

Sistem Kontrol Suhu *Infant Warmer* Menggunakan Metode PID (*Proportional, Integral, Derivative*)

Muhammad Naufal Shidqi Yahya^{1*}, Mohamad Sofie², Mohamad Rofi'i³

¹⁻³Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Semarang, Indonesia

Alamat: Jl. Kolonel Warsito Sugiarto KM 2,5 Gunungpati Semarang, Indonesia

Korespondensi penulis: mohamadsofie@stikessemarang.ac.id*

Abstract. *The common issue faced by newborn babies is their difficulty in regulating body temperature with their environment. This often leads to hypothermia, which is a significant cause of mortality in newborns. Therefore, biomedical equipment that can regulate temperature in the newborn environment is crucial. In the design and development research of an Infant Warmer Temperature Control System using the PID method, key components include the Atmega328P microcontroller, a Skin Sensor for monitoring baby body temperature, and an SSR driver circuit for heater control. The PID control method utilizes feedback mechanisms to correct errors between measured values and their deviations. To ascertain accuracy, functional testing was conducted using an Incubator Analyzer. The comparison between the skin sensor and the Incubator Analyzer showed minimal differences, with the largest difference being 0.15°C and the smallest 0.01°C. It can be concluded that the skin sensor readings are accurate within tolerance limits. The maximum error percentage of the device was 0.2%, while the minimum error percentage was 0%. Based on these findings, it is concluded that the PID method Infant Warmer temperature control system designed functions effectively, manages overshoot well, and maintains stability.*

Keywords: *Infant Warmer, Incubator Analyzer, PID*

Abstrak. Masalah yang sering terjadi pada bayi yang baru dilahirkan adalah sulitnya bayi menyesuaikan suhu tubuh dengan lingkungan. Dari permasalahan tersebut bayi sering terserang hipotermia. Hipotermia merupakan salah satu penyebab terjadinya kematian pada bayi yang baru dilahirkan. Sehingga diperlukan peralatan biomedis yang dapat mengatur suhu di lingkungan bayi yang baru dilahirkan. Pada penelitian rancang bangun Sistem Kontrol Suhu *Infant Warmer* menggunakan metode PID memerlukan komponen seperti Atmega328P sebagai mikrokontroler, Skin Sensor sebagai sensor pembaca suhu tubuh bayi, rangkaian driver SSR sebagai pengendali heater. Untuk kontrol suhu menggunakan metode PID dimana parameter tersebut dapat bekerja dengan mekanisme umpan balik untuk mengoreksi kesalahan antar nilai kesalahan suatu pengukuran dengan nilai penyimpangannya. Guna mengetahui keakuratannya dilakukan uji fungsi menggunakan Incubator Analyzer. Hasil dari perbandingan skin sensor dengan Incubator Analyzer selisihnya relatif sedikit, selisih nilai terbesar 0,15°C dan selisih nilai terkecil 0,01°C, dapat disimpulkan hasil dari pembacaan skin sensor akurat tidak melebihi batas toleransi. Persentase nilai kesalahan error terbesar alat 0,2% dan persentase nilai kesalahan error terkecil 0%. Dari hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan sistem kontrol suhu *Infant Warmer* metode PID yang penulis buat dapat bekerja dengan baik, dapat mengendalikan overshoot dengan baik dan stabil.

Kata kunci: *Infant Warmer, Incubator Analyzer, PID.*

1. PENDAHULUAN

Masalah yang sering terjadi pada bayi yang baru dilahirkan adalah sulitnya bayi menyesuaikan suhu tubuh dengan lingkungan, dimana suhu tubuh bayi pada saat berada di dalam kandungan berkisar 34°C sampai dengan 37°C. Dari permasalahan tersebut bayi sering terserang hipotermia, hipotermia pada bayi yang baru dilahirkan adalah ketika suhu tubuh bayi kurang dari 34°C. Hipotermia merupakan salah satu penyebab terjadinya kematian pada bayi yang baru dilahirkan. Sehingga diperlukan peralatan biomedis yang dapat mengatur suhu di lingkungan bayi yang baru dilahirkan (Muharom et al., 2021).

Infant Warmer adalah perangkat medis yang dirancang khusus untuk memberikan suhu tubuh yang stabil kepada bayi baru lahir atau premature. Tujuan utama dari penggunaan infant warmer adalah untuk mencegah hipotermia, yaitu kondisi suhu tubuh yang terlalu rendah, yang dapat menyebabkan masalah kesehatan serius pada bayi. Infant warmer biasanya dilengkapi dengan fitur-fitur seperti kontrol suhu yang akurat, sensor suhu tubuh bayi, dan keamanan tambahan seperti pengaman suhu dan perlindungan terhadap overheating. Komponen utama dari Infant Warmer yaitu heater dan kontrol suhu. Penghangat pada Infant Warmer menggunakan elemen kering yang diletakkan di atas bayi yang suhunya dapat diatur sesuai kebutuhan. Radiasi panas yang mengenai bayi suhunya antara 35°C - 37°C . Pada kontrol suhu juga terdapat sensor yang diletakkan pada bed bayi yang berfungsi untuk monitor suhu tubuh bayi. Sensor ini juga berfungsi mengontrol kerja heater agar tidak terjadi over heat (Atmega et al., 2023).

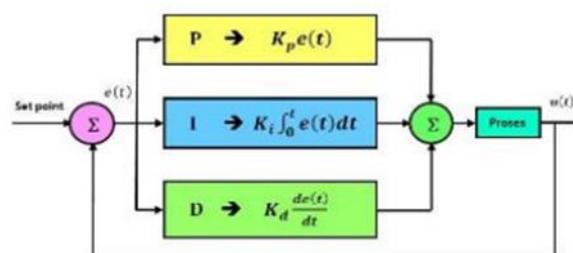
Kemajuan teknologi di bidang kesehatan menjadi sangat penting, terutama pada keselamatan bayi. Dalam hal ini banyak terjadi kematian bayi prematur yang disebabkan oleh tidak tertangani dengan baik fasilitas dan sarana kesehatan. Bayi yang lahir prematur mempunyai tingkat sensitivitas yang tinggi terhadap lingkungan di sekitarnya. Terkait hal tersebut penulis membuat sebuah penelitian pengembangan alat kontrol suhu *Infant Warmer* menggunakan metode *PID (Proportional, Integral, Derivative)*. Pengendali PID adalah gabungan dari pengendali Proportional, Integral, Derivative yang saling menutupi. Dalam implementasinya masing-masing cara dapat bekerja sendiri maupun gabungan diantaranya. Dalam perancangan sistem kontrol PID yang perlu dilakukan adalah mengatur parameter P, I atau D agar tanggapan sinyal keluaran sistem terhadap masukan tertentu sebagaimana yang diinginkan. Pengendali PID menghitung error sebagai perbedaan antara variable proses yang diukur dan set point yang diinginkan. Untuk merancang sistem kontrol PID, kebanyakan dilakukan dengan metode coba-coba atau (*trial & error*). Hal ini disebabkan karena parameter K_p , K_i dan K_d tidak *independent*. Untuk mendapatkan aksi kontrol yang baik diperlukan langkah coba-coba dengan kombinasi antara P, I, dan D sampai ditemukan nilai K_p , K_i dan K_d seperti yang diinginkan (Ali, 2004).

Harapannya adalah sistem pengontrol suhu yang dikembangkan untuk alat *Infant Warmer* ini dapat menciptakan sistem yang stabil dalam mengatur suhu dan diharapkan dengan hasil penelitian ini dapat membantu perancangan alat pengontrol suhu Infant Warmer produksi Indonesia dengan biaya yang terjangkau dan kualitas yang memenuhi standar.

2. METODE PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang sebuah sistem kontrol suhu *Infant Warmer* menggunakan metode PID untuk mengurangi kasus kematian pada bayi baru lahir akibat hipotermia. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah terapan. Penelitian terapan adalah penelitian yang dilakukan dengan cara menerapkan teori-teori yang telah didapatkan dalam sebuah praktek langsung.

Salah satu metode yang umum digunakan dalam pengendalian suhu adalah pengontrol PID (Proportional-Integral-Derivative). PID telah terbukti efektif dalam mengendalikan berbagai jenis sistem, termasuk inkubator. Sistem kendali PID terdiri dari tiga macam kendali, yaitu kendali P (Proportional), I (Integral), dan D (Derivatif) dengan masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Apabila digabungkan akan mendapatkan hasil pengontrol dengan sifat menghilangkan error, mengurangi rise time, menambah settling time dan memperkecil overshoot. Karakteristik pengendali PID sangat dipengaruhi oleh kontribusi besar dari ketiga parameter atau konstanta pengendali (K_p , K_i , dan K_d). Penyetelan K_p , K_i , dan K_d akan mengakibatkan penonjolan sifat dari masing-masing pengendali. Secara umum Langkah yang harus ditempuh dalam perancangan suatu desain kontrol PID adalah menentukan nilai parameter K_p , K_i , dan K_d . Parameter pengendali *Proportional, Integral, Derivative* (PID) selalu didasari atas tinjauan terhadap karakteristik yang diatur (*plant*). Dengan demikian bagaimanapun rumitnya suatu plant, perilaku plant tersebut harus diketahui terlebih dahulu sebelum pencarian parameter PID itu dilakukan. Kontrol *Proportional* yang unggul dalam *rise time* yang cepat, kontrol *Integral* yang dapat menghilangkan error dan kontrol *Derivative* yang dapat meredam overshoot.

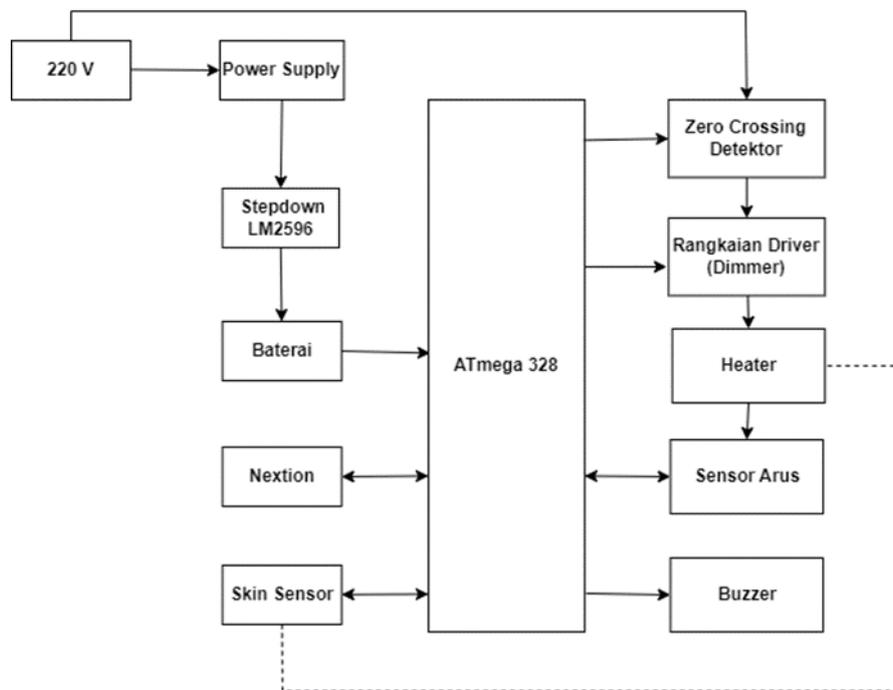


Gambar 1. Blok Sistem Pengendali PID

Dalam sistem kontrol suhu, Overshoot adalah kondisi dimana suhu yang dikontrol melebihi nilai setpoint atau target sebelum akhirnya stabil kembali pada setpoint tersebut. Overshoot terjadi akibat dari respon dinamis sistem ketika ada perubahan dalam setpoint atau ketika sistem pertama kali mencapai keseimbangan setelah gangguan. Mengelola overshoot adalah penting untuk memastikan bahwa sistem mencapai dan mempertahankan suhu yang diinginkan dengan stabil tanpa fluktuasi yang signifikan. Teknik untuk mengurangi overshoot

termasuk penyesuaian parameter pengontrol PID dan penggunaan algoritma kontrol yang lebih canggih.

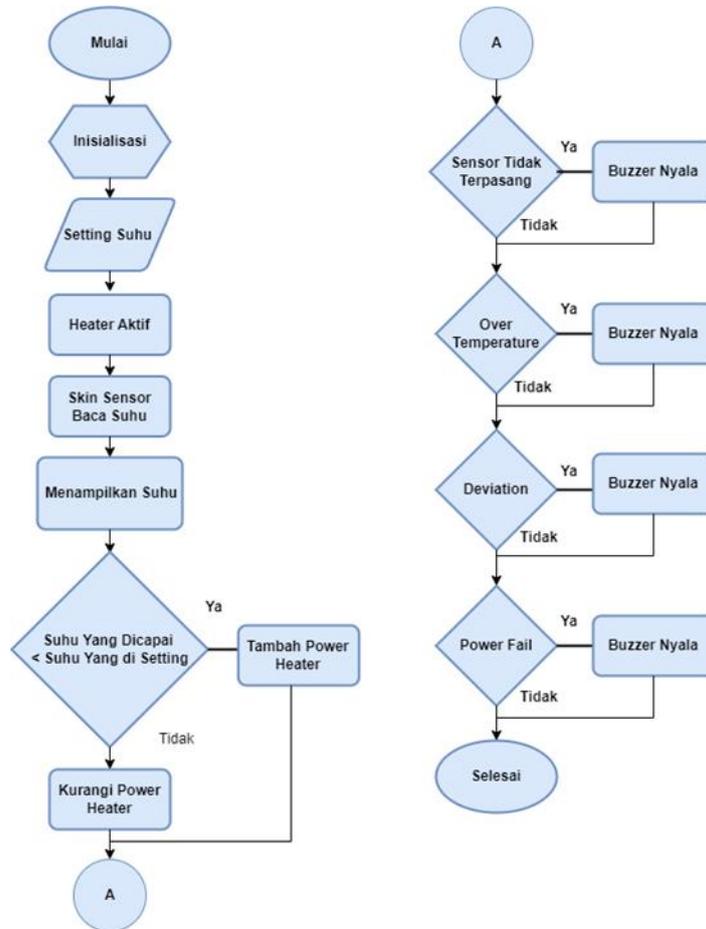
a. Blok Diagram



Gambar 2. Blok Diagram Sistem

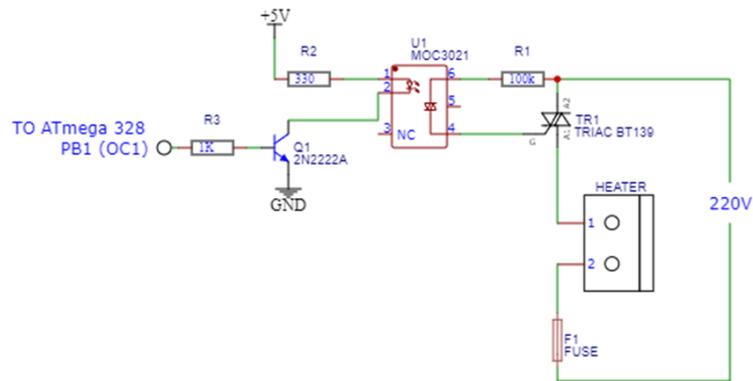
b. Diagram Alir Alat

Alur kerja sistem alat ditunjukkan pada gambar 5. Saat alat dihidupkan menandakan proses penggunaan alat dimulai, proses inisialisasi berlangsung. Selanjutnya kita setting suhu yang mau digunakan. heater aktif dan skin sensor membaca suhu tubuh bayi. LCD Nextion menampilkan suhu aktual dan suhu setting. Jika suhu yang dicapai kurang dari suhu setting maka power yang masuk pada heater bertambah, menjadikan heater panas sehingga dapat menghangatkan tubuh bayi, dan jika suhu yang dicapai melebihi suhu setting maka power yang masuk pada heater dikurangi. Indikator Sensor, jika sensor tidak terpasang, buzzer berbunyi, jika terpasang buzzer tidak berbunyi. Indikator Over Temp, jika suhu yang dicapai melebihi suhu yang disetting maka buzzer berbunyi, jika tidak melebihi buzzer tidak berbunyi. Indikator Deviation, jika suhu melebihi batas setting 1° C toleransi maka buzzer berbunyi. Indikator Power Fail, indikator kegagalan daya, jika tidak ada tegangan yang masuk pada rangkaian maka buzzer akan berbunyi. Selesai.



Gambar 3. Diagram Alir Alat

c. Rangkaian Driver SSR



Gambar 4. Rangkaian Driver

Rangkaian driver SSR sebenarnya sama dengan relay elektromekanik atau magnetic contactor (MC) yaitu sebagai saklar elektronik yang biasa digunakan atau diaplikasikan di industri-industri sebagai device pengendali. Cara kerja rangkaian driver SSR dalam mengendalikan heater yaitu skin sensor membaca suhu aktual. Mikrokontroler memproses data suhu dan memutuskan apakah perlu menghidupkan atau mematikan heater untuk menjaga suhu sesuai setpoint. Jika heater perlu dihidupkan, mikrokontroler mengirimkan sinyal kontrol ke

input rangkaian driver SSR. Sinyal kontrol mengaktifkan LED dalam optocoupler, dan mengaktifkan TRIAC sehingga arus listrik mengalir ke heater. Proses ini berulang, dengan mikrokontroler terus memantau suhu dan mengatur sinyal kontrol ke SSR untuk menjaga suhu heater sesuai yang diinginkan.

d. Program Kontrol Suhu Sistem PID

```
void PID()
{
  error=temp_set-temp;
  if (error>0.5)
  {
    error2=error*error;
    Serial.print(" error: ");
    Serial.println(error);
    P=KP*error;
    I=KI*error*error;
    D=KD*(error-error_old);
    Serial.print(" P: ");
    Serial.print(P);
    Serial.print(" I: ");
    Serial.print(I);
    Serial.print(" D: ");
    Serial.print(D);
    pwm1+=(P+I+D);
    if(pwm1>dim_max) pwm1=dim_max;
    dim=dim_max-pwm1;
    error_old=error;
    Serial.print(" PWM1: ");
    Serial.println(pwm1);
  }
  else
  if (error<-0.5)
  {
    error2=error*error;
    Serial.print(" error: ");
    Serial.println(error);
    P=KP*error;
    I=KI*error*error*-1;
    D=KD*(error-error_old);
    Serial.print(" P: ");
    Serial.print(P);
    Serial.print(" I: ");
    Serial.print(I);
    Serial.print(" D: ");
    Serial.print(D);
    pwm1+=(P+I+D);
    if(pwm1>dim_max) pwm1=dim_max;
    if (pwm1<0) pwm1=0;
    dim=dim_max-pwm1;
    error_old=error;
  }
}
```

```

Serial.print(" PWM1: ");
Serial.println(pwm1);
}
else
{
Serial.println("Dalam Histerisis");
}

```

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan perancangan software dengan menggunakan Arduino serta telah merancang hardware, maka dilakukan uji fungsi dan pengambilan data pada alat. Pada Hasil dan pembahasan ini, akan dibahas terkait hal tersebut dengan tujuan untuk membuktikan kebenaran hasil perancangan rangkaian dan pengujian fungsi alat yang diperoleh penulis.

Uji fungsi dilakukan untuk mengetahui apakah alat yang dibuat penulis berjalan dengan normal atau tidak. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat Incubator Analyzer untuk membandingkan hasil keluaran alat hasil rancang bangun dengan alat standar yang biasa dipakai untuk perbandingan. Perbandingan dilakukan secara bersamaan antara Incubator Analyzer dengan alat kontrol suhu yang penulis buat. Uji fungsi alat dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Pengujian Alat

a. Pengujian Alat Dengan INCUBATOR ANALYZER

Pengujian infant warmer dengan incubator analyzer adalah proses yang penting untuk memastikan bahwa perangkat bekerja dengan benar dan aman. Pengujian ini tidak hanya memastikan akurasi dan stabilitas suhu, tetapi juga memeriksa fungsi keamanan lainnya yang penting untuk keselamatan bayi. Dengan mengikuti prosedur pengujian yang tepat, risiko yang

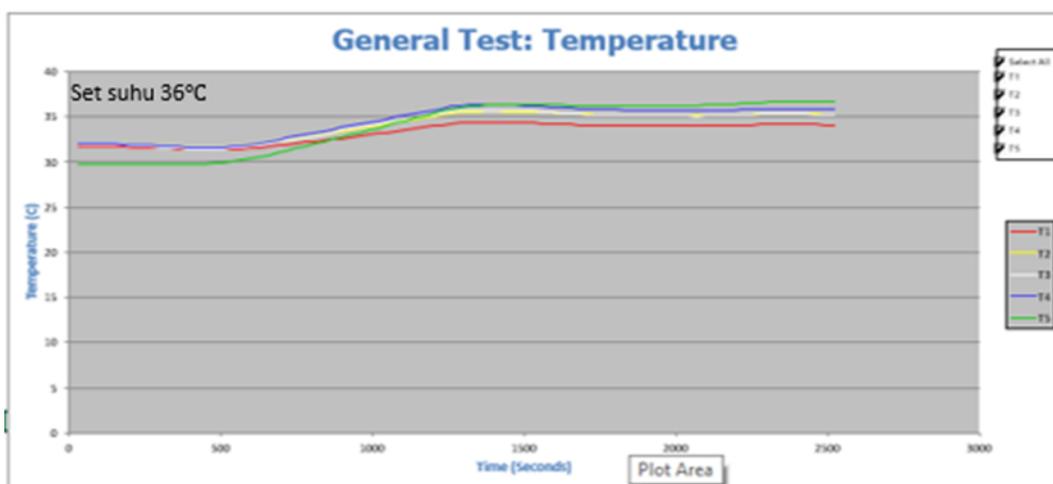
terkait dengan penggunaan infant warmer dapat diminimalkan, memastikan perawatan yang optimal untuk bayi. Tabel hasil uji coba alat dengan Incubator Analyzer ditunjukkan pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1 Hasil Uji Alat dengan INCUBATOR ANALYZER

No	Set Suhu (°C)	Skin Sensor	Incubator Analyzer T5	Selisih (°C)	Toleransi	Nilai Error
1.	36°C	36,0°C	36,05°C	0,05°C	1°C	0%
2.	36°C	36,1°C	36,09°C	0,01°C	1°C	0,2%
3.	36°C	36,1°C	36,08°C	0,02°C	1°C	0,2%
4.	36°C	36,1°C	36,07°C	0,03°C	1°C	0,2%
5.	36°C	36,1°C	36,05°C	0,05°C	1°C	0,2%
6.	36°C	36,1°C	36,05°C	0,05°C	1°C	0,2%
7.	36°C	36,0°C	36,05°C	0,05°C	1°C	0%
8.	36°C	36,0°C	36,05°C	0,05°C	1°C	0%
9.	36°C	36,0°C	36,05°C	0,05°C	1°C	0%
10.	36°C	36,0°C	36,05°C	0,05°C	1°C	0%
11.	36°C	36,0°C	36,05°C	0,05°C	1°C	0%
12.	36°C	36,0°C	36,05°C	0,05°C	1°C	0%
13.	36°C	36,0°C	36,05°C	0,05°C	1°C	0%
14.	36°C	36,0°C	36,05°C	0,05°C	1°C	0%
15.	36°C	36,0°C	36,05°C	0,05°C	1°C	0%
16.	36°C	36,0°C	36,05°C	0,05°C	1°C	0%
17.	36°C	35,9°C	36,05°C	0,15°C	1°C	0,2%
18.	36°C	36,0°C	36,05°C	0,05°C	1°C	0%
19.	36°C	36,0°C	36,05°C	0,05°C	1°C	0%
20.	36°C	36,0°C	36,05°C	0,05°C	1°C	0%

b. Grafik Sinyal Temperature

Pengujian selanjutnya dilakukan untuk mengetahui respon kontrol PID, dimana pada pengujian ini dilakukan dengan set suhu 36°C. Gambar grafik respon kontrol PID dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6 Grafik Sinyal Temperature

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah melakukan proses perancangan alat, mulai dari studi pustaka, perencanaan, pengambilan data, uji fungsi dan analisa maka penulis dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut. Menurut analisa dari alat yang dibuat penulis, dengan perbandingan alat pendukung seperti Incubator Analyzer, hasil dari perbandingan skin sensor dengan Incubator Analyzer selisihnya relatif sedikit, selisih nilai terbesar yaitu $0,15^{\circ}\text{C}$ dan selisih nilai terkecil yaitu $0,01^{\circ}\text{C}$, dapat disimpulkan hasil dari pembacaan skin sensor akurat tidak melebihi batas toleransi. Persentase nilai kesalahan error terbesar alat yaitu 0,2% dan persentase nilai kesalahan error terkecil yaitu 0%. Dari hasil yang diperoleh, alat yang penulis buat menunjukkan indikasi normal. Sehingga dapat disimpulkan sistem kontrol suhu Infant Warmer metode PID yang penulis buat dapat bekerja dengan baik, dapat mengendalikan overshoot dengan baik dan stabil.

Dari penelitian yang telah penulis lakukan, penelitian ini masih jauh dari kata sempurna. Ada beberapa saran dari penulis jika ingin melakukan pengembangan pada penelitian ini sebagai berikut: Penambahan fitur telemedicine untuk monitoring, konsultasi medis, diagnosis, perawatan jangka pendek, serta kesehatan secara virtual agar menjadikan alat ini semakin bagus.

DAFTAR REFERENSI

- Ahla, Z. Y., & Musafa, A. (2019). Pengendalian suhu dengan metode PID pada alat penetas telur. *Maestro*, 2(2), 493–501.
- Ali, M. (2004). Pembelajaran perancangan sistem kontrol PID dengan software Matlab. *Jurnal Edukasi Elektro*, 1(1), 1–8.
- Ardiyanto, A., Arman, & Supriyadi, E. (2021). Alat pengukur suhu berbasis Arduino menggunakan sensor inframerah dan alarm pendeteksi suhu tubuh di atas normal. *Sinusoida*, 23(1), 11–21.
- Atmega, M., Ulina, S., Primasyukra, M. A., & Tarigan, K. (2023). Sosialisasi pengujian alat infant warmer berbasis. *Jurnal [nama jurnal tidak lengkap]*, 2(3), 111–114.
- Muharom, S., Masfufiah, I., Firmansyah, R. A., Hamid, A., & Oetomo, S. (2021). Implementasi kontrol suhu menggunakan metode PID pada aplikasi inkubator infant warmers. *Cyclotron*, 4(1), 55–59.
- Nurchaya, B., Widhiada, I. W., & Subagia, I. G. A. (2016). Sistem kontrol kestabilan suhu pada inkubator bayi berbasis Arduino UNO dengan MATLAB / SIMULINK. *Jurnal METTEK*, 2(1), 35–42.
- Ramdani, D. R., Nugroho, A. K., & Destyningtias, B. (2019). Pengaturan suhu untuk mengatasi bayi terbakar berbasis Arduino dan LabVIEW pada infant incubator. *Elektrika*, 11(1), 21. <https://doi.org/10.26623/elektrika.v11i1.1540>