 37°C  
(lanjutan)

Data Ke-	Data tegangan suhu(mV)	Data tegangan di <i>sensor</i> (mV)
8	370	368
9	370	372
10	370	373
11	370	373
12	370	372
13	370	372
14	370	371
15	370	371
16	370	372
17	370	372
18	370	370
19	370	372
20	370	371
21	370	371
22	370	370
23	370	369
24	370	369
25	370	372
26	370	371
27	370	369
28	370	372
29	370	372
30	370	366

Berdasarkan data Tabel 4.2 maka diperoleh hasil analisis pengukuran tegangan seperti dibawah ini:

1. Rata-Rata ( $\bar{x}$ )

$$\begin{aligned}\bar{x} = & (369 + 372 + 367 + 370 + 372 + 364 + 370 + 368 + 372 \\ & + 373 + 373 + 372 + 372 + 371 + 371 + 372 \\ & + 372 + 370 + 372 + 371 + 371 + 370 + 369 \\ & + 369 + 372 + 371 + 369 + 372 + 372 \\ & + 366)/30\end{aligned}$$

$$\bar{x} = 370,47$$

Jadi, nilai rata-rata dari pengukuran tegangan *sensor* suhu LM35 sebesar 370,47 mV.

2. Simpangan

$$\text{simpangan} = 370 - 370,47$$

$$\text{simpangan} = 0,47$$

Jadi, nilai simpangan dari pengukuran tegangan *sensor* suhu LM35 sebesar 0,47mV.

3. Persentase *Error*

$$\text{Presentase Error} = \frac{0,47}{370} \times 100 \%$$

$$\text{Presentase Error} = 0,127 \%$$

Jadi, *presentase error* dari pengukuran tegangan *sensor* suhu LM35 sebesar 0,127%.

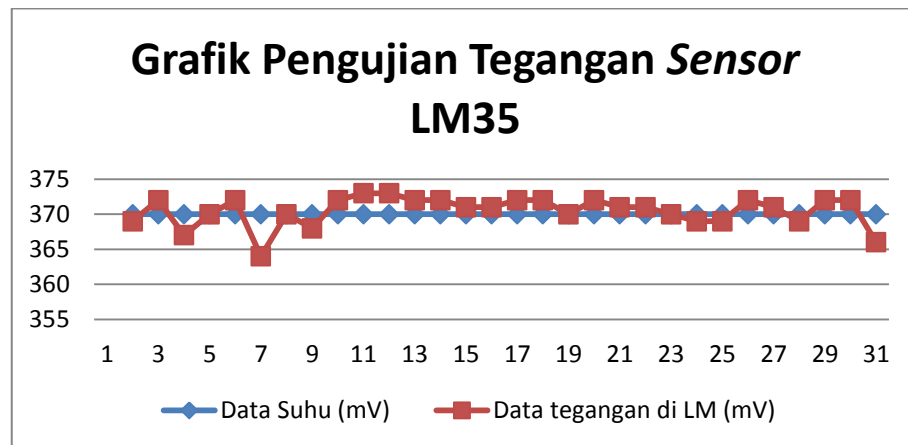
4. *Standard Deviasi* (SD)

$$\begin{aligned} \text{Standard Deviasi} = \sqrt{((369 - 370,47)^2 + (372 - 370,47)^2} \\ + (367 - 370,47)^2 + (370 - 370,47)^2 \\ + (372 - 370,47)^2 + (364 - 370,47)^2 \\ + (370 - 370,47)^2 + (368 - 370,47)^2 \\ + (372 - 370,47)^2 + (373 - 370,47)^2 \\ + (373 - 370,47)^2 + (372 - 370,47)^2 \\ + (372 - 370,47)^2 + (371 - 370,47)^2 \\ + (371 - 370,47)^2 + (372 - 370,47)^2 \\ + (372 - 370,47)^2 + (370 - 370,47)^2 \\ + (372 - 370,47)^2 + (371 - 370,47)^2 \\ + (371 - 370,47)^2 + (370 - 370,47)^2 \\ + (369 - 370,47)^2 + (369 - 370,47)^2 \\ + (372 - 370,47)^2 + (371 - 370,47)^2 \\ + (369 - 370,47)^2 + (372 - 370,47)^2 \\ + (372 - 370,47)^2 \\ + (366 - 370,47)^2 +)/29) \end{aligned}$$

*Standard Deviasi* = 2,11

Jadi, nilai *standard deviasi* dari pengukuran suhu LM35 sebesar 2,11mV.

#### 5. Grafik Pengujian Tegangan *sensor* LM35



Gambar 4.2 Grafik Pengujian Tegangan *sensor* LM35

Berdasarkan Gambar 4.2 Grafik Pengujian Tegangan *sensor* LM35 menunjukkan perubahan tegangan pada setiap percobaan, dengan rata-rata perubahan 370,47mV.

#### 6. Analisis Data

Data perhitungan statistik tegangan *sensor* LM35 Inkubator bakteri terdiri dari perhitungan rata-rata, simpangan, *persentase error*, dan *standard deviasi*. Hasil pengujian tegangan yang dilakukan sebanyak 30 kali pengujian, diperoleh *error* sebesar 0,127 % dan *standard deviasi* sebesar 2,11 mV.

#### 4.1.3 Pengukuran *Timer* dengan *stopwatch*

Pengukuran *Timer* dengan *stopwatch* dilakukan dengan menggunakan dua waktu yaitu waktu 1 jam dan 5 menit dimana



masing-masing dilakukan sebanyak 30 kali percobaan, berikut hasilnya:

Tabel 4.3 Pengukuran *timer* dengan *stopwatch* pada waktu 5 menit

Data Ke-	Data <i>timer</i> di <i>stopwatch</i> (detik)	Data <i>Timer</i> di LCD (detik)
1	300	301
2	300	301
3	300	301
4	300	301
5	300	301
6	300	301
7	300	301
8	300	301
9	300	301
10	300	301
11	300	301
12	300	301
13	300	301
14	300	301
15	300	301
16	300	301
17	300	301
18	300	301
19	300	301
20	300	301
21	300	301
22	300	301
23	300	301
24	300	301
25	300	301
26	300	301
27	300	301
28	300	301

Tabel 4.3 Pengukuran *timer* dengan *stopwatch* pada waktu 5 menit(lanjutan)

Data Ke-	Data <i>timer</i> di <i>stopwatch</i> (detik)	Data <i>Timer</i> di LCD (detik)
29	300	301
30	300	301

1. Rata-Rata ( $\bar{x}$ )

$$\begin{aligned} \bar{x} = & (301 + 301 + 301 + 301 + 301 + 301 + 301 + 301 + 301 \\ & + 301 + 301 + 301 + 301 + 301 + 301 + 301 + 301 \\ & + 301 + 301 + 301 + 301 + 301 + 301 + 301 \\ & + 301 + 301 + 301 + 301 + 301 + 301 \\ & + 301+)/30 \end{aligned}$$

$$\bar{x} = 301$$

Jadi, nilai rata-rata tegangan *sensor* LM35 adalah 301 detik

2. Simpangan

$$\text{simpangan error} = 300 - 301$$

$$\text{simpangan error} = 1$$

Jadi, nilai simpangan tegangan *sensor* LM35 adalah 1 detik.

3. Presentase *Error*

$$\text{Presentase Error} = \frac{1}{300} \times 100 \%$$

$$\text{Presentase Error} = 0,33 \%$$

Jadi, nilai *error* tegangan *sensor* LM35 adalah 0,33%

4. *Satndard Deviasi* (SD)



simpangan rata-rata 1 jika dibandingkan dengan data *timer* pada *stopwatch*.

#### 6. Analisis Data

Perhitungan data statistik pengujian *timer* selama 5 menit terdiri dari rata-rata, simpangan, *persentase error*, dan *standard deviasi*. Yaitu sebesar 301 detik untuk rata-rata, simpangan 1, 0,33% untuk *persentase errornya*, dan *standard deviasinya* 0. Jadi, dapat disimpulkan bahwa *timer* yang digunakan pada modul inkubator bakteri telah bekerja dengan baik.

Tabel 4.4 Pengukuran *Timer* dengan *stopwatch* pada waktu 1 jam

Data Ke-	Data <i>timer</i> di <i>stopwatch</i> (detik)	Data <i>Timer</i> di LCD (detik)
1	3600	3601
2	3600	3601
3	3600	3601
4	3600	3601
5	3600	3601
6	3600	3601
7	3600	3601
8	3600	3601
9	3600	3601
10	3600	3601
11	3600	3601
12	3600	3601
13	3600	3601
14	3600	3601
15	3600	3601
16	3600	3601
17	3600	3601
18	3600	3601
19	3600	3601

Tabel 4.4 Pengukuran *Timer* dengan *stopwatch* pada waktu 1 jam (lanjut)

Data Ke-	Data <i>timer</i> di <i>stopwatch</i> (detik)	Data <i>Timer</i> di LCD (detik)
20	3600	3601
21	3600	3601
22	3600	3601
23	3600	3601
24	3600	3601
25	3600	3601
26	3600	3601
27	3600	3601
28	3600	3601
29	3600	3601
30	3600	3601

1. Rata-Rata ( $\bar{x}$ )

$$\begin{aligned} \bar{x} = & (3601 + 3601 + 3601 + 3601 + 3601 + 3601 + 3601 + 3601 \\ & + 3601 + 3601 + 3601 + 3601 + 3601 + 3601 \\ & + 3601 + 3601 + 3601 + 3601 + 3601 + 3601 \\ & + 3601 + 3601 + 3601 + 3601 + 3601 + 3601 \\ & + 3601 + 3601 + 3601 + 3601)/30 \end{aligned}$$

$$\bar{x} = 3601$$

Jadi, nilai rata-rata dari pengujian waktu inkubator bakteri selama 1 jam adalah 3601 detik.

2. Simpangan

$$\text{simpangan Error} = 3600 - 3601$$

$$\text{simpangan Error} = 1$$

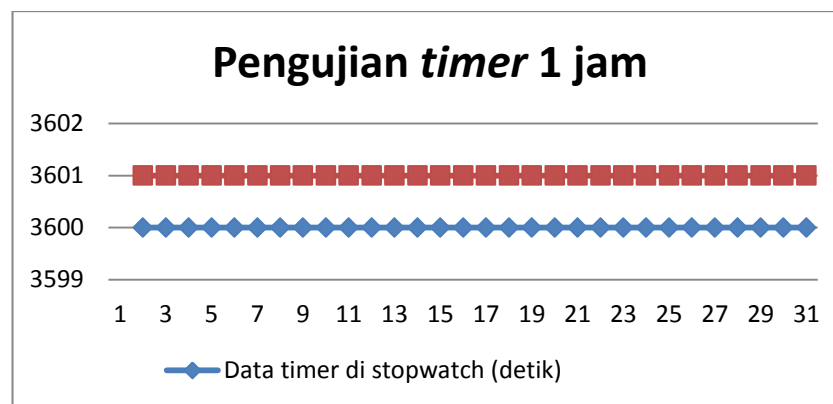
Jadi, nilai simpangan pengujian *timer* selama 1 jam adalah 1 detik.

3. Presentase *Error*

$$\text{Presentase Error} = \frac{1}{3600} \times 100 \%$$



## 5. Grafik Pengujian *timer* 1 jam



Gambar 4.4 Grafik Pengujian *timer* 1 jam

Gambar 4.3 menunjukkan Grafik Pengujian waktu selama 1 jam. Dapat dilihat bahwa pada data pengujian *timer* terjadi perubahan yang *significant* dimana waktu berjalan *linier* dengan nilai simpangan rata-rata 1 jika dibandingkan dengan data *timer* pada *stopwatch*.

## 6. Analisis Data

Perhitungan data statistik pengujian *timer* selama 1 jam terdiri dari rata-rata, simpangan, *persentase error*, dan *standard deviasi*. Yaitu sebesar 3601 detik untuk rata-rata, simpangan 1, 0,02778% untuk *persentase error*nya, dan *standard deviasinya* 0. Jadi, dapat disimpulkan bahwa *timer* yang digunakan pada modul inkubator bakteri telah bekerja dengan baik.

## 4.2 Pembahasan

Dari keseluruhan data yang telah diperoreh, berikut hasil perhitungan, dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Analisis Pengukuran Modul Inkubator Bakteri

No	Jenis Pengukuran	$\bar{x}$	<i>simpangan Error</i>	<i>Persentase Error</i>	<i>Standard Deviasi</i>
1	Pengukuran Suhu 37°C pada Modul	36.91 °C	0,07 °C	0,19%	0,24 °C
2	Pengukuran Tegangan <i>sensor</i> suhu LM35 pada suhu 37°C	370.47mV	-0.47 mV	-0.0013%	2,112 mV
3	Pengukuran <i>Timer</i> dengan <i>stopwatch</i> pada waktu 5 menit	301 detik	1detik	0,333%	0mV
4	Pengukuran <i>Timer</i> dengan <i>stopwatch</i> pada waktu 1 jam	3601 detik	1 detik	0,027%	mV

Pada Table 4.5 menunjukkan hasil analisis pengukuran modul inkubator bakteri bahwa modul yang telah dirancang menghasilkan *error* sebesar 0,19% pada pengujian suhu 37 °C pada modul serta *standar deviasi* sebesar 0,24 °C. Untuk *error* pengujian tegangan *sensor* LM35 adalah 0,0013% serta 2,112mV untuk *standar deviasinya*.

#### 4.2.1 Kinerja Alat

Setelah melakukan proses pembuatan, perencanaan, pengujian alat dan perhitungan maka, penulis dapat menyimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan data yang diperoleh saat pengujian *sensor* suhu, *sensor* dapat berfungsi cukup baik meskipun dari Gambar 4.1



grafik tidak linier, namun rata-rata modul dan pembanding memiliki 0,19% *error* dan 0,24 °C *standard deviasi*. Menurut nilai ambang batas pada keselamatan listrik nilai penyimpangan yang diijinkan pada keluaran kinerja alat inkubator perawatan adalah sebesar  $\pm 1$  °C. sehingga dapat disimpulkan suhu inkubator yang digunakan bekerja dengan baik. Karena simpangan yang terjadi pada pengujian suhu 37 °C sebesar 0,07 °C .

2. Tegangan yang keluar pada *sensor* LM35 pada setiap percobaan memiliki *error* yang sangat kecil yaitu 0,0013%. Dan *standard deviasi* sebesar 2,117mV. Jadi, jika dibandingkan dengan alat ukur selisih modul hanya sebesar 0,47mV atau jika 1 °C sama dengan 10mV maka selisih suhu yang terdeteksi kisaran 0,47 °C, sedangkan ambang batas suhu inkubator bakteri adalah  $\pm 0,5$  °C.
3. *Timer* yang digunakan setelah dilakukan pengujian menghasilkan *error* 0,33% untuk waktu 5 menit dan 0,027 % untuk waktu pengujian 1 jam. Sedangkan untuk *standar deviasinya* adalah 0 detik. Jadi *timer* yang digunakan bekerja cukup *efektif* karena, jika dalam waktu yang kecil saja *timer* bekerja dengan baik maka untuk waktu lama juga akan bekerja dengan baik, hal tersebut telah diuji dengan pengujian selama 30 jam.
4. Berdasarkan dari kesimpulan diatas maka dapat dikatakan modul “Inkubator Bakteri dilengkapi dengan suhu dan *timer* berbasis

ATMega8535” berfungsi dengan baik dan memenuhi prasyarat sebagai alat laboratorium.

#### 4.2.2 Kelebihan Modul Inkubator Bakteri

Adapun kelebihan dari Inkubator bakteri, diantaranya:

1. Menggunakan *chip mikrokontroler* ATMega8535 sebagai pengendali , dengan harga yang terjangkau.
2. Menggunakan *buzzer* sebagai penanda waktu telah habis.
3. *Timer* yang digunakan mempunyai *error* dan *standar deviasi* yang sangat kecil sehingga *efisien* jika digunakan.

#### 4.2.3 Kekurangan Modul Inkubator Bakteri

Dalam pembuatan modul masih ada banyak kekurangan, maka dari itu penulis berharap kelak kekurang yang ada dapat diperbaiki dan dikembangkan agar menjadi lebih sempurna.

Kekurangan dari modul diantaranya:

1. Pembacaan suhu ruang memiliki *error* yang kecil, tetapi jika dilihat dari grafiknya masih terjadi gelombang yang kurang baik atau tidak *linier*.
2. Perubahan suhu yang tidak stabil pada tampilan LCD.
3. *Box* masih terdapat lubang, yang dapat membuat proses inkubasi tidak valid.