

Perancangan Sistem Pengaturan Suhu dan Kelembaban pada Inkubator Bayi

Design of Temperature and Humidity Control System in Baby Incubator

M. Taufiq Tamam^{1*}, Latiful Hayat², Anis Kusumawati³, Chaerul Fauzi⁴,
Diaztito Syahrul Ramadhan⁵

^{1,2,4,5}Program Studi S1 Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Purwokerto

³Fakultas Kedokteran, Universitas Muhammadiyah Purwokerto

^{1,2,3,4,5}Jl. KH. Ahmad Dahlan Dukuhwaluh Kembaran Banyumas, 53182, Indonesia

email: ^{*}1tamam@ump.ac.id, ²latifulhayat@ump.ac.id, ³aniskusumawati@ump.ac.id, ⁴chairulfauzi27@gmail.com,

⁵diaztitosyahrul45@gmail.com

Informasi Artikel

Diajukan, 27 April 2025

Diterima, 25 Mei 2025

Diterbitkan, 10 Juni 2025

Kata Kunci :

Bayi premature, Inkubator bayi,
Mikrokontroler, Suhu,
Kelembaban

Keyword :

Premature babies, Baby
incubator, Microcontroller,
Temperature, Humidity

ABSTRAK

Bayi yang baru lahir khususnya yang lahir dalam kondisi prematur, perlu mendapat perhatian khusus. Kondisi lingkungan yang harus diperhatikan adalah faktor suhu dan kelembaban. Agar faktor-faktor tersebut sesuai dengan kebutuhan bayi, maka bayi harus diletakkan pada ruang inkubator yang dapat diatur besaran suhu dan kelembabannya. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat sistem pengaturan suhu dan kelembaban pada inkubator bayi. Suhu dan kelembaban di dalam ruang inkubator diatur pada nilai yang tetap sesuai dengan besaran yang dibutuhkan untuk perkembangan bayi. Perubahan suhu dan kelembaban di dalam ruang inkubator dideteksi oleh sensor. Perubahan suhu dan kelembaban yang terjadi diumpan balikkan dan dibandingkan dengan suhu dan kelembaban acuan yang selanjutnya akan mengaktifkan rangkaian mikrokontroler untuk mengembalikan kepada besaran yang sudah ditetapkan. Dengan demikian suhu dan kelembaban di dalam ruang inkubator akan dijaga pada besaran yang konstan. Hasil uji coba menunjukkan alat ini memiliki tingkat kesalahan untuk pengaturan suhu sebesar 0,2946%, dan pengaturan kelembaban sebesar 0,1095%.

ABSTRACT

Newborn babies, especially those born prematurely, need special attention. Environmental conditions that must be considered are temperature and humidity factors. In order for these factors to suit the baby's needs, the baby must be placed in an incubator room where the temperature and humidity can be regulated. This research aims to design and create a system for regulating temperature and humidity in baby incubators. The temperature and humidity in the incubator room are set at constant values according to the amounts needed for the baby's development. Changes in temperature and humidity in the incubator room are detected by sensors. The changes in temperature and humidity that occur are fed back and compared with the reference temperature and humidity which will then activate the microcontroller circuit to return to the predetermined quantities. In this way, the temperature and humidity in the incubator room will be maintained at a constant level. Test results show that this tool has an error rate for setting temperature of 0.2946%, and setting humidity of 0.1095%

1. PENDAHULUAN

Ketika masih dalam kandungan, bayi hidup dalam perut ibunya dengan temperatur yang sama dengan temperatur tubuh ibunya (36°C-37°C). Ketika baru dilahirkan, bayi (terutama bayi prematur) belum dapat menyesuaikan diri terhadap temperatur di luar lingkungan. Saat-saat paling rawan bagi bayi adalah sesaat setelah bayi baru lahir. Salah satu prosedur standart *pasca neonatal* adalah semua bayi baru lahir harus dimasukkan ke dalam inkubator, jangka waktu yang dibutuhkan tergantung dari tingkat kesehatan, daya tahan dan sistem organ bayi itu sendiri.

Inkubator bayi merupakan salah satu dari sekian banyak alat kedokteran yang sangat dibutuhkan ketersediaannya di rumah sakit atau puskesmas. Inkubator bayi berfungsi untuk menjaga suhu tubuh bayi dalam batas normal terutama untuk bayi yang lahir prematur. Bayi prematur adalah bayi yang lahir kurang dari 37 minggu dan memiliki berat badan kurang dari 2500 gram. Oleh karena itu, bayi prematur memerlukan penanganan khusus. Inkubator sangat dibutuhkan untuk memberi kehangatan bagi bayi prematur. Bayi prematur beresiko mengalami hipotermia (suhu tubuh yang rendah) karena pada bayi prematur keadaan jaringan lemak di bawah kulit kurang atau masih tipis. Inkubator juga bermanfaat untuk meminimalkan resiko kontak bayi prematur dengan orang dan lingkungan yang berpotensi menularkan penyakit karena pada bayi prematur fungsi organnya masih belum sempurna [1].

Suhu inkubator bayi dijaga dalam batas normal sekitar 33°C sampai 35°C. Selain itu, kelembaban relatif sebesar 40% sampai 60% perlu dipertahankan juga untuk membantu stabilitas suhu tubuh bayi [2]. Inkubator bayi dengan ukuran 60cm x 40cm x 30cm yang terbuat dari bahan acrylic dengan memanfaatkan sensor suhu dan kelembaban DHT11 dan mikrokontroler DT-AVR *Low Cost Micro System*. Pemanas digunakan untuk menjaga suhu inkubator sedangkan kipas digunakan untuk menjaga kelembaban dan suhu inkubator [3].

Inkubator bayi tanpa listrik dengan memanfaatkan pipa tembaga lekuk datar yang diisi air panas sebagai pemasok energi panas. Capaian suhu rata-rata di dalam ruang inkubator sebesar 34,2°C. IC LM35 digunakan sebagai sensor suhu [4]. *Baby incubator* dengan sistem monitoring sentral menggunakan *wireless serial* dengan hasil pengamatan disimpan dalam *database*. Besaran yang diamati adalah suhu dan kelembaban. Pengiriman data dalam kondisi *line of sight* mencapai jarak 0-220m sedangkan dalam kondisi *non line of sight* mencapai jarak 0-180m [5].

Pengaturan suhu ruang inkubator bayi dengan menggunakan SCR dan mikrokontroler AT89S51. SCR berfungsi sebagai saklar yang digunakan untuk mengatur pemanas dari lampu pijar [6]. Penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) pada inkubator bayi memungkinkan untuk memonitor dari jarak jauh. Klinik-klinik persalinan yang berada di daerah pinggiran dapat memanfaatkan teknologi ini [7]. Penggunaan notifikasi Whatsapp untuk monitoring suhu dan kelembaban pada inkubator bayi. Sensor DHT11 digunakan untuk mendeteksi suhu dan kelembaban. Jika kondisi suhu dan kelembaban diluar batas yang diijinkan akan muncul peringatan dan notifikasi pada Whatsapp [8].

Sistem monitoring inkubator bayi dengan memanfaatkan media *bluetooth* untuk sistem komunikasi. Parameter yang dimonitor adalah berat bayi, suhu tubuh bayi, dan detak jantung bayi. Hasil parameter terukur ditampilkan pada LCD [9]. Kontrol kestabilan suhu pada inkubator bayi menggunakan Matlab/Simulink dan mikrokontroler Arduino Uno. Nilai suhu dapat dipertahankan tetap pada 36°C sesuai dengan batas nilai yang dibutuhkan dalam inkubator bayi [10]. Monitoring dan pengaturan suhu pada inkubator bayi berbasis web dengan menggunakan *Thinspeak* sehingga proses monitoring bisa dilakukan secara *real time*. Hal ini memudahkan dokter/perawat dalam proses monitoring [11].

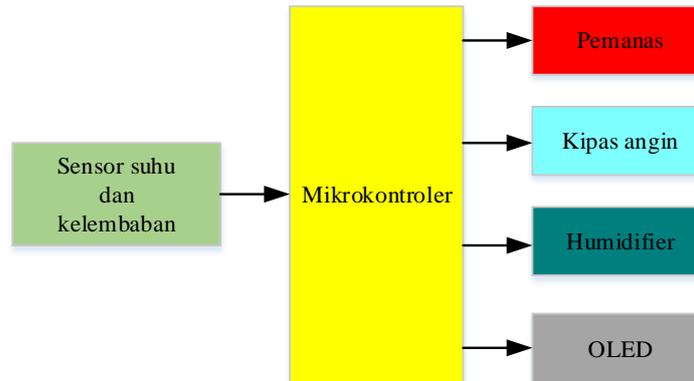
Inkubator bayi multifungsi berbasis ESP32 yaitu inkubator bayi yang dilengkapi dengan fototerapi dan ayunan mekanis. Inkubator bayi multifungsi ini memiliki kemampuan untuk menghangatkan tubuh bayi, terapi sinar bayi kuning, dan dapat menenangkan bayi ketika menangis [12]. Sistem dari inkubator bayi ini akan secara otomatis menyalakan atau mematikan kipas, *heater* atau *humidifier* sesuai dengan batas suhu dan kelembaban yang telah diatur. Pengaturan batas suhu inkubator bayi dapat diatur pada sebuah *Graphical User Interface* (GUI). Pada GUI, pengguna dapat mengisi dan menampilkan biodata bayi, aktivitas bayi, tingkat bilirubin bayi dan batas suhu inkubator yang diinginkan [13].

Purwarupa alat ukur parameter fisis inkubator bayi untuk mendukung program kemandirian produk dalam negeri. Parameter yang diukur terdiri dari pengukuran temperatur udara ruang inkubator, temperatur matras, kelembaban, kecepatan aliran udara dan tingkat kebisingan. Parameter-parameter hasil pengukuran ditampilkan pada LCD [14]. Penelitian ini membandingkan antara 2 kontroler yaitu kontroler *On-Off* dan PID *Simulated Annealing* yang merupakan kontrol PID yang parameternya disetel menggunakan metode *simulated annealing*. Kedua metode tersebut diaplikasikan pada inkubator dengan disertai 3 gangguan berupa variasi suhu udara luar yang mempengaruhi suhu di dalam inkubator [15]. Perancangan alat ukur suhu dan kelembaban menggunakan sensor DHT22 pada sistem pengkondisi udara di kereta rel diesel listrik [16].

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu tentang sistem pengaturan inkubator bayi, maka yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengembangan dan penerapan smart *baby incubator*. Parameter-parameter yang diperlukan antara lain suhu dan kelembaban ruang inkubator bayi. Suhu dan kelembaban ruang inkubator bayi akan dijaga tetap pada besaran yang diinginkan. Selain itu besaran suhu dan kelembaban yang terukur juga ditampilkan pada OLED (Organic LED) sehingga dapat dibaca oleh petugas jaga.

2. METODE PENELITIAN

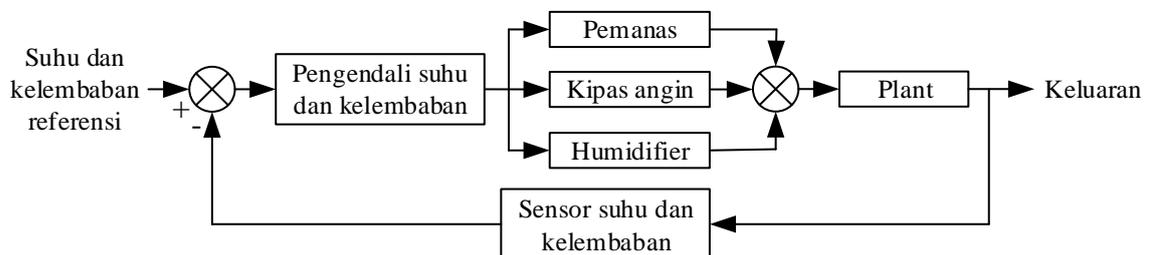
Secara garis besar diagram blok sistem ditunjukkan pada Gambar 1 yang memberikan penjelasan secara visual tentang bagaimana konsep penelitian, aliran informasi dan infrastruktur apa saja yang terlibat atau yang dibutuhkan.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

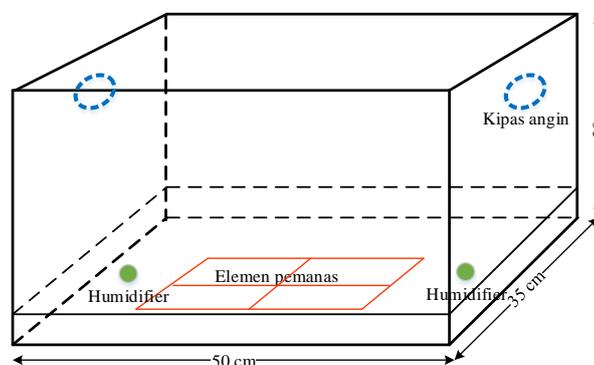
Sensor suhu dan kelembaban digunakan untuk mendeteksi perubahan suhu dan kelembaban di dalam ruang inkubator. Suhu diatur pada besaran 35°C sedangkan kelembaban pada besaran 55%. Suhu dan kelembaban di dalam ruang inkubator akan dibandingkan dengan suhu referensi. Jika terjadi selisih antara suhu dan kelembaban di dalam ruang inkubator dengan suhu dan kelembaban referensi, maka kontroler akan memerintahkan aktuator untuk mengembalikan besaran suhu dan kelembaban tersebut ke nilai referensi. Hasil pembacaan suhu dan kelembaban di dalam ruang inkubator ditampilkan pada OLED.

Proses atau hubungan fungsi dari masing-masing elemen pengaturan suhu dan kelembaban ditunjukkan pada Gambar 2. Hasil pembacaan sensor suhu dan kelembaban diumpunbalikkan dan dibandingkan dengan suhu dan kelembaban referensi.



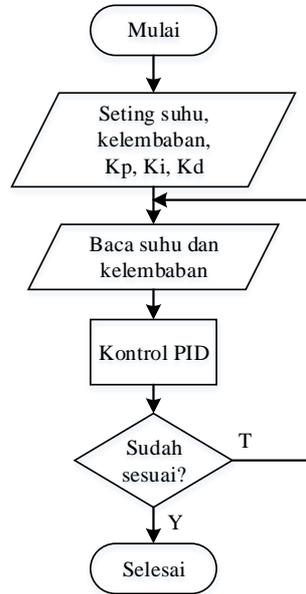
Gambar 2. Fungsi Alih Pengaturan Suhu dan Kelembaban

Gambar 3 menunjukkan desain kotak inkubator dengan ukuran 50cm x 35cm x 30cm. Elemen pemanas dan humidifier diletakkan di bagian bawah kotak inkubator, sedangkan di sisi kanan dan kiri dipasang kipas angin untuk membuang udara panas di dalam ruang inkubator.

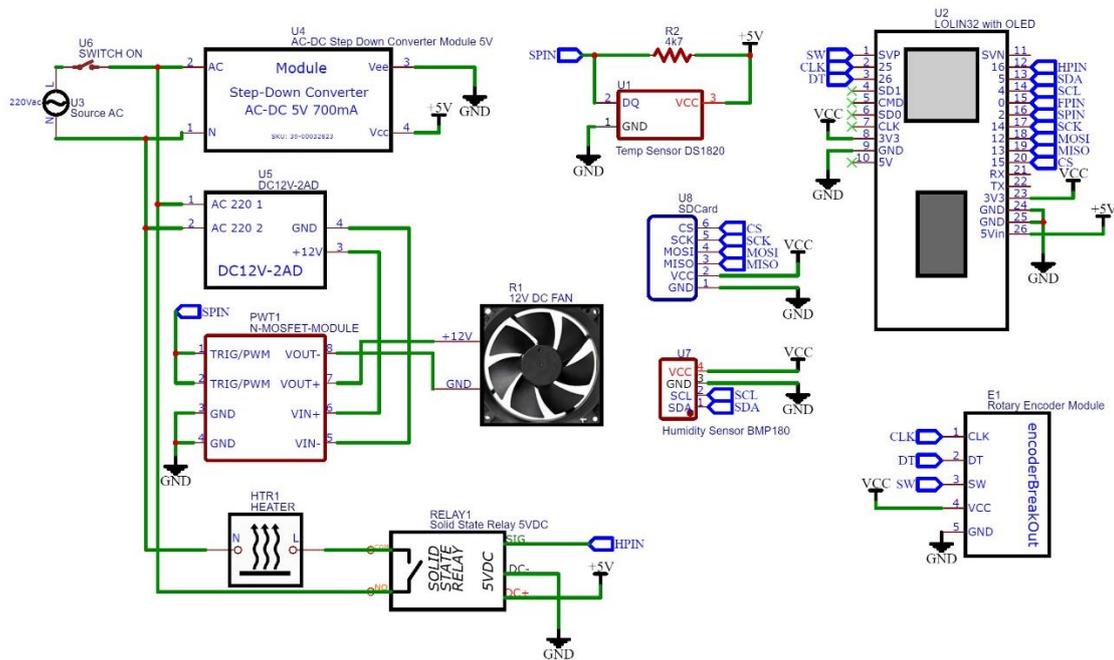


Gambar 3. Desain Kotak Inkubator

Gambar 4 menunjukkan diagram alir proses pengaturan suhu dan kelembaban pada ruang inkubator bayi. Suhu diatur pada besaran 35°C. sedangkan kelembaban pada besaran 55%. Proses pengujian dilakukan pada ruangan dengan suhu kamar (25°C). Perhitungan parameter-parameter PID dilakukan dengan menggunakan metode Ziegler-Nichols, yaitu dengan cara mengukur berapa lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu yang diinginkan [17]. Skema rangkaian secara lengkap ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 4. Diagram alir sistem kendali suhu dan kelembaban



Gambar 5. Skema Rangkaian Lengkap

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian OLED

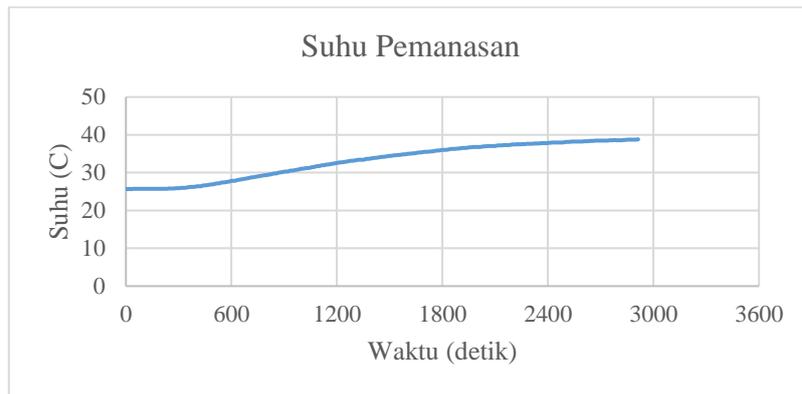
Pengujian OLED bertujuan untuk mengetahui pembacaan pengukuran suhu dan kelembaban sudah bisa ditampilkan pada OLED. Gambar 6 menunjukkan contoh tampilan hasil pengukuran suhu dan kelembaban pada OLED. Informasi yang ditampilkan pada OLED adalah suhu (°C) dan kelembaban (%) di dalam ruang inkubator.



Gambar 6. Contoh Tampilan pada OLED

3.2. Pengujian Sensor Suhu

Pengujian sensor suhu bertujuan untuk mengetahui kinerja sensor suhu yang digunakan. Dalam pengujian ini digunakan empat buah pemanas (*heater*) dengan daya masing 15 Watt. Pengujian dilakukan selama 2,5 jam dengan referensi suhu 35°C. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu 35°C dari suhu ruangan 25°C adalah 1699 detik (sekitar 28 menit). Grafik waktu pemanasan ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Waktu Pemanasan

Perhitungan parameter-parameter PID menggunakan metode Ziegler-Nichols mulai pada suhu 25° dan mencapai suhu 35°C membutuhkan waktu 28 menit.

$$K = \frac{\Delta T}{\Delta P} \quad (1)$$

ΔT adalah perubahan suhu (35°C - 25°C = 10°C)

ΔP adalah perubahan masukan (nilai PWM dari 0-255).

$$K = \frac{10}{255} = 0,039 \quad (2)$$

$$Kp = \frac{1,2 \times T}{K \times L} \quad (2)$$

$$Ti = 2L \quad (3)$$

$$Td = 0,5L \quad (4)$$

$$Ki = \frac{Kp}{Ti} \quad (5)$$

$$Kd = Kp.Td \quad (6)$$

K_p : Penguatan Proposional

L : *Dead time* = 300 detik

T : Waktu Konstan = 900 detik

T_i : Waktu Integral

T_d : Waktu Derivatif

$$K_p = \frac{1,2 \times T}{K \times L} = \frac{1,2 \times 900}{0,039 \times 300} = \frac{1080}{11,7} = 92,307$$

$$T_i = 2L = 2 \times 300 = 600$$

$$T_d = 0,5L = 0,5 \times 300 = 150$$

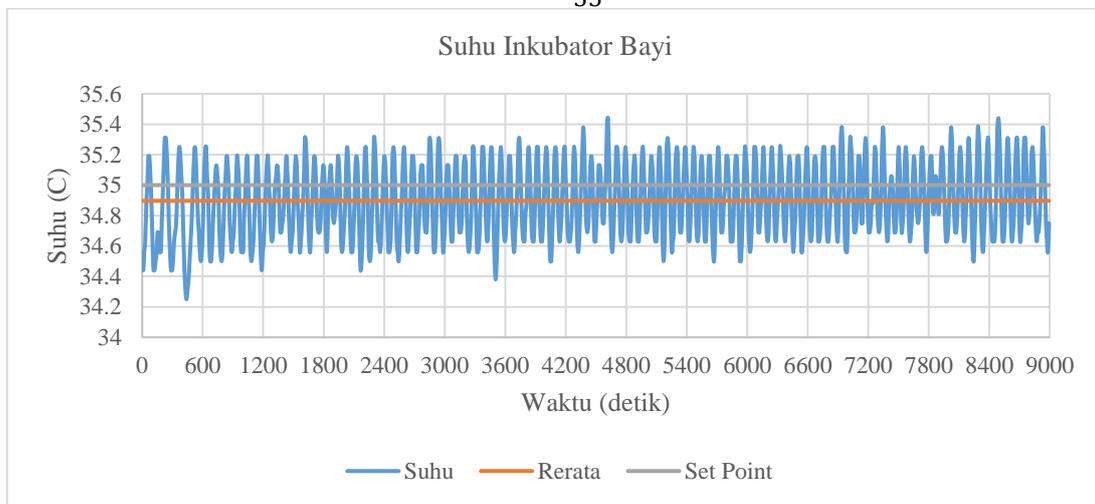
$$K_i = \frac{K_p}{T_i} = \frac{92,307}{600} = 0,154$$

$$K_d = K_p \cdot T_d = 92,307 \times 150 = 13.846,05$$

Sehingga diperoleh parameter-parameter $K_p = 92,307$; $K_i = 0,154$; $K_d = 13.846,05$.

Gambar 8 menunjukkan grafik hasil pengujian sensor suhu dengan rata-rata suhu yang terukur adalah $34,8969^\circ\text{C}$. Suhu tertinggi terukur $35,44^\circ\text{C}$ dan suhu terendah terukur $34,25^\circ\text{C}$. Perubahan suhu terjadi karena pengaruh suhu ruangan di sekitar inkubator. Berdasarkan nilai referensi suhu dan suhu rata-rata yang terukur dapat dihitung selisih atau penyimpangan suhu yang terjadi.

$$\text{Prosentase kesalahan} = \frac{|34,8969 - 35|}{35} \times 100\% = 0,2946\%$$

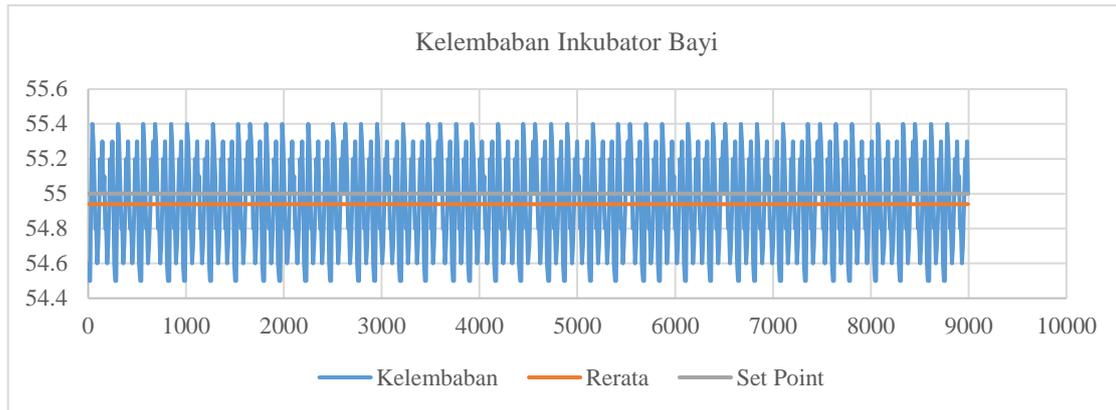


Gambar 8. Grafik Hasil Pengujian Sensor Suhu

3.3. Pengujian Sensor Kelembaban

Pengujian sensor kelembaban bertujuan untuk mengetahui kinerja sensor kelembaban yang digunakan. Pengujian dilakukan selama 2,5 jam dengan referensi kelembaban relatif 55%. Dari grafik pada Gambar 9 dapat diketahui rata-rata kelembaban yang terukur adalah 54,9398%. Kelembaban tertinggi terukur 55,4% dan kelembaban terendah terukur 54,5%. Perubahan kelembaban terjadi karena pengaruh kelembaban ruangan di sekitar inkubator. Berdasarkan nilai referensi kelembaban dan kelembaban rata-rata yang terukur dapat dihitung selisih atau penyimpangan kelembaban yang terjadi.

$$\text{Prosentase kesalahan} = \frac{|54,9398 - 55|}{55} \times 100\% = 0,1095\%$$



Gambar 9. Grafik Hasil Pengujian Sensor Kelembaban

4. KESIMPULAN

Sistem yang dibuat pada penelitian ini sudah dapat bekerja sesuai dengan perencanaan, yaitu dapat mengendalikan suhu dan kelembaban di dalam ruang inkubator bayi. Perhitungan parameter-parameter PID dengan metode Ziegler-Nichols diperoleh $K_p = 92,307$; $K_i = 0,154$; $K_d = 13.846,05$. Hasil pengaturan suhu dan kelembaban di dalam ruang inkubator memiliki nilai kesalahan yang relatif kecil dari suhu dan kelembaban yang diinginkan. Pengaturan suhu memiliki kesalahan 0,2946% sedangkan pengaturan kelembaban memiliki kesalahan 0,1095%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Universitas Muhammadiyah Purwokerto yang telah menjadi penyandang dana untuk kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Budiono, (2012), *Disain Dan Pembuatan Inkubator Berdasarkan Distribusi Temperatur*, JURNAL GAMMA, Volume 8, Nomor 1, ISSN: 2086-3071, pp. 140 – 147.
- [2] Surasmi, A., Handayani, S., dan Kusuma, H.N., (2003), *Perawatan Bayi Risiko Tinggi*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- [3] Lapono, L. A. S., (2016), *Sistem Pengontrolan Suhu Dan Kelembaban Pada Inkubator Bayi*, Jurnal Fisika, Vol. 1, No.1, pp. 12-17.
- [4] Wihantoro, Aziz, A. N., Effendi, M., dan Raharjo, S. A., (2013), *Kinerja Inkubator Bayi dengan Pemanas Tanpa Listrik yang Dilengkapi Unit Pemantau Suhu dan Kelembaban Udara*, Indonesian Journal of Applied Physics, Vol. 3, No. 1, ISSN: 2089 – 0133, pp. 1-9.
- [5] Utomo, A. S., Satrya, A. B., dan Tapparar, Y., (2018), *Monitoring Baby Incubator Sental Dengan Komunikasi Wireless*, Jurnal SIMETRIS, Vol. 9, No. 1, ISSN: 2252-4983, pp. 225-230.
- [6] Sugito, H., dan Suryono, (2009), *Rancang Bangun Sistem Pengaturan Suhu Ruang Inkubator Bayi Berbasis Microcontroller AT89S51*, Berkala Fisika, Vol. 12, No. 2, ISSN: 1410 – 9662, pp. 55-62.
- [7] Zulfadli, (2021), *Inkubator Bayi Berbasis IOT untuk Klinik*, Jurnal Sistem Informasi, ISSN P: 2598-599X; E: 2599-0330, pp. 45-51.
- [8] Rahsidin, D., Ritzkal, dan Hendrawan, A. H., (2019), *Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Inkubator Bayi dengan Teknologi Whatsapp*, Seminar Nasional Sains dan Teknologi, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta, p - ISSN: 2407 – 1846, e - ISSN: 2460 – 8416, pp.1-9.
- [9] Hidayati, Q., Yanti, N., dan Jamal, N., (2019), *Sistem Monitoring Inkubator Bayi*, JURNAL TEKNIK ELEKTRO DAN KOMPUTER TRIAC, Vol. 6, No. 2, ISSN 2615-5788, Print (2615-7764), pp. 51-55.
- [10] Nurcahya, B., Widhiada, I. W., dan Widhiada, I. D. G. A., (2016), *Sistem Kontrol Kestabilan Suhu Pada Inkubator Bayi Berbasis Arduino Uno Dengan Matlab/Simulink*, Jurnal METTEK Vol. 2, No. 1, ISSN 2502-3829, pp. 35 – 42.
- [11] Amelia, M., (2020), *Sistem Monitoring dan Pengontrolan Suhu pada Inkubator Bayi Berbasis Web*, JTEV (JURNAL TEKNIK ELEKTRO DAN VOKASIONAL), Volume 06, Number 02, ISSN: 2302-3309, pp. 104-112.
- [12] Fadilla, R. R., Idhil, A.N. I. I., Anggraini, M. A. P., Dewi, A.K., Sanjaya, M.R., Nurrohman, M. Y., dan Rahmadwati, (2020), *Sistem Monitoring Inkubator Bayi Multifungsi dengan Fototerapi dan Ayunan Mekanis Berbasis ESP32*, Jurnal EECCIS Vol. 14, No. 3, p-ISSN: 1978-3345, e-ISSN(Online): 2460-8122, pp. 115-119.
- [13] Setyaningsih, E., Tommy, dan Tanudjaja, H., (2019), *Sistem Pemantauan Inkubator Bayi Menggunakan Jaringan Wifi dan Berbasis Database*, T E S L A, VOL. 21, NO. 2, pp. 145-155.

- [14] Handayani, I. N., Ma'murotun, dan Wisana, I. D. G. H., (2023), *Alat Ukur Parameter Fisik Inkubator Bayi: Suhu, Kelembaban, Aliran Udara dan Tingkat Kebisingan*, Jurnal Sains dan Teknologi, Volume 12, Number 1, P-ISSN: 2303-3142 E-ISSN: 2548-8570, pp. 148-155.
- [15] Utama, Y.A. K., dan Hidayat, D. T., (2020), *Desain Metode PID-Simulated Annealing Sebagai Kontrol Temperatur Pada Inkubator Bayi*, Jurnal JE-Unisla, Vol. 5, No. 1, P-ISSN: 25020986, E-ISSN: 26860635, pp. 342-348.
- [16] Putri, S. A., Salim, A. T. A., Bisono, R. M., Indarto, B., dan Nurdiansyah, R. T., (2022), *Rancang Bangun Alat Ukur Temperatur dan Kelembapan Sistem Pengkondisi Udara pada Kereta Rel Diesel Elektrik*, TELKA, Vol. 8, No. 2, ISSN (e): 2540-9123, ISSN (p): 2502-1982, pp. 126-137.
- [17] Supriyanto, H., Suryatini, F., Martawireja, A. R. H., dan Rudiansyah, H., (2022), *Impelentasi Kontroler PID Dengan Metode Tuning Ziegler-Nichols Dan Cohen-Coon Pada Sistem SCADA Kendali Level Air*, JTT (Jurnal Teknologi Terapan), Vol. 8, No. 2, p-ISSN 2477-3506, e-ISSN 2549-1938, pp. 149-157.