

Modifikasi Rangkaian Kontrol Baby Incubator Berbasis PID

Iqbal Kurniawan^{1*}, Bayu Wahyudi², Patrisius Kusi Olla³

¹⁻³Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Semarang, Indonesia

*Korespondensi penulis: ingriedjeilo15@gmail.com¹

Abstract. This report presents a comprehensive overview of the crucial role of Proportional-Integral-Derivative (PID) control systems in maintaining an optimal environment for premature neonates in modern infant incubators. The main focus is directed on the effectiveness of the PID system in regulating vital physiological parameters such as temperature, humidity, and stability of the baby's body temperature, which greatly determine the survival and development of the neonate. The PID control system is proven to be able to provide a fast and accurate response to changes in environmental conditions, thus maintaining parameter stability in real-time. The integration of PID technology with modern incubator devices enables precise automatic setup, supports energy efficiency, and improves patient safety and comfort. The report also discusses various PID tuning methods, such as Ziegler-Nichols and adaptive methods, which are used to improve the performance of the system in the face of environmental dynamics and individual characteristics of infants. Implementation challenges identified include system complexity, need for periodic calibration, and limited technical resources in healthcare facilities. However, continuous innovations in control design and algorithms have driven the evolution of incubator devices to be more intelligent and responsive. Thus, the PID control system plays a central role in supporting neonatal life-support technologies, while representing significant advances in biomedical engineering and intensive care of premature infants.

Keywords: Biomedical Engineering; Care Neonatal; Control PID; Moisture Management; Temperature setting

Abstrak. Laporan ini menyajikan tinjauan komprehensif mengenai peran krusial sistem kontrol Proportional-Integral-Derivative (PID) dalam menjaga lingkungan optimal bagi neonatus prematur di dalam inkubator bayi modern. Fokus utama diarahkan pada efektivitas sistem PID dalam mengatur parameter fisiologis vital seperti suhu, kelembaban, dan kestabilan suhu tubuh bayi, yang sangat menentukan keberlangsungan hidup dan perkembangan neonatus. Sistem kontrol PID terbukti mampu memberikan respons cepat dan akurat terhadap perubahan kondisi lingkungan, sehingga menjaga kestabilan parameter secara real-time. Integrasi teknologi PID dengan perangkat inkubator modern memungkinkan pengaturan otomatis yang presisi, mendukung efisiensi energi, serta meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pasien. Laporan ini juga membahas berbagai metode penalaan PID, seperti Ziegler-Nichols dan metode adaptif, yang digunakan untuk menyempurnakan kinerja sistem dalam menghadapi dinamika lingkungan dan karakteristik individu bayi. Tantangan implementasi yang diidentifikasi meliputi kompleksitas sistem, kebutuhan kalibrasi berkala, serta keterbatasan sumber daya teknis di fasilitas kesehatan. Namun, inovasi berkelanjutan dalam desain dan algoritma kontrol telah mendorong evolusi perangkat inkubator menjadi lebih cerdas dan responsif. Dengan demikian, sistem kontrol PID memainkan peran sentral dalam mendukung teknologi penunjang kehidupan neonatal, sekaligus merepresentasikan kemajuan signifikan dalam bidang rekayasa biomedis dan perawatan intensif bayi prematur.

Kata kunci: Kontrol PID; Manajemen Kelembaban; Pengaturan suhu; Perawatan Neonatal; Teknik Biomedis

1. LATAR BELAKANG

Banyak bayi prematur yang meninggal karena kurangnya perawatan sederhana dan peralatan yang memadai seperti Babyincubator yang digunakan untuk bayi dengan kondisi premature yang membutuhkan kehangatan, kelembapan, dan oksigen yang cukup sesuai kebutuhan bayi yang baru lahir dalam kondisi yang terkendali (Jenny, 2018). Bayi Prematur adalah bayi yang lahir kurang dari usia 37 minggu kehamilan yang mana memiliki resiko tinggi mengalami kematian. Hal ini disebabkan ketidak matangan system organ pada bayi (Rizqiani dan Yuliana, 2017)

Salah satu kekurangan inkubator bayi saat ini adalah tidak dapat mempertahankan suhu secara stabil dan presisi (Mittal, Mathew, & Gupta, 2015). Hal ini dikarenakan panas di dalam inkubator akan mengalir ke luar inkubator. Dari sini dapat dilihat bahwa, temperatur di dalam inkubator akan cenderung dipengaruhi oleh temperatur di luar inkubator tersebut. Jadi jika suhu di luar inkubator lebih dingin dari pada suhu di dalam inkubator, maka suhu di dalam inkubator cenderung lebih dingin, dan begitu pula sebaliknya.

Pada bayi prematur, suhu inkubator harus dijaga pada suhu zona termoneutral yaitu antara 36 C sampai 37 C (Nisha & Elahi, 2014). Hal ini dikarenakan bayi prematur mempunyai keterbatasan dalam mengatur suhu tubuhnya. Jika hal ini tidak diikuti maka bayi dapat terkena hypothermia (Harahap et al., 2014) atau hyperthermia (Butarbutar et al., 2018). Jadi agar menghindari resiko tersebut maka diperlukan suatu metode kontrol temperatur pada inkubator bayi yang dapat menghasilkan temperatur yang stabil dan presisi serta mengatasi gangguan (disturbance) yang berasal dari ketidak stabilan temperatur di luar inkubator.

2. KAJIAN TEORITIS

Studi tahun 2023 oleh [Bambang] yang diterbitkan di International Journal of Technology mengembangkan sistem inkubator bayi dengan fokus pada pengurangan overshoot menggunakan kontrol PID, dilengkapi dengan pemantauan detak jantung dan pengendalian jarak jauh melalui IoT. Sistem ini dirancang khusus untuk bayi dengan cacat jantung bawaan, yang sering kali lahir prematur. Pada penelitian ini Menggunakan sensor AHT 10 untuk pengukuran suhu, kontrol PID dalam sistem loop tertutup, dan pemantauan detak jantung melalui sinyal ECG dengan Lead II. Data suhu, ECG, dan detak jantung dikirim melalui Raspberry Pi ke Firebase dan diakses melalui aplikasi Android. Pengujian dilakukan pada suhu 35°C, 36°C, dan 37°C, dengan pengukuran tambahan pada kecepatan transmisi data IoT (5–50 kbps).

Hasil: Kesalahan suhu <5% di semua titik, overshoot $\leq 5\%$ (tertinggi pada 37°C, 38.3°C $\pm 1.3^\circ\text{C}$), dan kesalahan state tetap 2%. Uji T-Test pada sinyal ECG menunjukkan p-value >0.05, menandakan tidak ada perbedaan signifikan. Transmisi data IoT tidak mengalami kehilangan data, dengan kecepatan minimum 5 kbps dan rata-rata penundaan 3.67 detik.

Kesimpulan: Sistem ini memenuhi standar medis dengan pengurangan overshoot yang efektif dan pemantauan jarak jauh yang andal, meskipun potensi untuk pengembangan pemantauan sentral di unit perawatan intensif neonatal (NICU) masih terbuka.

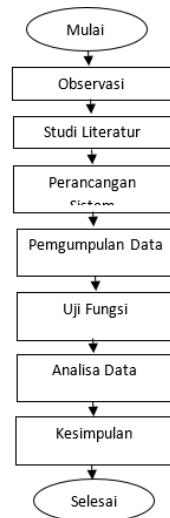
Penelitian lainnya, . Sistem Inkubator Bayi Otomatis dengan Pengendali Fuzzy-PID (Penelitian tahun 2021 oleh [Satrio Budi] yang diterbitkan di ResearchGate mengembangkan sistem inkubator bayi otomatis dengan pengendali fuzzy-PID untuk mencapai kontrol suhu yang cepat dan stabil. Fokus utama adalah mengurangi risiko kematian akibat instabilitas termal pada bayi prematur. Metodologi: Menggunakan sensor DHT22 untuk pengukuran suhu, lampu pijar sebagai pemanas, dan pengendalian melalui Arduino Uno. Pengujian membandingkan performa PID standar dan fuzzy-PID pada titik set 32°C, 33°C, 34°C, dan 35°C, dengan pengujian beban (air) untuk menilai stabilitas. Fuzzy-PID mengadaptasi logika fuzzy untuk menyesuaikan parameter PID, dengan fungsi keanggotaan dan basis aturan yang ditentukan.

Hasil: Pada 35°C, fuzzy-PID menunjukkan overshoot maksimal 0.42%, waktu naik 205 detik, waktu stabil 227 detik, dan kesalahan state tetap 0.085%, lebih cepat dibandingkan PID standar (overshoot 0.31%, waktu naik 217 detik). Overshoot maksimal $\leq 0.5\%$ di semua titik, dianggap aman untuk bayi. Beban tidak memengaruhi performa fuzzy-PID.

Kesimpulan: Fuzzy-PID menawarkan respons cepat dan stabilitas yang baik, cocok untuk menjaga suhu bayi prematur dengan aman.

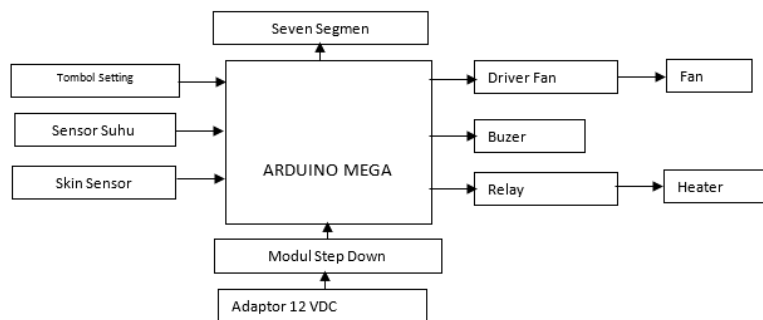
3. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang dilakukan oleh penulis yaitu penelitian jenis terapan. Metode terapan adalah penyelidikan yang dilakukan dengan cara menggunakan pengetahuan ilmiah, tujuannya untuk menyelesaikan suatu masalah yang terjadi di lapangan secara langsung serta mencari solusi yang tepat untuk mengatasi masalahnya, sehingga bisa teratasi dengan tepat dan cepat. Waktu penulis melakukan penelitian pada Maret sampai Juli 2025. Penelitian mengenai pengujian alat Baby incubator berbasis PID bertempat di Kampus Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Semarang. Pada penelitian ini penulis merancang alat Baby incubator yang menggunakan sistem kontrol PID ini menggunakan sistem kontrol ini sebagai pemgontrol nilai error pada alat sehingga suhu pada incubator dapat dikontrol dengan lebih akurat dan presisi



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.

Block Diagram



Gambar 2. Blok Diagram Alat.

Keterangan:

Pada awalnya, tegangan 12vdc pada adaptor untuk mensuplay tegangan ke seluruh rangkaian alat, dan 220vac dari jala jala pln untuk suplay heater kemudian alat harus di setting ke suhu ideal incubator yaitu 37 derajat yang akan mengaktifkan sensor SHT dan NTC, ketika suhu dalam incubator terbaca akan tampil pada seven segmen, heater dan kipas yang sudah aktif akan mengontrol suhu dalam incubator apa bila suhu melebihi set point yang sudah ditentukan relay akan aktif dan menonaktifkan heater untuk sementara dan kipas akan berputar lebih kencang untuk menurunkan suhu pada incubator

Pengujian Alat

Pada tahap ini penulis melakukan uji fungsi dan pengambilan data setelah alat kalibrator selesai di rancang. Pentingnya dilakuan Uji fungsi untuk mengetahui bahwa alat dapat berfungsi dengan baik dan dapat di gunakan untuk kalibrasi. Uji fungsi alat Baby incubator dilakukan dengan menggunakan dengan cara menguji suhu dalam incubator dengan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Titik Pengukuran

Tabel 1. Hasil Pengujian Rangkaian.

TP	Hasil Ukur	Teori	Analisa
TP1 Pengukuran Catu Daya	11 VDC	12 VDC	Eror=8%
TP2 Pengukuran Input Arduino	8,5 VDC	5-12 VDC	Masuk dalam rentang
TP3 Pengukuran Input Sensor Suhu SHT	4,8 VDC	5VDC	Eror= 4%
TP4 Pengukuran Input Skin Sensor NTC	4,87VDC	5VDC	Eror=2,6%
TP5 Pengukuran Input Kipas/Fan	11VDC	12VDC	Normal
TP6 Pengukuran Tegangan Input Heater	210 VAC	220VAC	Eror=4,5%

Tabel 1 diatas adalah hasil pengukuran rangkaian control modifikasi baby incubator, dimana dapat dilihat bahwa rangkain dapat berjalan normal sebagaimana mestinya karena nilai rentang eror masih masih berada dalam rentang toleransi.

Pengujian Fungsi Suhu Baby Incubator

Setelah melakukan perancangan dan modifikasi pada alat baby incubator, maka selanjutnya melakukan uji fungsi pada alat, untuk hasil dan pembahasan pada alat ini dilakuakn untuk membuktikan kebenaran hasil dari modifikasi alat dan fungsi alat tersebut

Uji fungsi dilakukan menggunakan alat hygrometer untuk hasil pembandingan hasil keluaran alat yang sudah dimodifikasi dengan standar yang layak untuk dipakai.

Tabel 2. Hasil Uji Fungsi Suhu Baby Incubator.

No	Set suhu(°C)	Skin sensor	Alat pengukur	Selisih(°C)	Toleransi	Nilai error
1	37 (°C)	36,5(°C)	36,5(°C)	0(°C)	1	0
2	37 (°C)	36,8(°C)	36,5(°C)	0,3(°C)	1	1%
3	37 (°C)	36,7(°C)	36,0(°C)	0,7(°C)	1	2%
4	37 (°C)	36,5(°C)	36,5(°C)	0(°C)	1	0
5	37 (°C)	36,4(°C)	36,0(°C)	0,4(°C)	1	1%
6	37 (°C)	36,7(°C)	36,5(°C)	0,2(°C)	1	1%
7	37 (°C)	36,5(°C)	36,0(°C)	0,5(°C)	1	1%
8	37 (°C)	36,8(°C)	36,0(°C)	0,8(°C)	1	2%
9	37 (°C)	36,5(°C)	36,0(°C)	0,5(°C)	1	1%
10	37 (°C)	36,8(°C)	36,0(°C)	0,8(°C)	1	2%

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah melakukan beberapa proses pengujian, perancangan pada alat dan pengambilan data, penulis mengambil kesimpulan yaitu, dari perbandingan antara suhu sensor dengan alat hygrometer sebagai alat pendukung pembandingan menghasilkan nilai selisih yang relatif rendah

dengan nilai terbesar 0,8 dan terkecil 0,2, sehingga dapat disimpulkan hasil pembacaan yang dilakukan oleh skin sensor tingkat akurasi tidak melebihi batas toleransi yang ditentukan dengan presentasi selisih nilai error paling kecil 0% dan paling tinggi 2%. Dari hasil yang diperoleh alat menunjukkan indikasi fungsi secara normal sehingga modifikasi alat baby incubator berbasis PID yang dilakukan oleh penulis dapat bekerja dengan baik, dapat mengendalikan dan mengontrol suhu secara stabil

DAFTAR REFERENSI

- Ali, M., & Rahman, T. (2020). Pengukuran suhu berbasis Arduino Uno menggunakan sensor DS18B20 dan tampilan LCD. *Jurnal Teknologi Elektro dan Komputer*, 9(2), 45–52.
- Anugrah, E. (2016, Agustus 3). *Menampilkan text di LCD 20x4 dengan Arduino*. CodePolitan. <https://codepolitan.com/blog/menampilkan-text-di-lcd-dengan-arduino#:~:text=LCD%2016%C3%972%20adalah,hubungan%20dengan%20mikrokontroler%20apa%20saja>
- Ardutech, B. (2019, Oktober 22). *Arduino sensor suhu DHT22*. Ardutech. <https://www.ardutech.com/arduino-sensor-suhu-ds18b20/>
- Faudin, A. (2017, Juli 23). *Mengenal, apa itu Arduino Uno*. Nyebarilmu. <https://www.nyebarilmu.com/mengenal-apa-itu-arduino-uno/>
- Fitriani, D., & Prasetyo, A. (2021). Sistem monitoring suhu dan kelembaban ruangan berbasis IoT dengan platform Blynk. *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 7(3), 233–240. <https://doi.org/10.33365/jatisi.v7i3.1234>
- Gunawan, H., & Santoso, E. (2020). Implementasi sensor suhu DS18B20 untuk sistem kalibrasi otomatis. *Jurnal Ilmiah Informatika dan Komputer*, 25(1), 11–18.
- Hariyanto, B., & Nugraha, R. (2018). Sistem kendali suhu otomatis menggunakan Arduino Uno dan sensor DHT22. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa*, 5(2), 67–74.
- Irawan, M., & Puspita, N. (2022). Rancang bangun alat ukur suhu digital berbasis Arduino Uno dengan kalibrasi otomatis. *Jurnal Instrumentasi dan Kontrol*, 4(1), 56–63.
- Kurniawan, A., & Setiawan, F. (2019). Analisis akurasi sensor suhu LM35 dan DHT22 pada sistem monitoring suhu ruangan. *Jurnal Teknologi Elektro dan Komputer Indonesia*, 8(1), 25–31.
- Mardiana, R., & Rachmawati, I. (2019). Pengembangan alat kalibrasi berbasis mikrokontroler Arduino. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Asia*, 13(1), 20–27.
- Nisak, K., Rofiqoh, A., & Yasin, M. (2021). Rancang bangun alat kalibrasi suhu berbasis Arduino dengan metode bandgap dan kalibrasi dioda Zener. *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi*, 21(1), 29–35.
- Nurhadi, S., & Saputra, Y. (2021). Sistem kalibrasi suhu digital berbasis mikrokontroler ESP32 dengan antarmuka web. *Jurnal Rekayasa Elektronika dan Informatika*, 6(2), 72–80.
- Suharsono, B., Ramadhani, A. F., & Nugroho, H. A. (2018). Rancang bangun alat kalibrasi NIBP dan suhu berbasis mikrokontroler STM32F103C8T6. *Jurnal Elektronik dan Instrumentasi*, 3(1), 19–26.

- Widodo, Y., Fakhri, R., & Istiadi, I. (2019). Sistem kalibrasi suhu tubuh berbasis Arduino Uno. *Jurnal Ilmu Komputer dan Informasi*, 12(2), 61–66.
- Yulianto, D., & Handoko, T. (2020). Desain sistem pengukuran suhu otomatis menggunakan Arduino dan sensor termokopel tipe K. *Jurnal Sains dan Teknologi Terapan Indonesia*, 12(4), 201–208.