

# Evaluasi Kestabilan Suhu Pada Rancang Bangun Kalibrator Termometer Badan Berbasis Kontrol PID

Aviliana Kusuma Bintari<sup>#</sup>, Dwi Herry Andayani, Tri Bowo Indrato

Jurusan Teknik Elektromedik Poltekkes Kemenkes, Surabaya

Jl. Pucang Jajar Timur No. 10, Surabaya, 60245, Indonesia

<sup>#</sup>aaviliana.bbintari@gmail.com, andayanidwihery@yahoo.co.id, tribowo.tem81@gmail.com,

**Abstract**— Body temperature thermometer is a measuring instrument that must be calibrated according to standards at certain intervals. Thermometer calibrator media that is widely used in the field today has a relatively long time to reach a stable temperature. The purpose of developing this tool is to add a PID controller to reduce the possibility of measurement errors, to get a more stable temperature, and to achieve a faster temperature setting on the thermometer calibrator media. The main advantage of developing this tool is that it simplifies and shortens the working time of the thermometer calibration. This can be achieved by evaluating and studying the effect of temperature stability on the thermometer calibrator media as well as studying the Peltier element and the DS18B20 temperature sensor. This study uses the Arduino system as data processing, uses the PID system as a temperature controller for the peltier element, the DS18B20 sensor as a temperature sensor, and the LCD as a display. In this study, the measurement of a thermometer using a Peltier element like a heating medium was successfully carried out and a temperature sensor controlled using the PID system by the Work Method This calibration is feasible because it has the highest correction value of 0.07% and the thermometer can start to be calibrated when the temperature is stable, namely after 2 minutes because the temperature is stable when the initial temperature reaches. It can be concluded that the PID control is suitable to be used as a temperature stability control in a thermometer calibrator.

**Keywords**—Thermometer; PID; Temperature; Body Temperature; DS18B20; Elemen Peltier

**Abstrak**— Termometer suhu badan merupakan instrumen alat ukur yang harus dilakukan kalibrasi sesuai standar pada selang periode tertentu. Media kalibrator termometer yang banyak digunakan di lapangan saat ini waktu pencapaian suhu stabilnya relative lama. Tujuan dari pengembangan alat ini dengan menambahkan kontrol PID untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kesalahan pengukuran, mendapatkan suhu yang lebih stabil dan lebih cepat dalam pencapaian suhu setting pada media kalibrator termometer. Keuntungan utama pengembangan alat ini adalah mempermudah dan mempersingkat waktu kerja kalibrasi termometer. Hal ini dapat dicapai dengan mengevaluasi dan mempelajari pengaruh kestabilan suhu pada media kalibrator termometer serta mempelajari elemen peltier dan sensor suhu DS18B20. Penelitian ini menggunakan sistem Arduino sebagai pengolahan data, menggunakan sistem PID sebagai pengontrol suhu pada elemen peltier, sensor DS18B20 sebagai sensor suhu dan LCD sebagai display. Dalam penelitian ini berhasil dilakukan pengukuran termometer menggunakan elemen peltier sebagai media pemanas dan sensor suhu yang dikontrol menggunakan sistem PID sesuai dengan Metode Kerja Kalibrasi ini layak digunakan karena memiliki memiliki nilai koreksi tertinggi 0,07% dan termometer dapat mulai dikalibrasi saat suhu stabil yaitu setelah 2 menit karena suhu stabil saat awal pencapaian suhu. Dapat disimpulkan bahwa kontrol PID laik digunakan sebagai kontrol kestabilan suhu pada kalibrator termometer..

**Kata Kunci**—Termometer; PID; Suhu; Suhu Tubuh; DS18B20; Elemen Peltier

## I. PENDAHULUAN

Pengukuran suhu tubuh merupakan salah satu cara menentukan status kesehatan atau untuk menguji respon klien terhadap stress fisiologis atau terhadap terapi medik atau keperawatan, yang dalam hal ini adalah pengukuran suhu dengan menggunakan termometer. Termometer yang digunakan dapat dibedakan menjadi termometer air raksa, termometer elektronik, termometer digital, termometer sekali pakai, termometer kaca merkuri dan termometer membran timpani [1]. Termometer yang paling umum digunakan dalam dunia kesehatan adalah termometer air raksa dan termometer digital. Termometer digital yang prinsip kerjanya sama dengan termometer yang lainnya yaitu pemuai. Termometer digital

menggunakan logam sebagai sensor suhunya yang kemudian memuai dan pemuaiannya ini diterjemahkan oleh rangkaian elektronik dan ditampilkan dalam bentuk angka yang langsung bisa dibaca. Termometer suhu badan merupakan salah satu instrumen alat ukur yang harus dilakukan tindakan pengukuran, pengecekan antara secara rutin, serta dikalibrasi sesuai standar sebelum digunakan atau setelah digunakan pada selang periode tertentu. Pada saat dilakukannya pengukuran maka kondisi termometer tersebut haruslah telah terkalibrasi, Kalibrasi merupakan proses verifikasi bahwa suatu akurasi alat ukur sesuai dengan rancangannya. Kalibrasi biasa dilakukan dengan membandingkan suatu standar yang terhubung dengan standar nasional maupun internasional dan bahan-bahan acuan

tersertifikasi. Sistem manajemen kualitas memerlukan sistem pengukuran yang efektif, termasuk di dalamnya kalibrasi formal, periodik dan terdokumentasi, untuk semua perangkat pengukuran. hal ini bertujuan agar hasil pengukurannya tidak teralu jauh dari batas toleransi yang diinginkan[2].

Pada tahun 1997 dilakukan penelitian oleh Andrew C. Germanow dkk tentang “Thermometer Calibrator” dengan konsep ujung thermometer dijepit oleh media pemanas thermostat, ketika panas tercapai alat otomatis mati. Kekurangan pada penelitian tersebut adalah tidak ada display sehingga sulit untuk dibandingkan hasilnya[3]. Pada tahun 2010 dilakukan penelitian oleh Tohru Nakano dkk tentang “Low-Temperature Comparison Calibrator For Thermometer” dengan konsep blok kalibrasi komparatif dalam jaket vakum yang terbentuk dari bahan konduktivitas panas tinggi yang dijaga pada suhu tetap dengan kulkas atau pemanas, juga menggunakan termometer referensi dan dan lubang penyisipan thermometer target di masukan dari luar jaket vakum melalui pipa penghantar. Kekurangan pada penelitian tersebut adalah rentang suhu 90K sampai dengan 170K[4]. Pada tahun 2010 dilakukan penelitian oleh Hery Widyanto tentang “Perancangan Alat Dry Blok Skin Simulator Mikrokontroler AT89s51” dengan konsep pemilihan suhu standart hanya 3 tingat, yaitu 30, 37 dan 40°C, menggunakan Sensor LM35, Heater(Fan, Relay, Driver Relay). Kekurangan pada penelitian tersebut adalah hanya 3 setting suhu, resolusi yang besar dan waktu 3 menit untuk mencapai suhu stabil[5]. Penelitian selanjutnya dikembangkan pada tahun 2012 oleh Dian Zainal Abidin tentang “Perbandingan Sistem Kontrol On/Off dan Sistem Kontrol Proporsional pada Media Kalibrasi Termometer” dengan konsep memiliki dua system control suhu yaitu system ON/OFF dan system kontrol proporsional dengan 3 setting suhu 37,39, 41°C dengan ketelitian satu angka di belakang koma. Kelemahan dari penelitian ini masih menggunakan power hiter yang tidak tepat sehingga hasil pembacaan suhu tidak bagus, tetapi penelitian ini menyebutkan bahwa hasil error yang didapat dari system proporsional lebih kecil dari pada system ON/OFF[6]. Penelitian selanjutnya dikembangkan pada tahun 2018 oleh Fita Anisa Rolanda tentang “Perancangan dryblok dalam Kalibrator Thermometer Badan” dengan konsep pemanas menggunakan Heater Kering 50 watt dan sensor suhu LM35, setting suhu 35-42 °C, resolusi 1 angka di belakang koma, menggunakan thermometer standar sebagai pembanding. Kelemahan pada penelitian ini terletak pada nilai error atau selisih pada display dengan set point masih relative tinggi[7]. Pada tahun 2018 dilakukan penelitian oleh Bambang Herlambang tentang “Peningkatan Kemampuan Sistem Kalibrasi Termometer Gelas” dengan sistem kalibrasi termometer gelas menggunakan kamera CCTV untuk memudahkan pembacaan kolom cairan termometer gelas sehingga mengurangi kesalahan, meningkatkan ketelitian pada pembacaan skala dan dapat dilakukan pembacaan pada jarak jauh[8]. Penelitian sejenis juga dikembangkan pada tahun 2019 oleh Handayani tentang “Perancangan Media Kalibrasi Termometer Suhu Badan

Dengan Sensor Ds18b20 Berbasis Arduino” dengan pemanas menggunakan Heater Kering dan sensor suhu Ds18b20, setting suhu 35-42 °C, menggunakan thermometer Thermo-One sebagai pembanding. Pada penelitian ini memiliki kelemahan yaitu nilai error yang masih tinggi[9].

Berdasarkan hasil identifikasi masalah kronologis diatas maka penulis ingin membuat sebuah “Evaluasi Kestabilan Suhu Pada Rancang Bangun Kalibrator Termometer Badan Berbasis Kontrol PID” dengan memanfaatkan elemen peltier sebagai pemanas dan sistem kontrol PID untuk mendapatkan hasil kendali yang lebih stabil dari penelitian-penelitian sebelumnya.

## II. BAHAN-BAHAN DAN METODE

### A. Setting Percobaan

Penelitian ini menggunakan sistem PID. Pengambilan sampel tersebut dilakukan sesuai metode kerja kalibrasi dengan pengambilan data sebanyak 3 kali.

#### 1) Bahan dan Alat

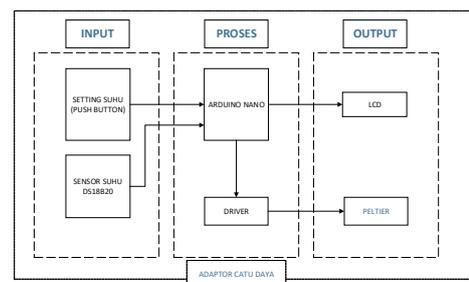
Penelitian ini menggunakan elemen peltier TEC12705 sebagai media pemanas. Driver pemanas menggunakan Transistor TIP3055. Mikrokontroler Arduino Nano digunakan untuk akuisisi data. Sensor DS18B20 untuk monitoring suhu elemen peltier. Push Button untuk mensetting suhu. LCD untuk menampilkan hasil pembacaan sensor suhu.

#### 2) Eksperimen

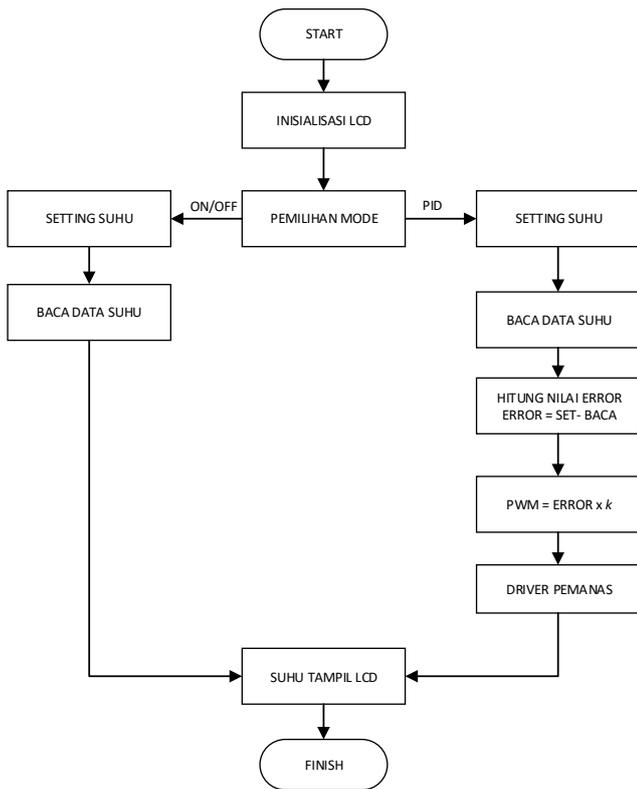
Pada penelitian ini setelah perancangan selesai maka dilakukan pengujian respon suhu menggunakan sistem kontrol PID. Selanjutnya tahap kalibrasi termometer, termometer dikalibrasi menggunakan alat standar (BPFK) sesuai metode kerja kalibrasi yaitu pada setting suhu 37°C, 39°C dan 41°C. Setiap setting, outuput alat standar (BPFK) dan hasil termometer dihitung untuk memvalidasi hasil penelitian ini. Kemudian Modul TA Kalibrator Termometer diuji cobakan pada thermometer yang sudah terkalibrasi.

### B. Diagram Blok

Pada penelitian ini ketika adaptor terhubung dengan jala-jala PLN, maka seluruh rangkaian akan mendapat tegangan. Setting suhu menggunakan tombol up dan down pada rentang suhu 39 – 42 derajat C. Sensor suhu DS18B20 berkerja untuk mendeteksi suhu peltier yang sedang bekerja mencapai suhu sesuai setting , kemudian LCD akan menampilkan pembacaan sensor suhu DS18b20.



Gambar 1. Blok Diagram Kalibrator Termometer



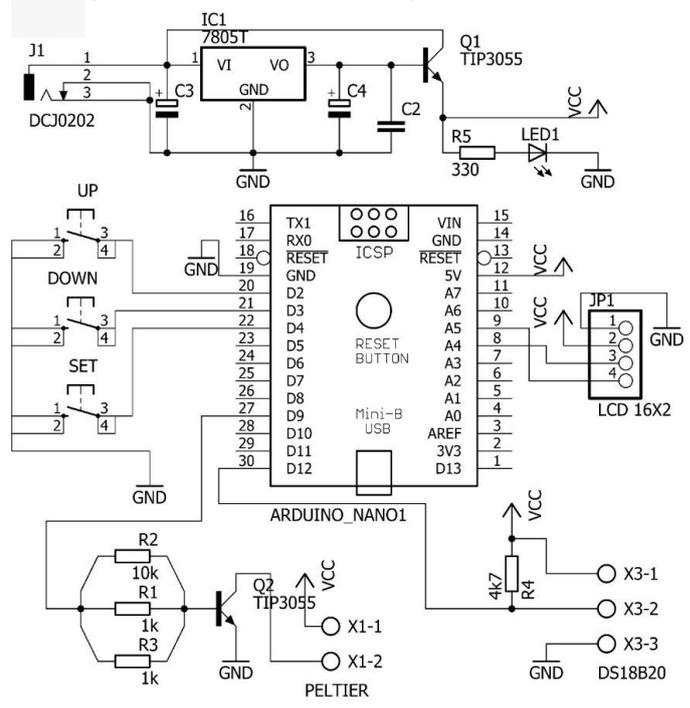
Gambar 2. Diagram Alir Sistem PID

**C. Diagram Alir**

Program dibangun berdasarkan flowchart seperti pada Gambar 2. Start kemudian terjadi inialisasi dari penginisialisasian input-output mikrokontroler dan antarmuka LCD 2 X 16. Kemudian setelah selesai proses inialisasi, pemilihan mode ON/OFF atau PID. Pemilihan Mode ON/OFF, setting suhu dan proses pembacaan suhu dimulai, setelah pembacaan suhu, hasil tampil di LCD, proses selesai (*Finish*). Pemilihan Mode PID, setting suhu dan proses pembacaan suhu dimulai. Proses selanjutnya menghitung error (selisih) suhu terbaca dengan suhu yang di inginkan kemudian dikalikan dengan konstanta agar mendapat hasil yang menunjukkan besar kecilnya power pemanas, jika hasil perbandingan suhu yang terbaca dengan suhu yang diinginkan errornya tinggi maka program memberikan perintah untuk menambah power driver suhu dan jika hasil perbandingan suhu dengan suhu yang diinginkan errornya kecil maka program memberikan perintah untuk mengurangi power driver suhu, power akan terus berkurang seiring dengan berkurangnya nilai error dari suhu yang dibaca dengan suhu yang diinginkan sampai power pemanas akan mati karena nilai error 0. setelah pembacaan suhu, hasil tampil di LCD, proses selesai (*Finish*).

**D. Rangkaian**

Bagian penting dari pengembangan ini adalah hardware rangkaian. Rangkaian penguat instrumentasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar. 3 merupakan rangkaian keseluruhan. Rangkaian terdiri dari arduino nano atmega 328 bekerja dengan tegangan 5 volt, dengan tegangan input yang disarankan sebesar 7 volt sampai dengan 12 volt. Dan terdapat 3 buah input berupa push button yang terhubung pada pin D2, D3, D4 arduino nano berfungsi untuk mengatur setting suhu. Peltier dan driver berupa transistor terhubung pada pin D9 Arduino nano. Pada peltier saya menggunakan pensaklaran dengan transistor dikarenakan tegangan yg diperlukan peltier adalah 12v dan output dari arduino hanya 5v, selain itu peltier yg saya gunakan memerlukan arus 6A yang tidak mungkin didapat dari output arduino. Pada alat ini juga saya sertakan sensor suhu DS18B20 yang berfungsi sebagai monitoring suhu dari peltier yang digunakan. Dan I2C LCD terhubung pada pin A5, A6, GRND, VCC Arduino nano yang berfungsi untuk menampilkan hasil pembacaan suhu.



Gambar 3. Instrumentation amplifier

**III. HASIL**

Dalam studi ini, Termometer telah diuji menggunakan alat standart di laboratorium BPFK (Fluke, 1524, USA) dan Alat Kalibrator Termometer Badan Berbasis Kontrol PID. Berikut adalah hasil desain penelitian :



Gambar 4. Desain Kalibrasi Termometer Badan Berbasis Kontrol PID

1) *Rancang Bangun*

Foto desain rangkaian ditunjukkan pada Gambar 4. Terdiri dari terdiri dari mikrokontroler Arduino Nano yang merupakan papan utama perangkat. Transistor TIP untuk menaikkan arus agar lebih dari 1A sesuai kebutuhan elemen peltier. Resistor Variabel untuk menahan arus yang masuk ke base TIP agar tidak berlebihan.

2) *Listing Program Sistem ON/OFF*

Dalam tulisan ini, perangkat lunak dibagi menjadi dua bagian yaitu untuk pemrograman ON/OFF dan PID. Program listing untuk ON/OFF ditunjukkan pada Listing Program 1. Yang terdiri dari program untuk mengontrol suhu menggunakan sistem ON/OFF.

Listing program 1. Program Sistem ON/OFF

```

Int pinpwm = 9
if(suhu >= sp){analogWrite(pinpwm,0);}
if(suhu < sp){analogWrite(pinpwm,255);}

lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("ON/OFF ");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Set");
lcd.print(sp);
lcd.print(" Temp=");
lcd.print(suhu, 1);
lcd.print("C");
    
```

3) *Listing Program Sistem PID*

Program listing untuk PID ditunjukkan pada Listing Program 2. Yang terdiri dari program untuk mengontrol suhu menggunakan sistem PID.

Listing Program 2. Program Sistem PID

```

analogWrite(pinpwm,pid);
error = sp - suhu;
p = error * kp;
sumerr = error + errorx;
ix = ki * sumerr;
d = kd * (error - errorx);
pid = p + ix + d;

if(pid < 0){pid = 0;}
if(pid > 255){pid = 255;}

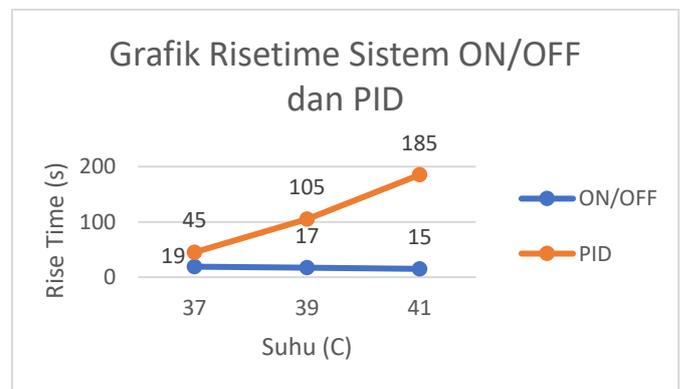
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("PID");
lcd.print(pid);
lcd.print(" ");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Set");
lcd.print(sp);
lcd.print(" Temp=");
//lcd.print(suhutampil, 1);
lcd.print(suhu, 1);
lcd.print("C");
    
```

4) *Risetime sistem ON/OFF dan sistem PID*

Pengukuran risetime atau waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu setting yang stabil pada sistem ON/OFF dan sistem PID.

Tabel I. RISETIME SISTEM ON/OFF DAN SISTEM PID

Suhu (C)	Risetime ON/OFF (s)	Risetime PID(s)
37	19	45
39	17	105
41	15	185

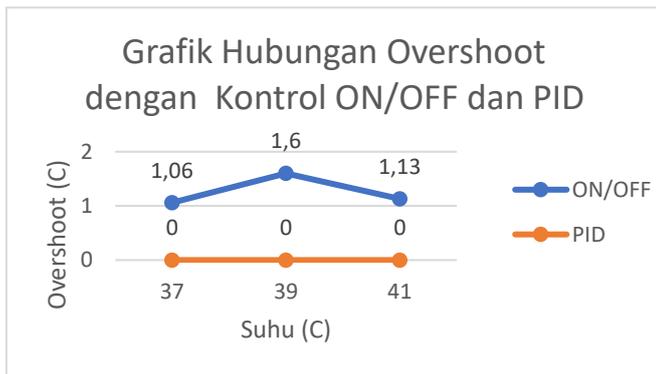


Gambar 5. Grafik Risetime sistem ON/OFF dan sistem PID

Grafik 5 merupakan risetime kontrol ON/OFF dan kontrol PID, dari grafik tersebut terlihat bahwa pencapaian suhu setting kontrol ON/OFF waktunya lebih cepat dari pada sistem PID.

Tabel II. OVERSHOOT SISTEM ON/OFF DAN SISTEM PID

Suhu (C)	Overshoot ON/OFF	Overshoot PID
37	1,06	0
39	1,6	0
41	1,13	0



Gambar 6. Grafik Overshoot sistem ON/OFF dan sistem PID

Gambar 6 merupakan overshoot kontrol ON/OFF dan kontrol PID, dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa overshoot tertinggi kontrol on/off pada suhu 39°C adalah 1,6 dan overshoot terendah kontrol on/off pada suhu 37°C adalah 1,06. Sedangkan pada overshoot kontrol PID adalah 0, atau tidak terdapat overshoot.

5) Error Pengukuran Termometer Terkalibrasi

Validasi nilai pengukuran termometer menggunakan alat standar BPFK. Kesalahan ditunjukkan pada Tabel I.

Tabel III. ERROR PENGKURUAN MENGGUNAKAN ALAT STANDAR (BPFK)

Setting Suhu (C)	Error(%)
37	0.00
39	0.01
41	0.02

Error pengukuran thermometer merk ThermoOne menggunakan alat standar BPFK dari tabel I dapat diketahui bahwa error tertinggi pengukuran menggunakan alat standar

(BPFK) di titik setting 41C adalah 0,02%, nilai error terendah pada titik setting 37 adalah 0,00%.

Tabel IV. ERROR PENGKURUAN MENGGUNAKAN MODUL TUGAS AKHIR SSITEM ON/OFF

Setting Suhu (C)	Error(%)
37	0.07
39	0.07
41	0.07

Error pengukuran thermometer merk ThermoOne Modul TA sistem ON/OFF dari tabel II dapat diketahui bahwa Error masing masing setting suhu pada modul TA sistem PID di titik setting 41 adalah 0,07.

Tabel V. ERROR PENGKURUAN MENGGUNAKAN MODUL TUGAS AKHIR SSITEM PID

Setting Suhu (C)	Error(%)
37	0.00
39	0.07
41	0.07

Error pengukuran thermometer merk ThermoOne menggunakan modul TA sistem PID bahwa error tertinggi pengukuran menggunakan alat standar (BPFK) di titik setting 41C adalah 0,07%, nilai error terendah pada titik setting 37 adalah 0,00%.

Tabel VI. KETIDAKPASTIAN (UA) PENGKURUAN MENGGUNAKAN MODUL TUGAS AKHIR SSITEM PID

Setting Suhu (C)	Ketidakpastian (UA)		
	Alat Standar	Modul sistem ON/OFF	Modul Sistem PID
37	0,1	0.07	0,06
39	0,1	0.10	0,06
41	0,1	0.12	0,06

IV. PEMBAHASAN

Desain Kalibrator Termometer telah diuji dan diuji secara lengkap dalam penelitian ini. Berdasarkan pengukuran keluaran Kalibrator Termometer, output yang dihasilkan saat pengukuran kalibrasi termometer yang terkalibrasi menunjukkan nilai yang sama pada masing-masing setting.

Dari penelitian bahwa dari segi pencapaian suhu kontrol ON/OFF lebih cepat dari pada kontrol PID, sedangkan dari segi overshoot, kontrol PID lebih baik dari pada kontrol ON/OFF.

Dengan kata lain dapat di artikan bahwa kontrol PID baik digunakan sebagai kontrol kestabilan suhu pada kalibrator termometer.

Dengan membandingkan modul dengan alat standar (BPFK) dapat di peroleh peralatan ini layak digunakan karena masing-masing memiliki memiliki jumlah nilai error dan nilai ketidakpastian kurang dari toleransi yang dizinkan yaitu  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$  pada setting suhu  $37^{\circ}\text{C}$ ,  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$  pada setting suhu  $39^{\circ}\text{C}$  dan  $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  pada setting suhu  $41^{\circ}\text{C}$  sesuai dengan metode kerja kalibrasi termometer Keputusan Dirjen Pelayanan Kesehatan No : HK.02.02/V/5771/2018 Tanggal 28 November 2018..

Penelitian ini juga dibandingkan dengan karya lainnya. Eka Fitriyadi menemukan bahwa respon sistem PID dengan sistem setting, semakin besar akan mengakibatkan waktu naiknya semakin besar [15].

## V. KESIMPULAN

Penelitian ini telah mendemonstrasikan perkembangan kalibrator termometer badan menggunakan elemen peltier berbasis kontrol PID sesuai dengan Metode Kerja Kalibrasi ini layak digunakan karena memiliki memiliki nilai koreksi tertinggi 0,07% dan nilai ketidakpastian 0,06 kurang dari toleransi yang dizinkan dan sesuai dengan tujuan penelitian untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kesalahan pengukuran, mendapatkan suhu yang lebih stabil dan lebih cepat dalam pencapaian suhu setting pada media kalibrator termometer. Dapat disimpulkan bahwa kontrol PID laik digunakan sebagai kontrol kestabilan suhu pada kalibrator termometer.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Steven, D. Zebua, M. S. Suraatmadja, and A. Qurthobi, "PERANCANGAN TERMOMETER DIGITAL TANPA SENTUHAN MLX90164 Infrared Temperature Sensor Arduino Uno R3," vol. 3, no. 1, pp. 43–48, 2016.
- [2] R. F. Masithoh, D. Fakultas, I. Kesehatan, and U. Muhmmadiyah, "Perbandingan Pengukuran Suhu Tubuh Antara Termometer Air Raksa Dan Termometer Membran Timpani Anak Usia 1-3 Tahun," no. February, pp. 1374–1377, 2017.
- [3] F. I. Keperawatan and S. Unjani, "Pengaruh pengukuran suhu termometer infrared membran timpani terhadap kenyamanan anak usia pra sekolah," vol. 1, no. 1, pp. 83–91.
- [4] E. W. Hammer, "Process heat transfer," *Journal of the Franklin Institute*, vol. 250, no. 5. pp. 462–463, 1950.
- [5] A. Juanda, "Perancangan Self-Tuning PID," pp. 5–23, 2009.
- [6] A. Braun and A. Braun, "Auto Tuning PID Berbasis Metode Osilasi Ziegler-Nichols Menggunakan Mikrokontroler AT89S52 pada Pengendali Suhu," *Optim. und Adapt. Regelung Tech. Syst.*, pp. 213–219,

- 2020.
- [7] I. M. Belov, M. P. Volkov, and S. M. Manyakin, "Optimization of Peltier thermocouple using distributed Peltier effect," *Int. Conf. Thermoelectr. ICT, Proc.*, no. 095, pp. 316–318, 1999.
- [8] M. Anggit Ananda Solichin, Dr. I Dewa Gede Hari Wisana, ST, MT, Dra. Dwi Herry Andayani, "Monitoring detak jantung, suhu tubuh, dan respirasi berbasis telemedicine via android," 2018.
- [9] R. H. Sudhan, M. G. Kumar, A. U. Prakash, S. A. N. U. R. Devi, and P. Sathiya, "ARDUINO ATMEGA-328," vol. 3, no. 4, pp. 27–29, 2015.
- [10] Arduino.cc, "Arduino Nano Spesification," 2018.
- [11] S. Cheppali, "All About Microcontroller," *icircuit*, 2014.
- [12] I. P. Adi, S. Gunawan, N. Tamami, and R. Rokhana, "Rancang Bangun Alat Monitoring Detak Jantung dan Suhu Tubuh Untuk Telemedicine," 2017.
- [13] I. P. Adi, S. Gunawan, I. D. G. H. W, M. P. Atp, and J. T. Elektromedik, "BPM dan Suhu Tubuh Interface Android dilengkapi dengan Telemedicine ( Parameter Suhu Tubuh )," pp. 1–11, 2015.
- [14] U. Indonesia, M. Riyadh, F. Teknik, P. Studi, and T. Mesin, "Analisa proses adsorpsi dengan variasi bentuk silika gel sebagai adsorben dan air sebagai adsorbat untuk aplikasi pendingin alternatif skripsi," 2009.
- [15] I. S. Eka Fitriyadi, Imam Santoso, "Aplikasi kontrol pid untuk pengontrolan suhu model sistem hipertermia berbasis sensor thermopile mlx90247," pp. 1–8, 2005.