

# RANCANG BANGUN ALAT KALIBRATOR *BLACKBODY* BERBASIS ARDUINO NANO MENGGUNAKAN KONTROL PID

Setyo Adi Nugroho<sup>1\*</sup>, Mahardira Dewantara<sup>2</sup>, Fitri Anindyahadi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknologi Rekayasa Elektromedis, Universitas Muhammadiyah PKU Surakarta

## Keywords:

Termometer; Kalibrasi;  
*Blackbody*; PID.

## Correspondent Email:

setyoadinugroho@itspku.ac.id

## Abstrak:

Termometer yang digunakan secara terus menerus, terjatuh, atau terbentur dapat mengalami kerusakan hingga dapat menimbulkan dampak yang serius seperti penurunan kualitas hasil pengukurannya. Oleh karena itu, termometer membutuhkan kegiatan kalibrasi secara berkala untuk memastikan tingkat ketelitian dan ketepatan yang dimilikinya bernilai tinggi dengan menggunakan alat kalibrator *blackbody*. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat rancang bangun alat kalibrator *blackbody* berbasis arduino nano menggunakan kontrol PID dan melakukan penelitian tingkat keakurasian hasil pengukuran alat kalibrator *blackbody* berbasis arduino nano menggunakan kontrol PID. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *Research and Development* (RnD). Metode RnD adalah salah satu metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan sebuah produk tertentu melalui beberapa tahapan penelitian dan pengujian efektivitas produk tersebut. Dari hasil pengujian pengukuran, nilai akurasi pada pengujian parameter *setting* suhu 35°C adalah 99,41%. Nilai akurasi pada pengujian parameter *setting* suhu 37°C adalah 99,97%. Nilai akurasi pada pengujian parameter *setting* suhu 41°C adalah 99,85%.



Copyright © [JITET](http://www.jitet.org) (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

**Abstract.** *A thermometer that is used continuously, dropped, or hit may experience damage, which can lead to serious consequences such as a decline in the quality of its measurements. Therefore, thermometers require regular calibration to ensure that their accuracy and precision remain high, using a blackbody calibrator. The purpose of this study is to design and develop a blackbody calibrator device based on arduino nano using PID control and to research the accuracy level of the blackbody calibrator device based on arduino nano using PID control. The method used in this study is Research and Development (RnD). The RnD method is one of the research methods used to produce a specific product through several stages of research and testing of the product's effectiveness. From the measurement test results, the accuracy value in the temperature setting parameter test of 35°C is 99.41%. The accuracy value in the temperature setting parameter test of 37°C is 99.97%. The accuracy value in the temperature setting parameter test of 41°C is 99.85%.*

## 1. PENDAHULUAN

Pada tahun 2022, angka kejadian kejang demam pada anak di Indonesia memiliki persentase yang hampir setara dengan negara lain di dunia yaitu sekitar 2-5% [1]. Ada banyak

penyebab terjadinya kejang demam seperti faktor genetik, riwayat keluarga, perkembangan otak yang belum sempurna, dan infeksi virus. Peningkatan suhu tubuh sebesar 1°C selama demam dapat meningkatkan metabolisme

sebesar 10-15% serta kebutuhan oksigen sebesar 20% [2]. Penyakit kejang demam dapat berdampak negatif pada kecerdasan anak dan jika tidak segera diatasi dapat menyebabkan epilepsi atau bahkan keterbelakangan mental yang bisa berlangsung seumur hidup. Oleh karena itu penanganan kejang demam yang cepat dan tepat sangat penting untuk mencegah dampak buruk tersebut [3].

Langkah pertama yang harus dilakukan orang tua Ketika anak mengalami kejang demam adalah mengukur suhu tubuh [4]. Penelitian yang dilakukan oleh Sudibyo, dkk menjelaskan bahwa lebih dari 50% responden hanya meraba tubuh untuk mengukur demam tanpa menggunakan termometer [5]. Termometer adalah alat penting yang harus dimiliki oleh setiap orang tua untuk mengetahui tingkat demam pada anak. Hasil pengukuran suhu dengan termometer dapat menjadi panduan bagi orang tua untuk menentukan tindakan pengobatan selanjutnya [6]. Oleh karena itu, penggunaan termometer sangat penting untuk dipahami oleh setiap orang tua [7].

Termometer yang digunakan secara terus menerus, jatuh, atau terbentur dapat mengalami kerusakan yang dapat memengaruhi kualitas hasil pengukurannya. Oleh karena itu, termometer tersebut membutuhkan kalibrasi berkala untuk memastikan nilai akurasi dan ketepatannya tetap tinggi. Tujuan kalibrasi adalah untuk memastikan bahwa nilai yang ditunjukkan oleh alat ukur benar dan akurat [8]. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 54 Tahun 2015 tentang Pengujian dan Kalibrasi Alat Kesehatan menyatakan bahwa “Setiap alat Kesehatan yang digunakan di fasilitas pelayanan kesehatan dan fasilitas Kesehatan lainnya harus dilakukan uji dan/ atau kalibrasi secara berkala oleh Balai Pengujian Fasilitas Kesehatan atau Institusi Pengujian Fasilitas Kesehatan”. Hasil dari pengujian dan kalibrasi ini berupa pernyataan tertulis yang menyatakan apakah alat kesehatan tersebut layak digunakan atau tidak berdasarkan hasil pengujian dan kalibrasi. Proses kalibrasi membutuhkan alat kalibrator yang berfungsi untuk mengukur alat ukur agar kalibrasinya lebih akurat [9].

Berdasarkan permasalahan di atas, penulis membuat penelitian yang bertujuan untuk melakukan rancang bangun alat kalibrator

*blackbody* berbasis Arduino Nano menggunakan kontrol PID dengan nilai set point 35°C, 37°C, 41°C dilengkapi dengan sensor suhu DS18B20 dan LCD untuk menampilkan hasil pembacaan suhu.

Penelitian tentang Aplikasi Kontrol PID Untuk Alat Kalibrasi Termometer Inframerah Digital dengan tujuan membuat, merancang, dan mengaplikasikan kontrol PID untuk alat kalibrasi termometer inframerah dan untuk menguji kesesuaian suhu yang dihasilkan oleh alat. Penelitian tersebut membahas tentang membuat alat kalibrasi termometer digital dan mengaplikasikan kontrol PID pada alat tersebut. Pengujian pengukuran pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan multimeter dan termometer inframerah [10].

Penelitian tentang Alat Kalibrasi Thermogun Berbasis Arduino Uno Dengan Media *Blackbody* dengan tujuan membuat alat kalibrasi inframerah berbasis arduino uno dengan menggunakan media *blackbody*. Pada penelitian tersebut membahas tentang pembuatan alat kalibrasi termometer *thermogun* menggunakan mikrokontroler arduino uno dengan media *blackbody*. Pengujian pengukuran pada penelitian ini dengan menggunakan termometer kontak dengan lima titik pengukuran serta tiga unit termometer inframerah [11].

Penelitian tentang Rancang Bangun Data Logger Multi Kanal Terhubung IoT Sebagai Pengukur Temperatur dengan Sensor *Thermocouple* dengan tujuan merancang alat pengukur suhu berbasis digital. Pada penelitian tersebut membahas tentang pembuatan alat monitoring berbasis digital menggunakan sensor MAX 6675 Type-K [12].

Penelitian (Imam Fajar Islami, 2024) tentang Rancang Bangun Alat Kalibrator Termometer *Non-Contact* Menggunakan Sistem Kontrol PID dengan tujuan membuat alat kalibrator termometer *non-contact* menggunakan sistem kontrol PID. Penelitian tersebut membahas tentang pembuatan alat kalibrator termometer *non-contact* menggunakan sistem kontrol PID. Pengujian pengukuran pada penelitian ini dilakukan dengan beberapa merk/ tipe termometer *non-contact* [13].

Oleh karena itu penulis membuat alat kalibrator *blackbody* berbasis arduino nano menggunakan kontrol PID. Bertujuan untuk

membantu dan memudahkan proses kalibrasi termometer inframerah di lapangan.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Termometer Inframerah

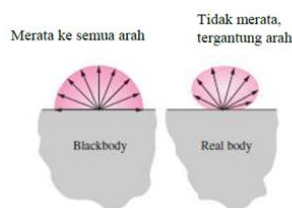
Termometer inframerah adalah alat yang berfungsi mengukur suhu dengan mendeteksi radiasi panas pada panjang gelombang inframerah. Dalam aplikasi medis, alat ini digunakan untuk mengukur suhu tubuh tanpa kontak langsung, dengan mengarahkan termometer ke dahi atau telinga. Termometer ini cocok digunakan untuk mengukur suhu di bawah  $600^{\circ}\text{C}$ . Akurasi pengukuran tergantung pada jarak dan ukuran target yang sesuai dengan medan pandang termometer, di mana nilai “distance to spot size” menentukan jarak idela untuk pengukuran yang tepat, dengan besar rasio pada umumnya yaitu 10:1 atau 30:1 [14].



Gambar 1. Skema Sederhana Termometer Inframerah

### B. Blackbody

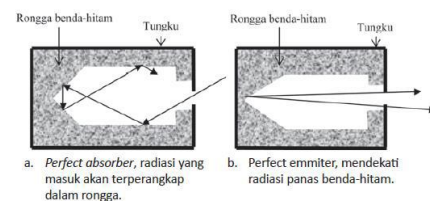
*Blackbody* adalah sebuah objek yang menyerap semua radiasi elektromagnetik yang mengenainya, tanpa memantulkan atau melepaskan radiasi kembali, memiliki sifat perfect absorber, perfect emitter, dan isotropically diffuse emitter. Radiasi yang dipancarkan oleh *blackbody* tidak bergantung pada arah emisi, melainkan pada suhu dan panjang gelombang. Pada suhu di bawah 700 Kelvin, sebagian besar energi yang dipancarkan berada dalam bentuk gelombang inframerah [10].



Gambar 2. Besar Radiasi *Blackbody*

### C. Benda Hitam Praktis

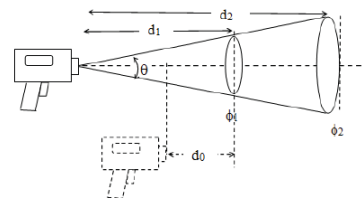
Benda hitam praktis adalah representasi benda hitam ideal yang mampu menyerap dan memancarkan panas dengan sempurna. Bentuk benda hitam praktis harus memiliki struktur berongga dengan pola permukaan tertentu. Dalam proses kalibrasi, termometer inframerah diarahkan dan difokuskan pada permukaan belakang benda hitam yang memiliki area kalibrasi sekitar 50 hingga 70 mm. Permukaan ini dikenal sebagai infrared calibrator [10].



Gambar 3. Skema Benda Hitam Praktis

### D. Pengaruh Jarak Pada Pengukuran

Sistem optik termometer inframerah memiliki fokus yang tetap (*fixed-focus*) sehingga alat harus ditempatkan pada jarak tertentu agar target sepenuhnya tercakup dalam medan pandang. Jarak dihitung dengan rumus “ $D/S = d/f$ ”, di mana  $d$  adalah jarak dan  $f$  adalah diameter target [10].



Gambar 4. *Distance To Spot Size Ratio*

### E. Mikrokontroler Arduino Nano

Arduino nano adalah papan rangkaian elektronik open source yang menggunakan chip mikrokontroler ATmega 16 (versi 2.x) atau ATmega 328 (versi 3.x) sebagai komponen utamanya/ Board arduino nano dirancang dan diproduksi oleh Gravitech. Arduino nano mampu mengeluarkan data dalam bentuk digital maupun analog [15].



Gambar 5. Arduino Nano

#### F. Heating Plate

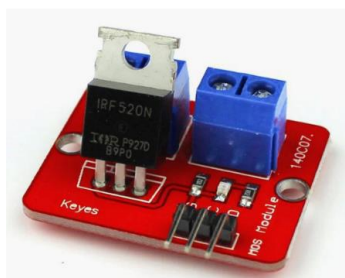
*Heating plate* atau pemanas adalah perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi panas. Jenis *heating plate* yang digunakan adalah PTC (*Positive Thermal Coefficient*), yang merujuk pada material atau komponen semikonduktor dengan koefisien suhu positif besar. PTC atau termistor PTC adalah resistor dengan koefisien termal positif, di mana resistansinya meningkat seiring kenaikan suhu [16].



Gambar 6. Heating Plate

#### G. Modul MOSFET IRF520

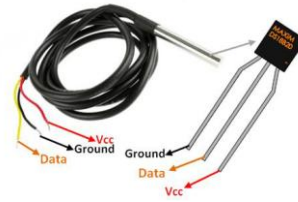
Modul MOSFET IRF520 digunakan untuk mengendalikan beban DC yang berat dengan tegangan 0-24V menggunakan satu pin digital Arduino dengan output sekitar 0-5V [17]. Modul ini juga sering digunakan untuk mengontrol daya menggunakan pulse width modulation (PWM) dari mikrokontroler [18]. Pada penelitian ini, modul MOSFET digunakan sebagai kontrol saklar untuk elemen pemanas DC 12V.



Gambar 7. Modul MOSFET IRF520

#### H. Sensor Suhu DS18B20

Sensor suhu DS18B20 adalah sensor suhu digital yang hanya memerlukan 1 pin jalur data komunikasi. Sensor ini memiliki rentang pengukuran suhu mulai dari -55°C hingga +125°C dengan akurasi  $\pm 0,5^\circ\text{C}$  dari -10°C hingga +85°C. Tegangan yang dibutuhkan sensor ini agar dapat bekerja dengan baik adalah 3-5V [19].



Gambar 8. Sensor Suhu DS18B20

#### I. LCD

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah sebuah komponen elektronika yang memanfaatkan kristal cair untuk menampilkan tulisan berupa angka atau huruf sesuai dengan yang diinginkan berdasarkan program yang dibuat untuk mengontrolnya. Huruf atau angka yang akan ditampilkan pada LCD dikirim dalam bentuk kode ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*). LCD memiliki beberapa ukuran meliputi 8x2, 16x2, 20x2, dan 40x4 [20].



Gambar 9. LCD 16x2

#### J. Modul I2C

Modul I2C (Inter Integrated Circuit) adalah standar komunikasi serial dua arah yang menggunakan dua saluran khusus untuk mengirim dan menerima data. Kelebihan modul I2C adalah dapat mengurangi penggunaan port dari LCD ke mikrokontroler yang dituju (Natsir dkk., 2019). Sistem I2C terdiri dari saluran SCL (*Serial Clock*) dan SDA (*Serial Data*) [21].



Gambar 10. Modul I2C

#### K. Keypad Matrix 1x4

Keypad adalah sekelompok saklar push button yang diatur dalam bentuk matrix dan berperan dalam memasukkan data. Cara pembacaan keypad pada mikrokontroler adalah bagian kolom diberi logika *low* "0" dan baris diteruskan ke port mikrokontroler untuk dibaca dan diuji apakah ada tombol yang ditekan pada

kolom tersebut. Selama tidak ada tombol yang ditekan, maka mikrokontroler akan membaca logika *high* “1” pada setiap pin yang terhubung ke bagian baris. Keypad matrix 1x4 adalah sebuah jenis keypad atau papan tombol yang dirancang dengan matrix 1 baris dan 4 kolom [22].



Gambar 11. Keypad Matrix 1x4

#### L. Power Supply Switching

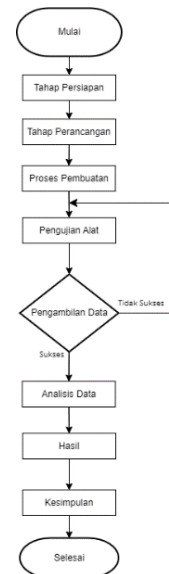
*Power supply switching* adalah sebuah perangkat catu daya yang terdiri dari beberapa rangkaian elektronika berfungsi untuk mengubah tegangan listrik yang besar menjadi tegangan listrik yang lebih kecil. Pada umumnya, *power supply switching* digunakan untuk mengubah tegangan listrik PLN 220V (Arus AC) menjadi tegangan listrik yang lebih kecil (Arus DC) sebesar 5 VDC, 12 VDC, dan lain sebagainya [23].

#### M. Kontrol PID (*Proportional, Integral, Derivative*)

PID adalah salah satu teknik kontrol yang terdiri dari tiga jenis kontrol (*Proportional, Integral, Derivative*) yang diintegrasikan satu sama lain. Kontrol *proportional* adalah sebuah kontrol yang berfungsi sebagai penguat yang dapat diatur. Kontrol *integral* adalah sebuah kontrol yang sering dikombinasikan dengan jenis kontrol lainnya dan bersifat sebagai penyeimbang. Kontrol *derivative* adalah sebuah kontrol yang bersifat seperti diferensial [24].

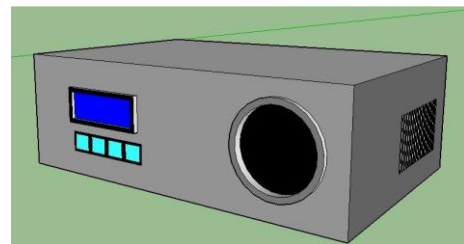
### 3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Research and Development* (RnD). Metode RnD adalah salah satu metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan sebuah produk tertentu melalui beberapa tahapan penelitian dan pengujian [25].

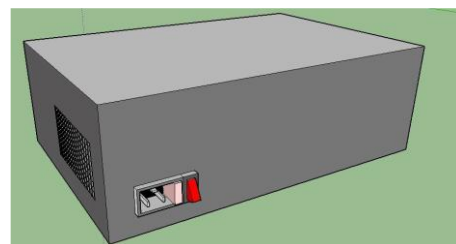


Gambar 12. Diagram Alir Penelitian

Perangkat keras penelitian yang penulis buat bertujuan untuk mempermudah proses pengerjaan kalibrasi termometer inframerah. Berikut ini desain alat yang penulis kembangkan.



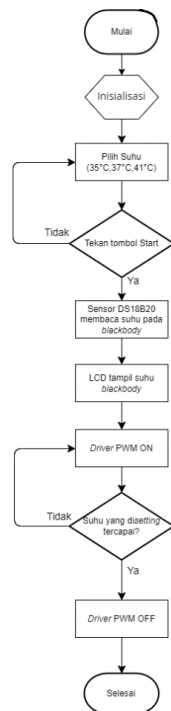
Gambar 13. Desain Alat Tampak Depan



Gambar 14. Desain Alat Tampak Belakang

Diagram Alir proses merupakan gambaran proses kerja alat penelitian yang di buat.





Gambar 15. Flow Chart Program

Pengujian di lakukan dengan menggunakan alat kalibrator *blackbody* merk Naully. Pengujian dilakukan secara berulang sebanyak 30 kali pengulangan pada masing-masing parameter *setting* suhu 35°C , 37°C , dan 41°C sesuai dengan spesifikasi kemampuan *setting* suhu alat Rancang Bangun Kalibrator *Blackbody* Berbasis Arduino Nano Menggunakan Kontrol PID. Nilai Pengujian alat kalibrator *blackbody* berbasis arduino nano menggunakan kontrol PID mengacu pada Metode Kerja Pengujian/ Kalibrasi Thermometer Infra Red No. MK : 137-2019 yang diukur pada titik 35°C, 37°C, dan 41°C secara simultan.

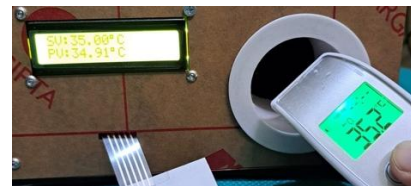
#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dari penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat kalibrator *blackbody* merk Naully, yang merupakan alat pembanding yang sesuai dan digunakan dalam proses kalibrasi termometer inframerah. Pengujian dilakukan 30 kali pengulangan pada tiga parameter *setting* suhu yang mengacu pada Metode Kerja Pengujian/ Kalibrasi Thermometer Infrared. Pengujian dilakukan dengan 3 parameter *setting* suhu yaitu 35°C, 37°C, dan 41°C.



Gambar 16. Hasil Alat

Tampilan pada smartphone yang digunakan sebagai tampilan sinyal jantung seperti pada Gambar 14.



Gambar 17. Tampilan Pengambilan Data

Pada pengujian tiga parameter *setting* suhu didapatkan nilai data hasil yang cukup stabil. Pada penelitian ini didapat hasil perhitungan persentase kesalahan dari alat yang dibuat oleh penulis dengan alat pembanding merk Naully. Persentase kesalahan dihitung dari setiap perulangan pengujian yaitu sebanyak 30x pada setiap parameter *setting* suhu. Selisih persentase kesalahan pada parameter *setting* suhu 35°C adalah 0,59%. Selisih persentase kesalahan pada parameter *setting* suhu 37°C adalah 0,035. Selisih persentase kesalahan pada parameter *setting* suhu 41°C adalah 0,15%. Berdasarkan nilai rata-rata persentase kesalahan tersebut, maka dapat diperoleh nilai akurasi dari ketiga parameter *setting* suhu. Akurasi pengujian parameter *setting* suhu 35°C adalah 99,41%. Akurasi pengujian parameter *setting* suhu 37°C adalah 99,97%. Akurasi pengujian parameter *setting* suhu 41°C adalah 99,85%.

Tabel 1. Hasil Pengujian Alat Kalibrator *Blackbody* Berbasis Arduino Nano Menggunakan Kontrol PID

No.	Parameter <i>setting</i> suhu	Rata-rata persentase kesalahan	Akurasi pengujian parameter <i>setting</i> suhu
1	35°C	0,59%	99,41%
2	37°C	0,03%	99,97%
3	41°C	0,15%	99,85%

## 5. KESIMPULAN

- A. Terciptanya alat kalibrator *blackbody* berbasis arduino nano menggunakan kontrol PID dengan menggunakan sensor suhu DS18B20 yang dapat bekerja dengan baik pada rentang suhu 35°C, 37°C, dan 41°C. Hal ini dikarenakan kontrol PID yang digunakan dapat mengendalikan *driver heater* dengan baik.
- B. Tingkat akurasi pengujian alat kalibrator *blackbody* penulis terhadap alat kalibrator pembanding merk Naully pada *setting* suhu 35°C adalah 99,41%. Tingkat akurasi pengujian alat kalibrator *blackbody* penulis terhadap alat kalibrator pembanding merk Naully pada *setting* suhu 37°C adalah 99,97%. Tingkat akurasi pengujian alat kalibrator *blackbody* penulis terhadap alat kalibrator pembanding merk Naully pada *setting* suhu 41°C adalah 99,85%. Rata-rata persentase kesalahan parameter *setting* suhu 35°C adalah 0,59%. Rata-rata persentase kesalahan parameter *setting* suhu 37°C adalah 0,03%. Rata-rata persentase kesalahan parameter *setting* suhu 41°C adalah 0,15%.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. D. Kurniati, S. Purwanti, and R. V. Kusumasari, "Penerapan Kompres Bawang Merah Untuk Menurunkan Suhu Pada Anak Dengan Kejang Demam Di Rumah Sakit Nur Hidayah Bantul," *Malahayati Nursing Journal*, vol. 4, no. 6, pp. 1370–1377, Jun. 2022, doi: 10.33024/mnj.v4i6.6262.
- [2] Q. Yasa' *et al.*, "Studi Penurunan Level Cod Dan Kadar Logam Berat Pada Limbah Cair Industri Tekstil Dengan Perlakuan Koagulasi Dan Elektrokoagulasi," *Jurnal Integrasi Proses*, vol. 11, no. 1, pp. 6–10, Jun. 2022, [Online]. Available: <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jip>
- [3] R. Nurmanda *et al.*, "Hubungan Pengetahuan Dan Sikap Ibu Terhadap Penanganan Kejang Demam Anak The Relationship Between Mother's Knowledge And Attitude Towards Handling Children's Feverish Convulsions," *Jurnal Ilmiah Manusia dan Kesehatan*, vol. 8, no. 3, pp. 701–713, 2025.
- [4] Ernita Rante Rupang, Murni Simanullang, and Juliana Erni Tamba, "Hubungan Pengetahuan Perawat Dengan Penanganan Kejang Demam Pada Pasien Anak Di Rumah Sakit Santa Elisabeth Batam Kota Tahun 2022," *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, vol. 3, no. 6, pp. 1813–1822, Feb. 2024.
- [5] M. Savira *et al.*, "Pengetahuan Ibu dan Cara Penanganan Demam Pada Anak," *Jurnal Farmasi Komunitas*, vol. 7, no. 2, p. 38, Sep. 2020, doi: 10.20473/jfk.v7i2.21804.
- [6] Septa Nelli and Fitri Ernawati, "Hubungan Tingkat Pengetahuan Orang Tua Tentang Kejang Demam Dengan Kejadian Kejang Demam Pada Anak Usia 1-5 Tahun Di UPTD Puskesmas Penerokan Kecamatan Bajubang Kabupaten Batang Hari Provinsi Jambi," *Sedidi Health and Nursing Journal (SHNJ)*, vol. 2, no. 1, Sep. 2023.
- [7] Ivan Nurdin Nursi, Khotimatul Khusna, and Risma Sakti Pambudi, "Tingkat Pengetahuan Orang Tua Terhadap Swamedikasi Demam Pada Anak Di RW 01 Kelurahan Pajang Kecamatan Laweyan Surakarta," *Jurnal Pelayanan dan Teknologi Kefarmasian Indonesia*, vol. 2, no. 1, pp. 23–34, 2024.
- [8] I. Fatwasauri, S. T. Erawati, M. Sasono, and R. F. Surakusumah, "Evaluasi Ketidakpastian Pengukuran Dalam Kalibrasi Termometer Digital Menggunakan Persamaan Regresi Kalibrasi," *Komunikasi Fisika Indonesia*, vol. 18, no. 2, p. 131, Jul. 2021, doi: 10.31258/jkfi.18.2.131-136.
- [9] *Permenkes Nomor 54 Tahun 2015*. 2015.
- [10] Adi Yanto, "Aplikasi Kontrol PID Untuk Alat Kalibrasi Thermometer Inframerah Digital," 2022.
- [11] A. Setiawan *et al.*, "Rancang Bangun Alat Kalibrasi Thermogun Berbasis Arduino Uno," *Jurnal Polanka*, vol. 2, no. 1, p. 2024, 2024, [Online]. Available: <http://jurnal.polanka.ac.id/index.php/JMPL>
- [12] P. Wibowo and D. A. Prasetya, "Rancang Bangun Data Logger Multi Kanal Terhubung IoT (Internet Of Things) Sebagai Pengukur Temperatur dengan Sensor Thermocouple," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 21, no. 02, 2021.
- [13] Imam Fajar Islami, "Rancang Bangun Alat Kalibrator Thermometer Non-Contact Menggunakan Sistem Kontrol PID," 2024.
- [14] I. Paramudita *et al.*, "The Effect of Measurement Distances and Infrared Thermometer Types for Body Temperature Measurement as Early Screening of COVID-19," *Jurnal Standardisasi*, vol. 23, no. 2, pp. 133–140, Jul. 2021.
- [15] A. Gde Erlangga Kusumaningrat and I. Made Agus Mahardiananta, "Rancang Bangun Alat Paraffin Bath Dual Chamber Berbasis Arduino Nano," *Jurnal Resistor*, vol. 5, no. 2, pp. 159–167, Oct. 2022, [Online]. Available: <https://s.id/jurnalresistor>

- [16] I. Tri Harsoyo, M. Ulin Nuha ABA, B. Wahyudi, dan Dennis Aji Firmansyach, J. Teknik Elektromedik, and S. Tinggi Ilmu Kesehatan Semarang, "Hotplate Magnetic Stirrer Dilengkapi Pengatur Waktu, Suhu dan Kecepatan Melalui LCD Nextion," *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, vol. 12, no. 01, pp. 103–112, Jan. 2024.
- [17] D. R. Taufiqurrahman and M. A. R. Pohan, "Perbandingan Performa Logika Fuzzy Tipe-1 Dan Logika Fuzzy Tipe-2 Pada Sistem Pasteurisasi Susu Berbasis Mikrokontroler," *Telekontran : Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali dan Elektronika Terapan*, vol. 11, no. 1, pp. 23–34, Jul. 2023, doi: 10.34010/telekontran.v11i1.9686.
- [18] C. author Karel Oktavianus Bachri *et al.*, "Simulasi Sistem Pengendalian Motor Stepper dengan Metode Pulse Width Modulation," *Jurnal Elektro*, vol. 15, no. 1, pp. 21–30, 2022.
- [19] Rizqy Nurul Ikhsan and Niken Syafitri, "Pemanfaatan Sensor Suhu DS18B20 sebagai Penstabil Suhu Air Budidaya Ikan Hias," *Prosiding Seminar Nasional Energi*, 2021.
- [20] M. H. Alkarim, I. I. Prasajo, S. A. Nugroho, and E. E. Nugroho, "Penerapan Algoritma Filter Untuk Meningkatkan Akurasi Pembacaan Sensor Suhu MLX90614 Pada Objek Dengan Eliminasi Pengaruh Suhu Lingkungan," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 3, pp. 99–108, Jul. 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i3.6621.
- [21] F. Rizakir and S. A. Sukarno, "Sistem Kunci Otomatis Pada Casing Rokok Berbasis Arduino Nano Dengan LCD I2C," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 1, Jan. 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i1.5661.
- [22] I. D. Maulana, "Pemantau Dan Pewaktu Alat Impinger Air Sampler Berbasis Arduino Dan Android," 2020.
- [23] M. Waruni kasrani *et al.*, "Perancangan Sistem Pengendalian Kecerahan Lampu Utama Pada Mobil Berbasis Arduino Uno," *JTE UNIBA*, vol. 5, no. 1, pp. 104–108, Oct. 2020.
- [24] M. Irhas, S. Asyiqah, and A. Ilham, "Penggunaan Kontrol PID Dengan Berbagai Metode Untuk Analisis Pengaturan Kecepatan Motor DC," *Jurnal Fisika dan Terapannya*, vol. 7, no. 1, pp. 78–86, Jun. 2020, [Online]. Available: <http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/jft>
- [25] Okpatrioka, "Research And Development (R&D) Penelitian Yang Inovatif Dalam Pendidikan," *Jurnal Pendidikan, Bahasa dan Budaya*, vol. 1, pp. 86–100, Mar. 2023.