

# IMPLEMENTASI KONTROL PID UNTUK PENGENDALIAN SUHU KANDANG DOC AYAM BROILER BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)

Benny Ferdiansyah<sup>1</sup>, Akhmad Fahruzi<sup>2\*</sup>

<sup>1,2</sup>Program studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya; Jl. Arief Rahman Hakim No.100, Klampis Ngasem, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 60117

## Keywords:

DOC Ayam Broiler;  
Kontrol Suhu;  
PID;  
IoT;  
ESP32.

## Correspondent Email:

fahruziakhmad@itats.ac.id

**Abstrak.** Peternakan ayam potong (broiler) banyak diminati masyarakat Indonesia karena permintaan pasar yang cukup besar. Pemeliharaan atau budidaya ayam broiler, terdapat fase kritis yang disebut masa brooding. Pada masa ini, ayam masih baru menetas atau disebut dengan DOC yang berlangsung selama 14 hari, dimana kondisi lingkungan harus dijaga seperti kebersihan dan suhu kandang. Pada penelitian ini, telah dibuat sebuah alat kontrol suhu kandang pada DOC ayam broiler. Sebagai pemanasnya adalah dua buah lampu pijar yang dikendalikan dengan dua metode PID secara *independent*. Tujuannya adalah memaksimalkan pemerataan suhu didalam kandang agar sesuai set point suhu kandang yang diinginkan. Dari hasil pengujian, dua kontrol PID mampu menjaga kestabilan suhu kandang dengan nilai *steady state error* 1,32% dan 1,91% untuk kontrol PID-1 dan PID-2. Pengujian juga dilakukan menggunakan 10 ekor DOC ayam broiler selama 14 hari. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa semua DOC ayam broiler tidak ada yang mati dan DOC ayam broiler menunjukkan keaktifan yang menunjukkan bahwa DOC ayam broiler dalam kondisi sehat. Sistem IoT telah berhasil diterapkan dengan ESP32 dengan bantuan aplikasi MIT App Inventor sebagai tampilan pada smartphone. Tampilan ini memudahkan memonitoring suhu kandang ayam broiler.



Copyright © [JITET](http://www.jitet.ac.id) (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.** Broiler chicken farming is highly favoured by the Indonesian community due to significant market demand. In the rearing or cultivation of broiler chickens, there is a critical phase known as the brooding period. During this time, the newly hatched chickens, referred to as Day-Old Chicks (DOCs), undergo a 14-day period where environmental conditions, such as cleanliness and coop temperature, must be carefully maintained. In this research, a coop temperature control device for broiler DOCs has been developed. Two incandescent lamps serve as heaters, controlled independently by two PID methods. The primary objective is to maximize temperature uniformity within the coop to achieve the desired temperature set-point. From the test results, the two PID controllers successfully maintained coop temperature stability, exhibiting steady-state error values of 1.32% and 1.91% for PID-1 and PID-2 control, respectively. Furthermore, testing was conducted over 14 days using 10 broiler DOCs. The outcomes demonstrated that all broiler DOCs survived, and they displayed active behaviour, indicating their healthy condition. An IoT system has been successfully implemented using an ESP32 microcontroller, with the assistance of the MIT App Inventor application providing a display on a smartphone. This display facilitates the easy monitoring of the broiler chicken coop temperature.

## 1. PENDAHULUAN

Salah satu jenis industri peternakan yang banyak diminati oleh masyarakat Indonesia adalah peternakan ayam potong (broiler) atau disebut juga ayam pedaging. Peternak memilih budidaya ayam broiler karena permintaan yang besar dan usia panen yang cepat sekitar 30-45 hari. Budidaya ayam broiler memiliki beberapa tantangan, salah satunya adalah saat ayam berada pada masa brooding dimana ayam dalam keadaan baru menetas atau disebut juga dengan DOC (*Day Old Chick*) ayam broiler. Masa brooding ayam broiler adalah fase kritis yang berlangsung selama 14 hari, sehingga membutuhkan penanganan dan pemeliharaan yang tepat. Pada masa brooding, DOC ayam broiler membutuhkan suhu kandang 33-35°C. Jika suhu kandang tidak terpenuhi maka DOC ayam broiler akan mengalami stress yang dapat meningkatkan risiko sakit, kematian dan menghambat pertumbuhan [1][2][3].

Pada peneliti sebelumnya, kontrol atau monitoring suhu pada kandang ayam telah banyak dilakukan, akan tetapi pengembangan konsep dan metode masih diperlukan. Viki Maulana telah membuat sistem monitoring kondisi kandang ayam seperti suhu dan juga memberi pakan secara otomatis. Tapi pada penelitian ini, kontrol suhu kandang dilakukan dengan metode ON-OFF [4]. Sistem monitoring suhu dan kelembaban juga telah dilakukan berbasis IoT, tujuannya adalah memudahkan melakukan pengawasan [5][6][7][8]. Pengendalian suhu kandang ayam juga telah dilakukan, tapi sistem kontrolnya hanya ON-OFF media pemanas dan blowernya. Akibatnya fluktuasi suhu kandang cukup besar [9][10][11]. Selain monitoring, kontrol suhu pada kandang ayam broiler juga dilakukan menggunakan kontrol PID dengan metode tuning *Ziegler Nichols*. Hasilnya penelitian diperoleh bahwa nilai *error steady state* sangat kecil yaitu 0,6% tapi *time settling* mencapai 21, 33 menit [1]. Metode PID juga diterapkan pada kandang ayam broiler tapi nilai *overshoot* cukup besar [12].

Dari *state of the art* penelitian tentang kontrol dan monitoring suhu kandang ayam broiler maka peneliti mengajukan konsep

kontrol suhu dan monitoring kandang ayam yang difokuskan pada DOC ayam broiler pada fase brooding. Media pemanas yang dipakai adalah dua buah lampu pijar yang dikendalikan menggunakan metode PID. Agar suhu kandang lebih merata sesuai dengan set point suhu yang diinginkan maka pada penelitian ini menggunakan dua PID yang *independent* dalam mengendalikan dua lampu pijar tersebut. Selain itu, suhu kandang aktual juga ditampilkan di smartphone melalui jaringan internet (IoT) untuk mempermudah melakukan pengawasan suhu kandang ayam.

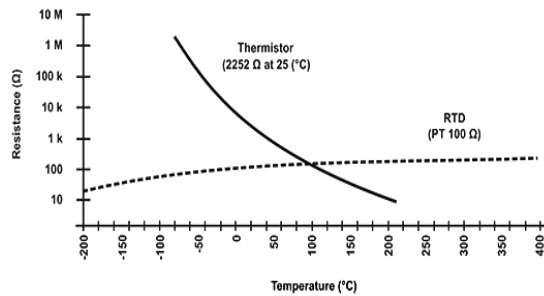
## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Anak Ayam Broiler (DOC)

DOC merupakan anak ayam yang berumur sehari sampai 14 hari. Masa brooding merupakan masa pemeliharaan DOC hingga 14 hari. Karena ayam baru mampu mengatur suhu tubuhnya sendiri pada umur 14 hari, maka pemeliharaan pada masa brooding menjadi landasan yang kokoh bagi pemeliharaan anak ayam broiler. Pemeliharaan atau perawatan selama fase brooding meliputi menjaga kebersihan kandang dan memperhatikan suhu kandang yaitu disekitar 33-35°C. jika keadaan tersebut tidak terpenuhi maka DOC akan menjadi stress yang berakibat pada penurunan konsumsi makan.

### 2.2 Thermistor NTC

Merupakan sensor suhu berupa resistor yang nilai hambatannya berubah tergantung dari perubahan suhu di sekitarnya. NTC (*Negative Temperature Coeffecience*) adalah salah satu jenis thermistor yang nilai hambatannya akan turun jika suhu disekitarnya naik. Secara umum, thermistor jenis NTC rata-rata idealnya untuk digunakan untuk mengukur suhu berkisar antara -55 sampai 200°C. karakteristik thermistor NTC terlihat seperti pada Gambar 1 [13]. Dalam gambar tersebut terlihat perbandingan perubahan resistansi antara thermistor NTC dan RTD (PT100) dimana NTC memiliki respon kemiringan curam antara perubahan suhu dan resistansi dibandingkan RTD.



Gambar 1. Karakteristik thermistor NTC dan RTD (PT100)

### 2.3 ESP32

Merupakan jenis mikrokontroler yang dihadirkan oleh Espressif systems. ESP32 menyediakan konektivitas wifi dan Bluetooth yang sudah terintegrasi sehingga menjadi pilihan idela untuk berbagai aplikasi IoT. Selain itu, ESP32 juga menyediakan pin GPIO (*General Input Output Purpose*) dan mendukung antarmuka komunikasi standart seperti UART, SPI, I2C, PWM, ADC, DAC [14].

### 2.4 Firebase

Firebase didirikan pada tahun 2011 oleh Andrew Lee dan memperkenalkan basis data berbasis cloud secara real-time pada tahun yang pada tahun 2012. Google mengakuisisi tahun 2012 perusahaan ini pada tahun 2012.

Firebase menawarkan API dalam produk utamanya, memungkinkan pengembang untuk menciptakan API yang dapat didistribusikan ke berbagai klien yang berbeda, menyimpan data dasar di cloud. Fitur basis data real-time ini menggunakan model basis data NoSQL, menggunakan struktur data JSON untuk akses yang dapat diakses melalui URL <https://console.firebase.google.com/>. Proses dimulai dengan pendaftaran, kemudian aktivasi, pembuatan proyek baru, dan terakhir, memilih fitur basis data real-time setelah proyek terbentuk [15].

### 2.5 App Inventor

App Inventor, termasuk alat pembuat aplikasi yang didukung oleh Google Labs, memungkinkan pembuatan aplikasi yang berjalan di sistem operasi Android. Untuk mengakses App Inventor, pengguna diharuskan

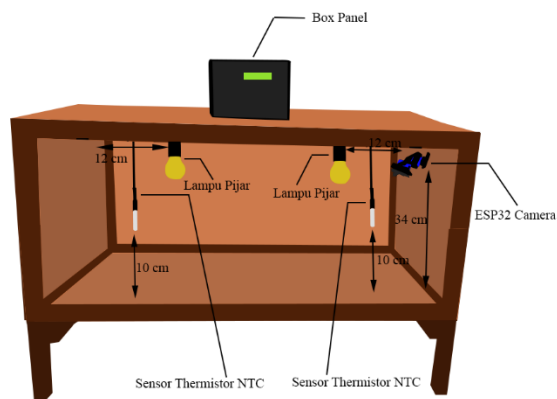
memiliki akun Google terlebih dahulu. Pada app inventor ini memiliki sedikit perbedaan diantara app builder yang lain. Dengan adanya app inventor ini kita tidak akan menemui lagi developer yang marah-marah karena aplikasi yang dibuat tidak berjalan, dan hal itu hanya disebabkan kesalahan pengkodean kurang tanda semicolon (;). Teknik pengkodean pada app inventor ini menggunakan teknik visual programing yang dimana berbentuk puzzle-puzzle yang bersusun dan memiliki logika tertentu. Jika kalian ingin baca-baca tutorialnya dan ingin melihat contoh aplikasinya dapat dilihat dipage explore [15].

## 3. METODE PENELITIAN

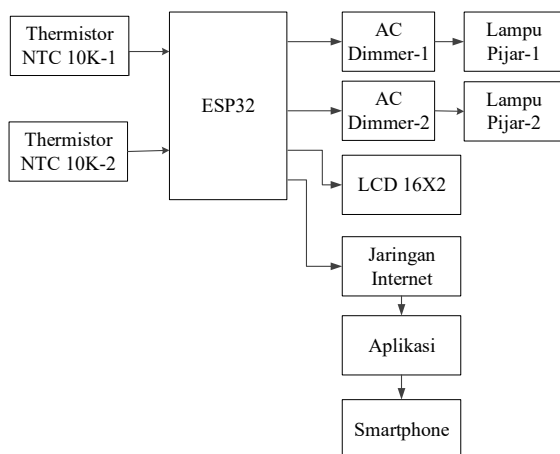
Pembuatan sistem kontrol dan monitoring suhu pada kandang ayam broiler ini menggunakan prosedur perancangan yang terdiri dari: perancangan perangkat keras, diagram sistem kontrol suhu, perancangan perangkat lunak dan rencana pengujian.

### 3.1 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras dimulai dengan rancangan mekanik yaitu kandang DOC ayam broiler. Ukuran kandang yang dipakai pada penelitian ini memiliki dimensi panjang 80 cm dan lebar 45 cm. Sensor suhu thermistor NTC yang dipakai ada dua dan diletakkan di posisi seperti yang terlihat pada gambar 2. Pada gambar 2 juga terlihat dua buah lampu pijar sebagai pemanas kandang. Dua lampu tersebut, masing-masing diletakkan didekat dengan sensor suhu thermistor. Pada penelitian ini, dua lampu pijar akan dikontrol secara *independent*, tujuannya agar suhu didalam kandang lebih merata sesuai suhu yang diinginkan. Penggunaan kamera yang menggunakan ESP32Camp bertujuan agar dapat memantau keadaan DOC ayam broiler dari jarak jauh. Sedangkan untuk blok diagram penelitian ini terlihat pada gambar 3. Dalam gambar 3 terlihat bahwa setiap lampu pijar dikendalikan menggunakan rangkaian AC dimmer. Data aktual pembacaan suhu pada masing-masing sensor thermistor NTC akan dikirim ke smartphone melalui jaringan internet menggunakan aplikasi App Inventor.



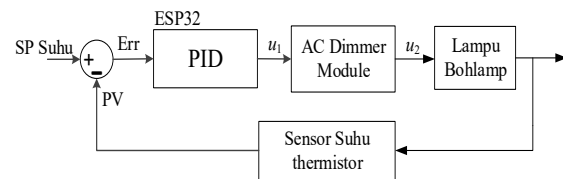
Gambar 2. Desain kandang DOC ayam broiler



Gambar 3. Blok diagram penelitian

### 3.2 Blok Diagram kontrol Suhu Kandang

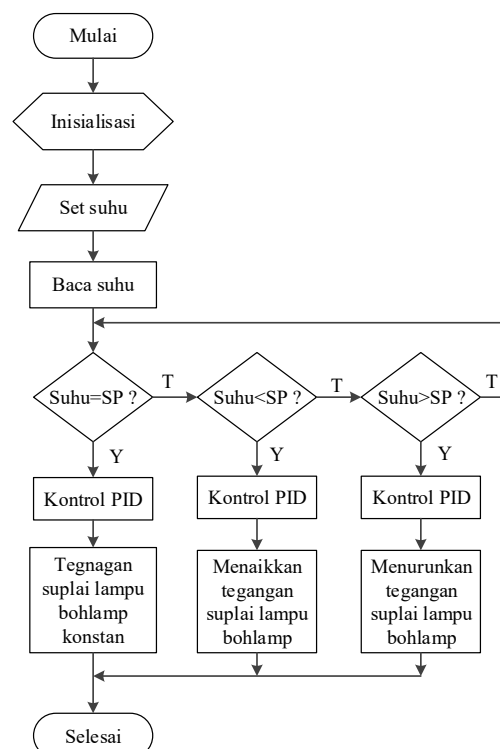
Pada penelitian ini, kontrol suhu kandang dilakukan menggunakan metode PID. Untuk media pemanasnya memakai dua lampu bohlam yang dikontrol secara *independent* seperti yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya. Gambar 4 adalah blok diagram sistem kontrol suhu kandang pada penelitian ini. Algoritma kontrol PID yang ditanamkan ke mikrokontroler ESP32 akan selalu membandingkan selisih antara suhu yang diinginkan (SP) dengan pembaca aktual suhu kandang (PV). Selisih pembacaan tersebut (Err) akan diproses oleh kontrol PID dan menghasilkan sinyal keluaran PID ( $u_1$ ) yang direpresentasikan dalam bentuk sinyal PWM. Kemudian sinyal PWM digunakan untuk mengendalikan terang redup lampu pijar melalui rangkaian *AC Dimmer module*.



Gambar 4. Blok diagram kontrol suhu kandang

### 3.3 Perancangan Perangkat Lunak

Diagram alir pada penelitian ini seperti yang ditunjukkan pada gambar 5. Dalam gambar 5 terlihat bahwa suhu aktual kandang DOC ayam broiler dibandingkan dengan set point (SP) suhu yang diinginkan. Jika suhu aktual kandang lebih kecil dari SP maka algoritma PID akan menghasilkan sebuah sinyal kontrol yang akan menaikkan tegangan suplai lampu pijar. Akibatnya lampu pijar akan nyala dengan terang dan otomatis suhu kandang akan naik. Akan tetapi jika suhu aktual suhu kandang sama dengan SP maka sinyal kontrol PID tidak akan berubah yang mengakibatkan tegangan suplai lampu pijar juga tidak berubah.



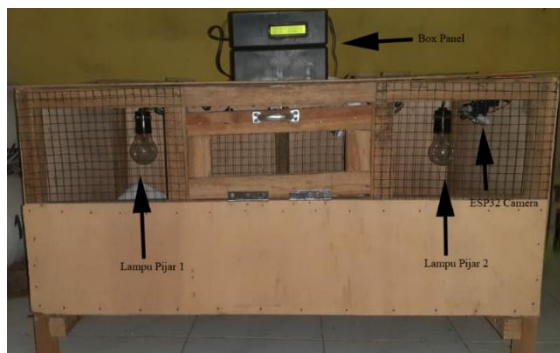
Gambar 5. Diagram alir penelitian

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah tahap perancangan dan pembuatan telah selesai dibangun maka tahap selanjutnya

adalah menguji performansinya. Gambar 6 adalah hasil desain kandang DOC ayam kandang pada penelitian ini. Sesuai dengan rancangan yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya, media pemanas menggunakan dua buah lampu pijar yang dikontrol secara *independent* menggunakan metode PID. Sedangkan untuk tampilan pada smartphone seperti yang ditunjukkan pada gambar 7. Kondisi suhu kandang dan sinyal keluaran data PID dapat dipantau dengan smartphone melalui jaringan internet. Selain itu, juga dapat melakukan kontrol dengan mematikan atau menyalakan lampu pijar jika terjadi kondisi yang tidak diinginkan.

Untuk mengetahui performansinya dari sistem kontrol suhu untuk DOC ayam broiler yang telah dibuat maka pengujian dilakukan dengan dua skenario, pertama adalah pengujian kontrol PID dan yang kedua adalah pengujian keseluruhan yaitu dengan diberikan DOC ayam broiler selama beberapa hari.



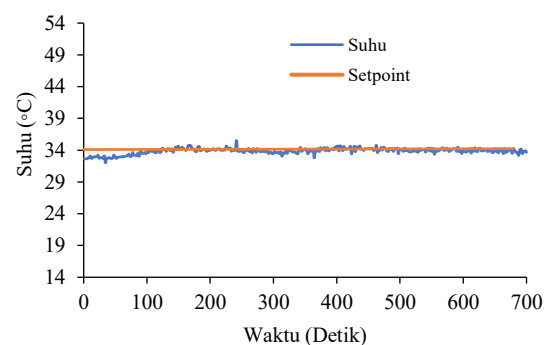
Gambar 6. Desain kandang DOC ayam broiler



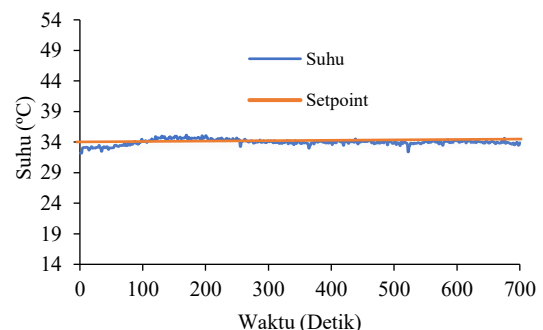
Gambar 7. Tampilan suhu di smartphone

#### 4.1 Pengujian Kontrol Suhu dengan PID

Pada tahap ini, pengujian dilakukan untuk mendapatkan parameter konstanta  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$  yang optimal secara *trial and error*. Pada pengujian ini, kontrol PID-1 dipakai untuk mengendalikan lampu pijar 1 dan kontrol PID-2 untuk mengendalikan lampu pijar 2. Berdasarkan hasil pengujian, telah didapat nilai konstanta yang optimal untuk kedua kontrol PID yaitu  $K_p = 0,5$ ,  $K_i = 0,3$  dan  $K_d = 0,1$ . Gambar 8 dan 9 adalah merupakan hasil performansi kontrol suhu pada kandang DOC ayam broiler. Pengujian dilakukan selama 700 detik dengan suhu awal 32°C dan set point 34°C. Sedangkan sebagai indikator performansinya, kedua kontrol PID (PID-1 dan PID-2) memiliki *error steady state* sebesar 1,32% , 1,91% dan *settling time* 145 detik, 99 detik untuk kontrol PID-1 dan PID-2. Hasil ini menunjukkan bahwa suhu didalam kandang DOC ayam broiler dapat berkerja sesuai yang diharapkan dan suhu juga lebih merata.



Gambar 8. Performansi kontrol PID-1



Gambar 9. Performansi kontrol PID-2

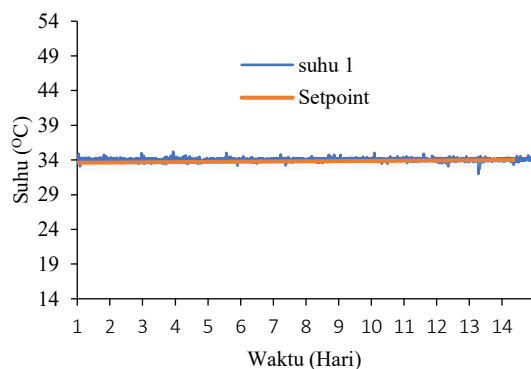
#### 4.2. Pengujian Keseluruhan

Setelah memastikan bahwa kontrol suhu dengan metode PID dapat berjalan sesuai yang

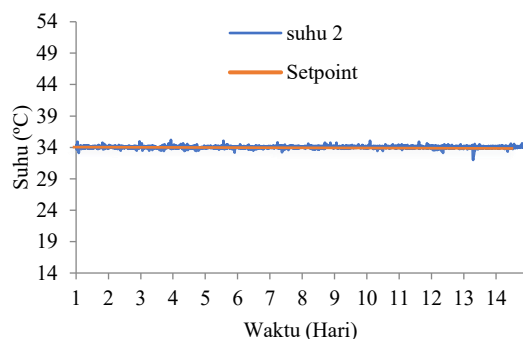


diharapkan, maka tahapan pengujian terakhir adalah menerapkan alat yang telah dibuat pada DOC ayam broiler. Pada pengujian ini menggunakan DOC ayam broiler sebanyak 10 ekor dan dilakukan selama 14 hari. Waktu tersebut menyesuaikan dengan masa brooding DOC ayam broiler. Seperti pada pengujian sebelumnya, set point yang dipakai pada pengujian ini adalah 34°C. Gambar 10 dan 11 adalah hasil pengujian kontrol suhu selama 14 hari. Dari gambar tersebut terlihat bahwa suhu kandang ayam stabil pada nilai 34°C dan tidak dipengaruhi oleh cuaca lingkungan sekitar.

Untuk kondisi DOC ayam broilernya terlihat pada Tabel 1. Selama diuji, DOC ayam broiler diberi makan dua kali sehari yaitu pukul 07.00 dan 16.00 WIB. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa DOC ayam broiler tidak ada yang mati selama masa brooding dan selama dikandang menunjukkan keaktifan bergerak yang dapat dikategorikan bahwa DOC ayam boiler dalam kondisi sehat.



Gambar 10. Performansi kontrol PID-1 selama 14 hari



Gambar 11. Performansi kontrol PID-2 selama 14 hari

Tabel 1. Kondisi DOC ayam broiler selama masa brooding

Hari ke	Foto DOC	Hari ke	Foto DOC
1		8	
2		9	
3		10	
4		11	
5		12	
6		13	
7		14	

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil beberapa pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa:

- Pengendalian suhu kandang DOC ayam broiler menggunakan dua lampu pijar yang dikontrol dengan metode PID secara *independent* mampu menjaga pemerataan suhu kandang. Hasil menunjukkan bahwa suhu kandang dapat terjaga set pointnya sesuai set point diinginkan. Untuk indikator performansinya, masing-masing kontrol PID (PID-1 dan PID-2) memiliki *steady state error* yang relatif kecil yaitu 1,32%, 1,91% dan *settling time* 145 detik, 99 detik untuk masing-masing kontrol PID-1 dan PID-2.
- Pada penelitian ini juga dilakukan pengujian dengan DOC ayam broiler. Dari 10 ekor yang diuji selama 14 hari, semuanya hidup dan DOC ayam broiler menunjukkan keaktifan yang menunjukkan bahwa DOC ayam broiler dalam kondisi sehat.

- c. Sistem IoT telah berhasil diterapkan dengan ESP32 sebagai mikrokontroler yang memungkinkan agar sistem mudah dan berhasil dimonitoring secara jarak jauh melalui smartphone dengan aplikasi MIT app Inventor dan platform firebase.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua, Dosen pembimbing, penguji, koordinator tugas akhir dan kepala program studi teknik elektro Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya yang telah memberi dukungan penuh atas selesainya penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. B. S. Pratama, Y. Z. Maulana, and H. Pujiharsono, "Sistem Pengendali Suhu Pada Kandang Ayam Broiler Berbasis Kendali PID," *J. Telecommun. Electron. Control Eng.*, vol. 6, no. 2, pp. 117–124, 2024, doi: 10.20895/jtece.v6i2.1359.
- [2] Dewi Raokhil Iklima Fariyya, "Rancang Bangun Monitoring Suhu, Kelembaban, Dan Intensitas Cahaya Pada Kandang Ayam Berbasis Web," *Walisongo Institutional Repos.*, p. 26, 2020.
- [3] N. I. Afiah, D. N. Ramadan, and T. N. Damayanti, "Prototype Otomasi Dan Monitoring Suhu Dan Kelembapan Pada Peternakan Ayam Broiler Berbasis Iot," *TELKITA (Jurnal Telekomun. Elektro, Komputasi, dan Inform.)*, vol. 7, no. 6, 2021.
- [4] V. Maulana *et al.*, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Lingkungan Kandang Ayam Pedaging Berbasis Internet of Things ( Iot )," *JITET (Jurnal Inform. dan Tek. Elektro Ter.)*, vol. 13, no. 3, pp. 1464–1472, 2025, doi: <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i3S1.7748>.
- [5] R. Aspari, Lalu Delsi Samsumar, Emi Suryadi, Ardiyallah Akbar, and Zaenudin, "Sistem Monitoring Suhu Dan Kelembapan Pada Kandang Ayam Broiler Berbasis Internet of Things Untuk Meningkatkan Produksi," *J. Comput. Sci. Inf. Technol.*, vol. 1, no. 4, pp. 351–358, 2024, doi: 10.70248/jcsit.v1i4.1285.
- [6] C. Cardi and A. Najmurrokhman, "Pengembangan Sistem Informasi Suhu dan Kelembapan Kandang Ayam Tertutup Menggunakan Platform Internet-of-Things," *JUMANJI (Jurnal Masy. Inform. Unjani)*, vol. 5, no. 2, p. 110, 2021, doi: 10.26874/jumanji.v5i2.97.
- [7] G. T. Hadiyanto, R. Saptarika, N. Effendi, and A. K. Raharjo, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu Dan Kelembaban Kandang Anak Ayam Berbasis Arduino Uno Melalui Bluetooth," *Zo. Elektro J. Ilm.*, vol. 15, no. 1, pp. 41–48, 2025.
- [8] D. Hidayat and I. Sari, "MONITORING SUHU DAN KELEMBABAN BERBASIS INTERNET of THINGS (IoT)," *J. Teknol. Dan Ilmu Komput. Prima*, vol. 4, no. 1, pp. 525–530, 2021, doi: 10.34012/jutikomp.v4i1.1676.
- [9] M. Hanafi and I. Suharjo, "Rancang Bangun Sistem Kendali Suhu Kandang Ayam Berbasis IoT Dengan Notifikasi Otomatis dan Pemantauan Real-Time," *J. Komputer, Inf. dan Teknol.*, vol. 5, no. 1, p. 16, 2025, doi: 10.53697/jkomitek.v5i1.2836.
- [10] M. Fathur Rahman, Syahrul Mustafa, and Muhammad Khaidir, "Monitoring Otomatis Heater Kandang DOC Ayam Broiler Berbasis Arduino UNO," *J. Tematis*, vol. 4, pp. 36–43, 2023.
- [11] F. H. Mustianto, Asni Tafrikhatin, and Ajeng Tiara Wulandari, "Rancang Bangun Pengatur Suhu Kandang Ayam Otomatis Menggunakan Sensor DHT22 Berbasis Wemos D1 R32 Dengan Keluaran Berupa LCD dan Notifikasi Telegram," *JASATEC J. Students Automotive, Electron. Comput.*, vol. 2, no. 1, pp. 9–19, 2023, doi: 10.37339/jasatec.v2i1.1237.
- [12] B. G. Caesario, E. Setiawan, and R. Primananda, "Sistem Pengendalian Suhu pada Kandang Ayam Broiler menggunakan PID Controller," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 7, no. 3, pp. 1336–1344, 2023, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [13] A. F. Khairani and D. Ratnawulan, "PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI LISTRIK KERAMIK ZnFe2O4 DENGAN DOPING TiO2 UNTUK TERMISTOR NTC DENGAN TEKNIK PRESSING," *Pillar Phys.*, vol. 12, no. 1, pp. 77–84, 2019, [Online]. Available: <https://ejournal.unp.ac.id/students/index.php/fis/article/view/6315%0Ahttps://ejournal.unp.ac.id/students/index.php/fis/article/download/6315/3221>
- [14] 2025 Espressif Systems, "ESP32 Series Datasheet Version 5.2," 2025. [Online]. Available: [https://documentation.espressif.com/esp32\\_datasheet\\_en.pdf](https://documentation.espressif.com/esp32_datasheet_en.pdf)
- [15] R. J. Gunadi, R. Tanone, and Y. R. Beeh, "Penerapan Firebase Cloud Storage Pada Aplikasi Mobile Android Untuk Melakukan Penyimpanan Image Lahan Pertanian," *(Jurnal Teknol. Informasi)*, vol. 4, 2020.