

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Setelah tahap perancangan dilakukan, tahap berikutnya adalah pengujian dan analisis terhadap tiap-tiap bagian pendukung sistem sebelum dilakukan pengujian terhadap sistem secara keseluruhan. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah perangkat keras yang telah dirancang dapat bekerja atau berfungsi dengan baik sebagaimana yang diinginkan. Pengujian yang dilakukan terhadap perangkat keras meliputi beberapa blok rangkaian perangkat keras yang telah dirancang dan juga pengujian terhadap gabungan dari beberapa blok rangkaian. Pengujiannya meliputi :

1. Pengujian rangkaian catu daya
2. Pengujian rangkaian sensor suhu
3. Pengujian rangkaian driver lampu
4. Pengujian rangkaian pemancar inframerah
5. Pengujian rangkaian penerima inframerah
6. Pengujian ADC internal Atmega8535
7. Pengujian keseluruhan alat

4.1 Pengujian Rangkaian Catu Daya

Rangkaian catu daya berfungsi sebagai sumber tegangan dan arus catuan untuk keseluruhan rangkaian alat. Dalam desain rangkaian dapat dilihat bahwa rangkaian bekerja menggunakan tegangan 5 VDC yang dibentuk berdasarkan

tegangan keluaran penyearah yang diregulasi menggunakan IC regulator LM7805. Besar tegangan yang dihasilkan dari catu daya diperlihatkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Tegangan Keluaran Rangkaian Catu Daya

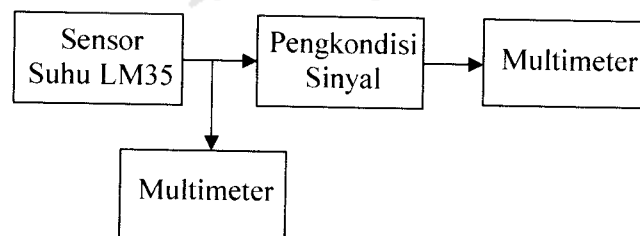
| Karakteristik | Maksimum | Minimum |
|-------------------|----------|----------|
| Tegangan Keluaran | 5,3 Volt | 4,9 Volt |

Tegangan yang dibutuhkan mikrokontroler ATmega8535 adalah antara tegangan 4,0 volt DC - 5,5 volt DC. Jadi dari hasil pengukuran tegangan keluaran catu daya aman dan bisa digunakan untuk operasional mikrokontroler. Selain itu tegangan dari catu daya ini digunakan untuk mensupply tegangan sensor.

4.2 Pengujian Rangkaian Sensor Suhu

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah rangkaian sensor LM35 dapat bekerja dengan baik, dan juga untuk mengetahui besarnya tegangan output dari sensor LM35 berdasarkan perubahan temperatur dari ruangan inkubator. Langkah-langkah pengujiannya antara lain :

1. Merangkai rangkaian seperti pada gambar blok dibawah ini:



Gambar 4.1 Diagram Blok Pengujian Sensor Suhu

2. Menghubungkan kaki IC LM35 dengan tegangan DC +5 Volt pada kaki untuk Vcc, kaki ground dengan ground, dan kaki Vout ke Multimeter.
3. Meletakkan sensor LM35 dan termometer pada kotak inkubator.
4. Melakukan pengukuran pada kaki output IC LM 35 dan output pengkondisi sinyal dari suhu 30 °C sampai suhu 40 °C.

Dari pengukuran dan pengamatan apakah sensor suhu bekerja sesuai dengan input atau perubahan temperatur ruangan inkubator. Untuk hasil perhitungan dari sensor suhu dapat dihitung sebagai berikut:

$$V_{LM35} = \text{Temp} \times 10\text{mV} \quad (4.1)$$

Dengan :

V_{LM35} : Tegangan output dari sensor LM35 (Volt)

Temp : Besarnya suhu yang dibaca sensor

10mV : ketetapan tegangan setiap kenaikan 1°C

Berikut merupakan tabel perbandingan tegangan output hasil perhitungan dengan hasil pengukuran output sensor, baik dengan pengkondisi sinyal maupun langsung tanpa pengkondisi sinyal.

Tabel 4.2 Perbandingan Tegangan Hasil Perhitungan Sensor dengan Hasil Pengukuran Output Sensor LM35

| Pengujian ke- | Suhu Termometer (°C) | Hasil Perhitungan (mV) | Pengukuran Tegangan Output Sensor (mV) | |
|---------------|----------------------|------------------------|--|---------------------------|
| | | | Tanpa Pengkondisi sinyal | Dengan Pengkondisi sinyal |
| 1 | 31 | 310 | 311 | 312 |
| 2 | 32 | 320 | 321 | 323 |
| 3 | 33 | 330 | 333 | 333 |
| 4 | 34 | 340 | 342 | 342 |
| 5 | 35 | 350 | 353 | 352 |
| 6 | 36 | 360 | 365 | 363 |
| 7 | 37 | 370 | 373 | 372 |
| 8 | 38 | 380 | 384 | 383 |
| 9 | 39 | 390 | 395 | 394 |
| 10 | 40 | 400 | 403 | 402 |

Setiap kenaikan tegangan $10 \text{ mV} \approx 1 \text{ }^\circ\text{C}$, maka dari hasil pengukuran sensor suhu LM35 dapat dihitung:

$$\text{Pengukuran Suhu}(LM35) = \frac{V_{out \text{ pengukuran}}}{10mV} \quad (4.2)$$

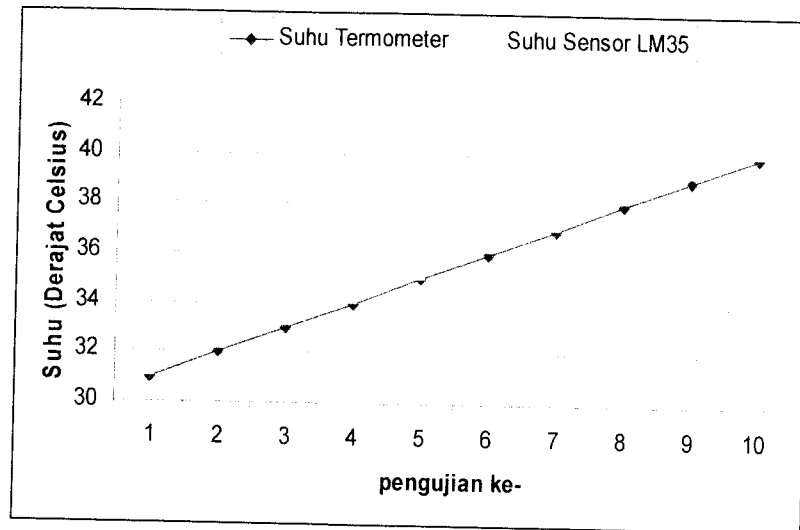
Dengan : $V_{out \text{ pengukuran}}$: Tegangan output sensor hasil pengukuran (Volt)

Berikut merupakan tabel perbandingan antara pengukuran suhu menggunakan termometer dibandingkan dengan pengukuran suhu menggunakan sensor LM35.

Tabel 4.3 Perbandingan antara Pengukuran Suhu Menggunakan Termometer dengan Sensor LM35

| Pengujian ke- | Pengukuran Suhu (°C) | |
|---------------|----------------------|-------------|
| | Thermometer | Sensor LM35 |
| 1 | 31 | 31,2 |
| 2 | 32 | 32,3 |
| 3 | 33 | 33,3 |
| 4 | 34 | 34,2 |
| 5 | 35 | 35,2 |
| 6 | 36 | 36,3 |
| 7 | 37 | 37,2 |
| 8 | 38 | 38,3 |
| 9 | 39 | 39,4 |
| 10 | 40 | 40,2 |

Dari hasil pengujian sensor suhu menggunakan termometer dan menggunakan LM35 dengan 10 data pengujian, didapat grafik hubungan antara N (jumlah pengujian) dan suhu (°C) sebagai berikut :



Gambar 4.2 Grafik Karakteristik Perbedaan Pengukuran Suhu Termometer dan Suhu Sensor LM 35

Dari grafik pada gambar 4.2 terlihat bahwa hubungan antara temperatur terdeteksi dengan tegangan keluaran sensor temperatur adalah linier. Hal ini sesuai dengan *data sheet* LM35 bahwa tegangan keluaran sensor bertambah sebesar 10 mV untuk setiap kenaikan temperatur 1°C.

Dari tabel 4.2 diatas dapat dicari persentase kesalahan (% Error) antara perhitungan dari sensor suhu dengan pengukuran termometer. Kesalahan dapat dicari dengan rumus sebagai berikut:

$$e = \left| \frac{\text{Pengukuran} - \text{Perhitungan}}{\text{Perhitungan}} \right| \times 100\% \quad (4.3)$$

Tabel 4.4 Persen Kesalahan (% Error) Tegangan Output LM 35 antara Hasil Pengukuran dengan Hasil Perhitungan

| Pengujian ke- | Tegangan Output Perhitungan (mV) | Tegangan Output LM 35 (mV) | Kesalahan (Error) (%) |
|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|-----------------------|
| 1 | 310 | 312 | 0,65 |
| 2 | 320 | 323 | 0,94 |
| 3 | 330 | 333 | 0,91 |
| 4 | 340 | 342 | 0,59 |
| 5 | 350 | 352 | 0,57 |
| 6 | 360 | 363 | 0,83 |
| 7 | 370 | 372 | 0,54 |
| 8 | 380 | 383 | 0,79 |
| 9 | 390 | 394 | 1,03 |
| 10 | 400 | 402 | 0,50 |
| % Kesalahan (Error) rata-rata | | | 0,67 |

Dari tabel 4.4 tersebut didapatkan bahwa kesalahan (error) rata-rata dalam persen adalah 0,67%. Dari pengamatan pengujian alat, kesalahan terjadi karena faktor kepresisian komponen yang digunakan serta alat ukur yang digunakan.

4.3 Pengujian Rangkaian Driver Lampu

Rangkaian driver berfungsi untuk mengaktifkan dan menonaktifkan lampu yang dikendalikan oleh mikrokontroler dengan memberi masukan logika pada port C.1 sehingga IC MOC 3041 aktif dan dapat memicu triac supaya dalam keadaan menghantarkan tegangan AC. Pengujian dilakukan dengan memberikan

masukan logika pada rangkaian driver. Hasil pengujiannya dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.5 Pengujian Driver Lampu

| Logika | IC MOC 3041 | Triac | Lampu |
|------------|-------------|-------|-------|
| 0 (0 Volt) | ON | ON | NYALA |
| 1 (5Volt) | OFF | OFF | MATI |

Ketika rangkaian driver di beri masukan logika 0 (0Volt) kaki IC MOC 3041 menjadi aktif (ON) sehingga kaki 4 dan 6 terhubung. Keluaran IC MOC 3041 pada kaki 4 memicu gate pada triac (kaki 3). Saat gate terpicu maka kaki 2 dan kaki 1 pada triac menghantar arus AC (ON) sehingga dapat mengaktifkan bola lampu.

Pengukuran tegangan rangkaian driver lampu yaitu dengan merangkai rangkaian dan melakukan pengukuran seperti pada gambar di bawah ini :



Gambar 4.3 Rangkaian Pengujian Driver AC

Hasil pengukuran tegangan rangkaian driver lampu adalah sebagai berikut :

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Driver AC

| Kondisi Lampu | Pengukuran | | |
|---------------|---------------------------|---------------------------|------------------------------|
| | Titik A & B $V_{(DC)}$ | Titik C & D $V_{(DC)}$ | Tegangan Lampu $V_{(AC)}$ |
| NYALA | 3,67 | 1,22 | 220 |
| MATI | 0 | 0 | 0 |

Dari tabel 4.6 di atas didapat :

Tegangan pada resistor 220 (V_{R220}) : 3,67 Volt

Tegangan pada photodiode optocoupler V_D : 1,22 Volt

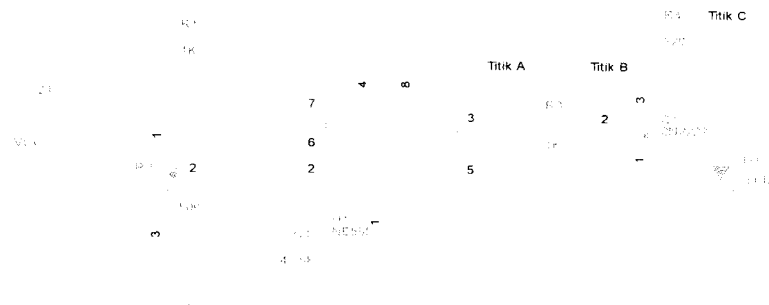
Diketahui V_{CC} : 5 Volt

Maka :

$$\begin{aligned}
 V_{CC} &: V_{R220} + V_D \\
 &: 3,67 + 1,22 \\
 &: 4,89 \text{ Volt} \approx 5 \text{ Volt}
 \end{aligned}$$

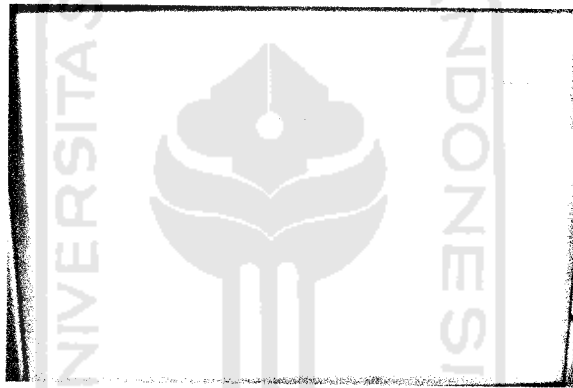
4.4 Pengujian Rangkaian Pemancar Inframerah

Pengamatan rangkaian pemancar inframerah dilakukan dengan mengamati keluaran pembangkit frekuensi yaitu di titik A, titik B, kemudian dibagian penguat transistor yaitu di titik C. Titik pengukuran dapat di lihat pada gambar berikut :



Gambar 4.4 Titik Pengukuran Rangkaian Pemancar Inframerah

Hasil pengujian pada titik A



Gambar 4.5 Pengujian pada Titik A

Pengamatan sinyal diatas dilakukan pada kondisi Volt/div = 2,0 Volt, Time/div = 10 uS sehingga pada gambar diatas dapat diketahui :

$$V_{pp} = \text{Volt/div} \times \text{tinggi pulsa}$$

$$= 2 \text{ Volt} \times 1,8$$

$$= 3,6 \text{ Volt}$$

$$T = \text{Time/div} \times \text{lebar pulsa}$$

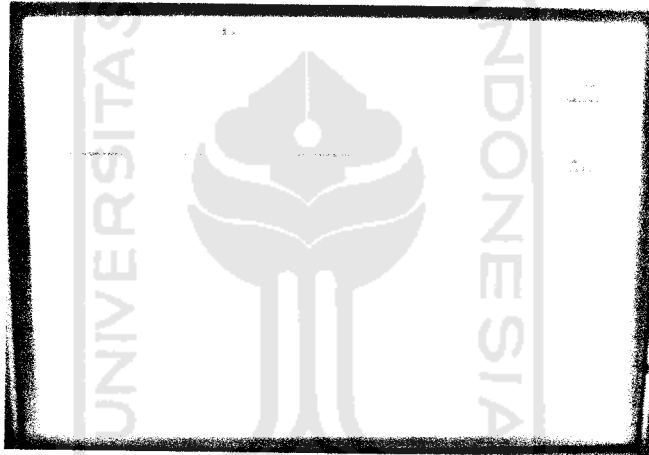
$$= 10 \mu\text{S} \times 2,6 = 26 \mu\text{s}$$

Maka frekuensinya adalah sebesar :

$$\text{Frek} = \frac{1}{T} = \frac{1}{26\mu\text{s}}$$

$$= 38,46 \text{ KHz}$$

Hasil pengujian pada titik B



Gambar 4.6 Pengujian pada Titik B

Pengamatan sinyal diatas dilakukan pada kondisi Volt/div = 500 mVolt, Time/div = 10 μS sehingga pada gambar diatas dapat diketahui :

$$V_{pp} = \text{Volt/div} \times \text{tinggi pulsa}$$

$$= 500 \text{ mVolt} \times 1,5$$

$$= 750 \text{ mVolt}$$

$$T = \text{Time/div} \times \text{lebar pulsa}$$

$$= 10 \text{ uS} \times 2,6 = 26 \text{ us}$$

Maka frekuensinya adalah sebesar :

$$\text{Frek} = \frac{1}{T} = \frac{1}{26\text{us}}$$

$$= 38,46 \text{ KHz}$$

Hasil pengujian pada titik C



Gambar 4.7 Pengujian pada Titik C

Pengamatan sinyal diatas dilakukan pada kondisi Volt/div = 1,00 Volt, Time/div = 10 uS sehingga pada gambar diatas dapat diketahui :

$$V_{pp} = \text{Volt/div} \times \text{tinggi pulsa}$$

$$= 1,00 \text{ Volt} \times 1,2$$

$$= 1,2 \text{ Volt}$$

$$T = \text{Time/div} \times \text{lebar pulsa}$$

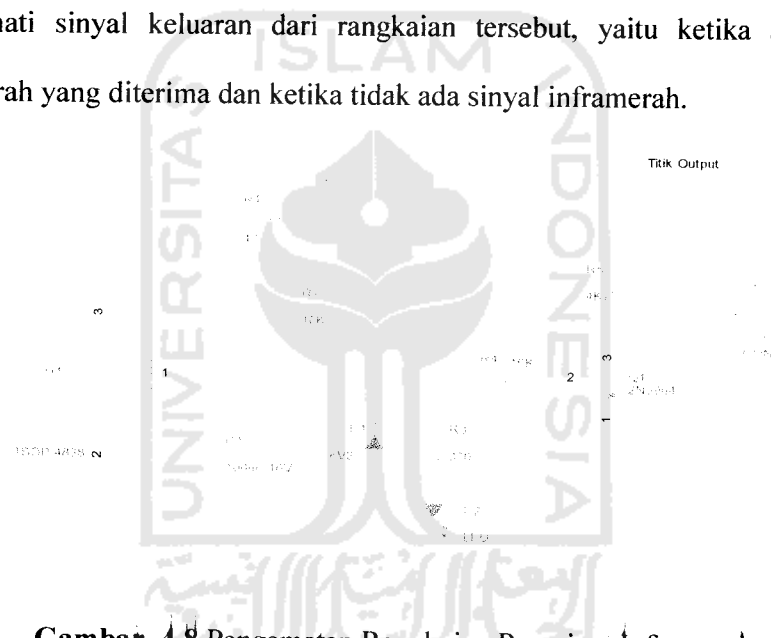
$$= 10 \text{ uS} \times 2,6 = 26 \text{ us}$$

Maka frekuensinya adalah sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Frek} &= \frac{1}{T} = \frac{1}{26\mu\text{s}} \\ &= 38,46 \text{ KHz} \end{aligned}$$

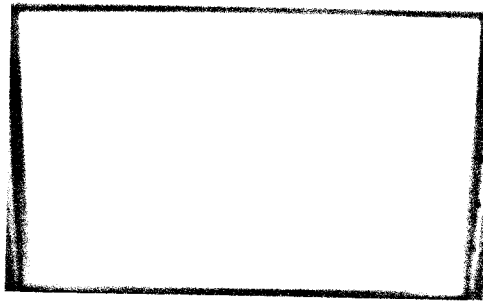
4.5 Pengujian Rangkaian Penerima Inframerah

Pengamatan rangkaian penerima inframerah dilakukan dengan mengamati sinyal keluaran dari rangkaian tersebut, yaitu ketika ada sinyal inframerah yang diterima dan ketika tidak ada sinyal inframerah.



Gambar 4.8 Pengamatan Rangkaian Penerima Inframerah

Pengamatan keluaran rangkaian penerima inframerah ketika tidak ada benda yang menghalangi sinyal inframerah dari pemancar tersebut. terlihat bentuk gelombang sinyalnya yaitu berupa garis lurus dengan logika '1' (5 Volt). Gambar pengamatan sinyalnya adalah :



Gambar 4.9 Sinyal Penerima Inframerah Ketika
Tidak ada Penghalang

Pengamatan keluaran ranmerah dari pemancar tersebut, terlihat bentuk gelombang sinyalnya yaitu berupa garis lurus dengan logika '0' (0 Volt). Gambar pengamatan sinyalnya adalah :

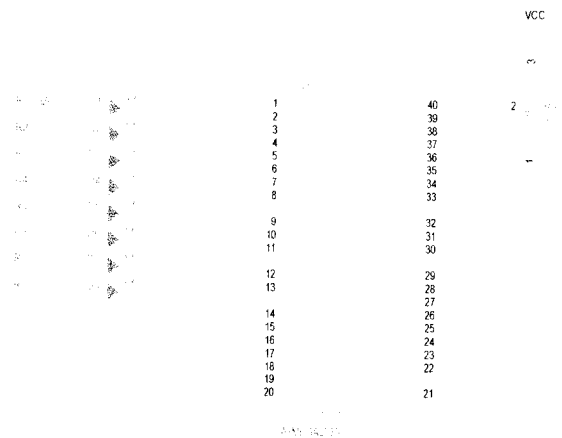


Gambar 4.10 Sinyal Penerima Inframerah ketika
Ada Penghalang

4.6 Pengujian ADC internal ATmega8535

Tujuan dari pengujian ADC internal yaitu untuk mengetahui respon dari ADC yang mana masukannya berasal dari tegangan analog sedangkan keluarannya adalah berupa sinyal digital 8 bit yang di hubungkan ke LED.

Rangkaian pengujian ADC internal adalah sebagai berikut:



Gambar 4.11 Rangkaian Pengujian ADC Internal

Untuk perhitungan dari output ADC dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Resolusi : \left(\frac{1}{2^n}\right)V_{ref} \quad (4.4)$$

Dalam perancangan, banyaknya bit ADC yang digunakan adalah 8 bit dan tegangan referensi yang digunakan adalah 2,56 Volt sehingga resolusinya :

$$Resolusi : \left(\frac{1}{2^8}\right) \times 2,56$$

$$: \left(\frac{1}{256}\right) \times 2,56$$

$$: 0,01$$

Keluaran ADC dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut:

$$Nilai_{ADC} : \frac{V_{in}}{Resolusi} \quad (4.5)$$

Berikut merupakan tabel perbandingan tegangan output antara hasil perhitungan dan hasil pengukuran dari keluaran ADC Internal ATmega8535 :

Tabel 4.7 Pengujian ADC Internal ATmega8535

| Vin (Volt) | Keluaran ADC Internal ATmega8535 | | | | | |
|---------------|----------------------------------|---------|-------------|-------------------|---------|-------------|
| | Perhitungan | | | Pengukuran | | |
| | Biner (D7..D0) | Desimal | Hexadesimal | Biner (D0..D0) | Desimal | Hexadesimal |
| 0 | 00000000 | 0 | 0 | 00000000 | 0 | 0 |
| 0,25 | 00011001 | 25 | 19 | 00011000 | 24 | 18 |
| 0,50 | 00110010 | 50 | 32 | 00110000 | 48 | 30 |
| 0,75 | 01001011 | 75 | 4B | 01001100 | 76 | 4C |
| 1,00 | 01100100 | 100 | 64 | 01100111 | 103 | 67 |
| 1,25 | 01111101 | 125 | 7D | 10000000 | 128 | 80 |
| 1,50 | 10010110 | 150 | 96 | 10011000 | 152 | 98 |
| 1,75 | 10101111 | 175 | AF | 10110000 | 176 | B0 |
| 2,00 | 11001000 | 200 | C8 | 11001100 | 204 | CC |
| 2,25 | 11100001 | 225 | E1 | 11100011 | 227 | E3 |
| 2,50 | 11111010 | 250 | FA | 11111111 | 255 | FF |

Dari tabel 4.7 dapat dicari selisih antara hasil perhitungan dengan hasil pengukuran keluaran ADC. Selisih dapat dicari dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Selisih} = |\text{Pengukuran} - \text{Perhitungan}| \quad (4.6)$$

Sedangkan persentase kesalahan (%error) dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Error rata-rata} = \frac{\text{JumlahError}}{\text{JumlahPerhitungan}} \times 100\% \quad (4.7)$$

Dari rumus diatas dapat diketahui selisih antara hasil perhitungan dengan hasil pengukuran keluaran ADC ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 4.8 Selisih Keluaran ADC Internal

| Keluaran ADC Internal ATmega8535 | | | | | | Selisih (Desimal) |
|---|----------------|--------------------|---------------------------|----------------|--------------------|------------------------------|
| Perhitungan | | | Pengukuran | | | |
| Biner (D7..D0) | Desimal | Hexadesimal | Biner (D0..D0) | Desimal | Hexadesimal | |
| 00000000 | 0 | 0 | 00000000 | 0 | 0 | 0 |
| 00011001 | 25 | 19 | 00011000 | 24 | 18 | 1 |
| 00110010 | 50 | 32 | 00110000 | 48 | 30 | 2 |
| 01001011 | 75 | 4B | 01001100 | 76 | 4C | 1 |
| 01100100 | 100 | 64 | 01100111 | 103 | 67 | 3 |
| 01111101 | 125 | 7D | 10000000 | 128 | 80 | 3 |
| 10010110 | 150 | 96 | 10011000 | 152 | 98 | 2 |
| 10101111 | 175 | AF | 10110000 | 176 | B0 | 1 |
| 11001000 | 200 | C8 | 11001100 | 204 | CC | 4 |
| 11100001 | 225 | E1 | 11100011 | 227 | E3 | 2 |
| 11111010 | 250 | FA | 11111111 | 255 | FF | 5 |

Dari tabel diatas dapat dicari persentase kesalahan (%error) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Error rata-rata} = \frac{\text{JumlahError}}{\text{JumlahPerhitungan}} \times 100\%$$

Jika dari tabel diketahui:

$$\Sigma \text{ Perhitungan (desimal)} : 1375$$

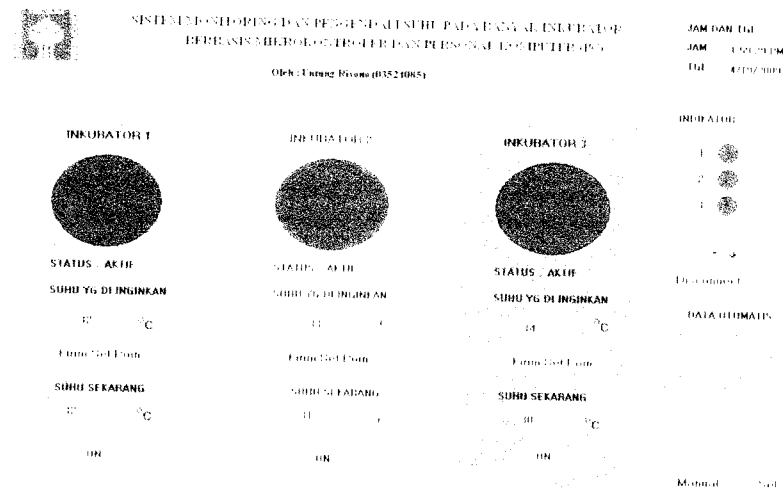
$$\Sigma \text{ Error (desimal)} : 24$$

Sehingga kesalahan rata-ratanya:

$$\begin{aligned} \text{Error rata-rata} &= \frac{\text{JumlahError}}{\text{JumlahPerhitungan}} \times 100\% \\ &= \frac{24}{1375} \times 100\% \\ &= 1,745 \% \end{aligned}$$

4.7 Pengujian keseluruhan sistem

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan untuk mengamati kondisi suhu secara *realtime* dari tiga buah inkubator, Mengamati tanggapan sistem terhadap *setpoint* yang telah diberikan, dan mengamati tanggapan sistem untuk mendeteksi keberadaan bayi dalam inkubator tersebut. Penampil dari sistem tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.12 Penampil Sistem Monitoring dan Pengendalian Suhu dari banyak Inkubator

Sistem dapat menampilkan suhu baik secara keseluruhan maupun satu per satu dari inkubator tersebut. Untuk menampilkan suhu secara keseluruhan yaitu dengan menggunakan tombol "otomatis", sehingga suhu yang di tampilkan dapat *up to date*. Sedangkan untuk menampilkan suhu dari tiap-tiap inkubator dengan menggunakan tombol "manual". Untuk mendeteksi keberadaan bayi pemanas akan OFF jika tidak ada bayi dan akan ON ketika ada bayi.

Dalam sistem pengendalian pengujiannya dilakukan dengan memasukkan *setpoint* untuk menentukan besarnya suhu yang di inginkan dari masing-masing inkubator tersebut. Pengendalian dalam sistem ini yaitu pengendalian ON/OFF, sehingga pemanas (lampu) akan OFF apabila suhu inkubator telah mencapai "setpoint + 1". Demikian pula sebaliknya pemanas (lampu) akan ON apabila

suhu inkubator telah mencapai “setpoint -1”. Untuk memasukan setpoint tampilan suhu harus secara “manual” hal ini untuk menghindari terjadinya error.

Perancangan sistem monitoring dan pengendalian suhu dari banyak inkubator ini sudah sesuai dengan yang diinginkan. Dari parameter-parameter yang diuji dan diukur pada alat diatas dapat disimpulkan bahwa sistem ini telah bekerja dengan optimal meskipun masih terjadi error. Hal ini dibuktikan dengan hasil pengujian dan pengukuran diatas. Dari hasil pengujian dan pengukuran ini, perancangan telah memenuhi ide awal atau perencanaan.

