pISSN : 0852-0232, eISSN : 2656-582X DOI : 10.14710/gt.v22i2.xxxxx

RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN SUHU PADA KANDANG AYAM ANAK MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ARDUINO NANO BERBASIS PID

Muhammad Syauqillah[1)], Yuniarto[2)]
[1)]Program Studi Str. Teknik Listrik Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
E-mail : muhammadsyauqillah@students.undip.ac.id

ABSTRACT

Broiler chicken farming requires a stable environmental condition, particularly in terms of temperature and humidity, to support optimal growth and prevent thermal stress. To overcome the limitations of manual temperature regulation, an automatic temperature control system was designed based on the Proportional Integral Derivative (PID) algorithm using an Arduino Nano microcontroller. This system utilizes the DHT22 sensor to read temperature and humidity, while a keypad allows users to input the desired temperature set point. The PID output signal is used to regulate the power of a PTC heater through an AC Light Dimmer module using Pulse Width Modulation (PWM). Additionally, two fans serve as a ventilation system: an exhaust fan to expel hot air and a cooling fan to introduce fresh air. Testing demonstrated that the system could maintain the cage temperature close to the set point of 34°C with a relative sensor error of only 0.86%. Four rounds of PID tuning were conducted, resulting in optimal parameters of Kp = 21.8, Ki = 0.048, and Kd = 3800. These results show that the system offers more stable and efficient temperature control compared to conventional on-off methods. Furthermore, the system is designed to operate offline without an internet connection, making it suitable for implementation in remote farming areas.

Keywords*: temperature control, arduino nano, and pid control*

1.PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ayam broiler adalah istilah untuk menyebutkan strain ayam hasil budidaya teknologi yang memiliki karakteristik ekonomis dengan ciri khas pertumbuhan cepat sebagai penghasil daging, konversi pakan irit, siap dipotong pada usia relative muda, serta menghasilkan kualitas daging berserat lunak. Dalam pemeliharaan ayam broiler banyak faktor lingkungan yang memengaruhi salah satunya kandang. Kandang merupakan tempat ayam tinggal dan beraktivitas sehingga kandang yang nyaman sangat berpengaruh terhadap pencapaian produktivitas yang baik. Ayam merupakan ternak yang bersifat hemeotermis, artinya ayam akan selalu berusaha menjaga suhu tubuhnya tetap konstan, tidak mengikuti suhu lingkungan. Cara yang dipakai oleh ayam untuk mengurangi panas tubuh yaitu dengan radiasi, konduksi, konveksi, dan evaporasi. [1]

Industri peternakan ayam broiler memainkan peran penting dalam menyediakan sumber protein bagi masyarakat. Namun, salah satu tantangan utama dalam industri ini adalah menjaga kestabilan suhu dan kelembapan dalam kandang ayam. Suhu yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat menyebabkan stres termal pada ayam, yang berdampak pada penurunan nafsu makan, pertumbuhan yang terhambat, bahkan meningkatkan angka kematian. Ayam broiler membutuhkan suhu yang relatif stabil dan kondisi pertumbuhan yang memadai untuk pertumbuhan yang optimal. Suhu ideal untuk ayam broiler selama periode awal pemeliharaan ayam dimulai dari DOC (Day Old Chick) hingga umur 14 hari adalah 30–32°C, bahkan lebih dari 38°C. Masalah paling umum adalah tingginya suhu lingkungan dan kandang. [2]

Dalam perancangan sistem ini Arduino Nano dipilih karena memiliki ukuran yang ringkas, sehingga cocok digunakan pada sistem dengan ruang terbatas seperti prototipe kandang ayam. Arduino Nano memiliki jumlah pin input-output digital dan analog yang cukup untuk menghubungkan berbagai komponen, Mikrokontroler ini juga mendukung pengaturan sinyal PWM (Pulse Width Modulation) yang dibutuhkan dalam penerapan algoritma PID. Kemudahan dalam pemrograman serta

dukungan luas dari komunitas pengguna Arduino menjadikan Arduino Nano sebagai pilihan tepat dan efisien dalam pengembangan sistem otomatisasi sederhana namun andal.

Ketidak seimbangan suhu dapat mengganggu metabolisme ayam dan menyebabkan berbagai penyakit pernapasan serta infeksi. Oleh karena itu, diperlukan sistem otomatis yang dapat menjaga suhu kandang tetap stabil tanpa intervensi manual yang berlebihan. Sistem pengaturan suhu konvensional masih banyak menggunakan metode on-off yang kurang responsif dan boros energi.

Salah satu pendekatan yang lebih efisien adalah penggunaan kontrol Proportional Integral Derivative (PID), yang mampu memberikan pengendalian suhu lebih efektif dalam menjaga kestabilan suhu dibandingkan sistem on-off biasa. Sistem PID dapat mengontrol pemanas heater secara bertahap berdasarkan nilai error suhu terhadap set point yang telah ditentukan, sehingga sistem bekerja lebih optimal.

Dalam penelitian ini, dirancang sebuah "**Rancang Bangun Sistem Pengendalian Suhu Pada Kandang Anak Ayam Menggunakan Mikrokontroler Arduino Nano Berbasis PID**". Sistem ini menggunakan sensor suhu dan kelembapan yaitu DHT22 untuk membaca kondisi lingkungan dalam kandang ayam, serta dilengkapi dengan Heater dan Kipas Angin yang dikontrol menggunakan Pulse Width Modulation (PWM) agar dapat bekerja secara efisien. Dengan pendekatan ini, sistem mampu mengendalikan pemanas heater dan kipas secara adaptif, menjaga kestabilan suhu di dalam kandang ayam broiler sehingga diharapkan dapat meningkatkan kenyamanan dan produktivitas peternak.

1.2 Batasan Masalah

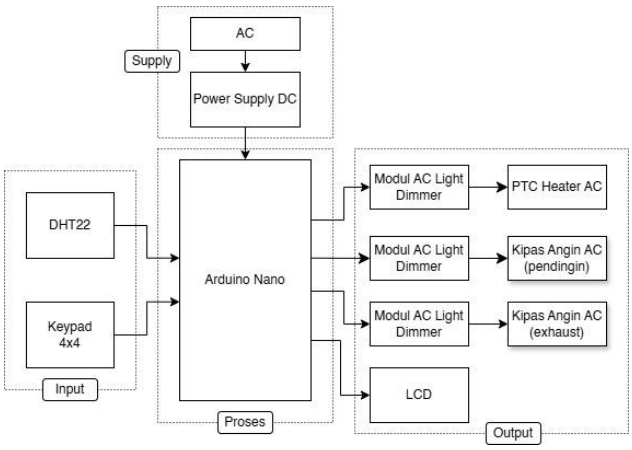
Dalam penyusunan Tugas Akhir tersebut, penulis perlu menentukan Batasan-batasan yang akan dijadikan pedoman dalam pengembangan dan implementasi sistem agar lebih terarah dan fokus. Adapun batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem hanya digunakan untuk mengontrol suhu kandang ayam berbasis mikrokontroler arduino nano.
2. Sistem tidak menggunakan konektivitas internet (non-IoT), sehingga tidak mencakup fitur seperti monitoring jarak jauh atau notifikasi via web.
3. Sensor yang digunakan untuk membaca suhu dan kelembapan adalah DHT22.
4. Algoritma yang digunakan untuk pengendalian suhu adalah PID.
5. Sistem tidak menggunakan data historis sebagai acuan untuk pengambilan keputusan otomatis, melainkan hanya merespons nilai set point yang dimasukkan secara manual oleh pengguna melalui keypad.
6. Sistem tidak mencakup aspek manajemen pakan dan kesehatan ayam?

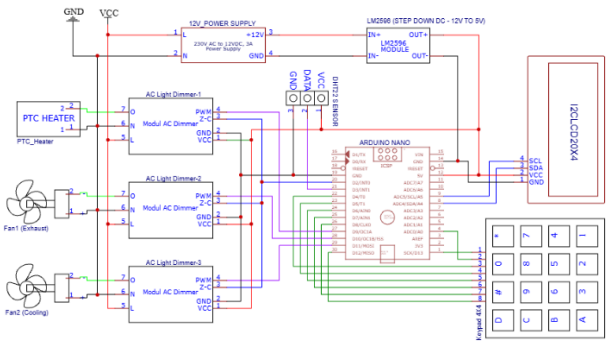
1. PERANCANGAN ALAT

2.1 Perancangan Hardware

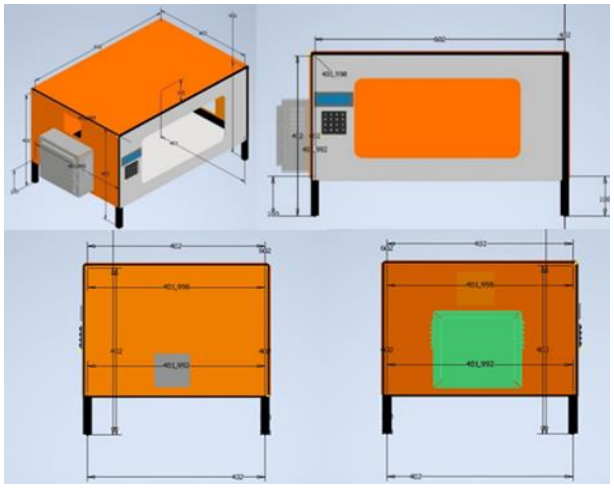
Perancangan *hardware* terdiri dari beberapa tahap, diantaranya adalah perancangan diagram blok yang ditunjukkan pada Gambar 2.1, perancangan skematik yang ditunjukkan pada Gambar 2.2, dan perancangan desain 3D alat yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.1 Diagram Blok



Gambar 2.2 Skematik Diagram



Gambar 2.3 Desain 3D

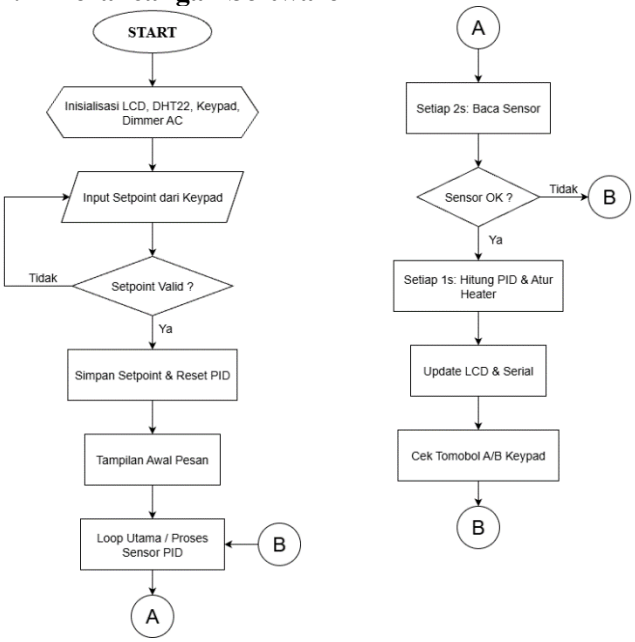
Sesuai dengan diagram blok pada Gambar 2.3, terdiri atas beberapa bagian utama, yakni sumber daya (supply), input, proses, dan output. Sistem ini memperoleh pasokan energi listrik dari sumber arus bolak-balik (AC), yang kemudian dikonversi menjadi arus searah (DC) melalui sebuah power supply DC agar sesuai dengan kebutuhan tegangan dari mikrokontroler dan komponen lainnya.

Pada bagian input, sistem dilengkapi dengan dua komponen utama, yaitu sensor DHT22 dan keypad 4x4. Sensor DHT22 digunakan untuk membaca suhu dan kelembapan lingkungan secara periodik, sedangkan keypad berfungsi sebagai antarmuka pengguna untuk memasukkan nilai suhu target (setpoint) yang diinginkan. Data yang diperoleh dari kedua komponen input ini kemudian dikirimkan ke mikrokontroler Arduino Nano.

Arduino Nano sebagai unit pusat pemrosesan akan mengolah data yang diterima dengan menjalankan algoritma PID (*Proportional-Integral-Derivative*) guna menghasilkan sinyal kontrol yang sesuai. Output dari algoritma PID digunakan untuk mengatur daya pada aktuator, yang dikendalikan melalui modul AC Light Dimmer. Selain itu, Arduino Nano juga bertugas menampilkan informasi suhu, kelembapan, dan status sistem pada LCD sebagai media visualisasi bagi pengguna.

Adapun pada bagian output, terdapat tiga jenis perangkat yang dikontrol secara langsung, yaitu PTC Heater AC untuk pemanasan, kipas angin AC sebagai pendingin, dan kipas exhaust AC untuk sirkulasi udara. Ketiga perangkat tersebut bekerja secara adaptif mengikuti hasil perhitungan PID, dengan tujuan menjaga suhu dan kelembapan kandang tetap stabil sesuai setpoint. Dengan demikian, seluruh sistem dapat bekerja secara otomatis, efisien, dan responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan di dalam kandang ayam.

2.2 Perancangan Software



Gambar 2.4 Flowchart Sistem

Pada Gambar 2.4 diperlihatkan *flowchart* sistem secara keseluruhan. Sistem diawali dengan inisialisasi seluruh perangkat keras utama, yaitu LCD I2C sebagai antarmuka pengguna, sensor suhu dan kelembapan DHT22, keypad 4x4 sebagai media input, serta modul AC Light Dimmer yang berfungsi sebagai aktuator dalam pengaturan daya pemanas dan kipas. Setelah proses inisialisasi selesai, sistem masuk ke tahap input nilai setpoint suhu dari pengguna melalui keypad. Sistem kemudian melakukan validasi terhadap nilai setpoint yang dimasukkan. Apabila nilai tersebut berada di luar batas minimum atau maksimum yang ditentukan, maka input dianggap tidak valid dan sistem akan menampilkan pesan kesalahan pada layar LCD serta meminta pengguna untuk mengulangi proses input. Sebaliknya, jika nilai setpoint dinyatakan valid, maka sistem akan menyimpan nilai tersebut, mereset parameter kendali PID (seperti nilai integral dan error sebelumnya), dan menampilkan pesan awal bahwa sistem siap untuk memulai proses pengendalian.

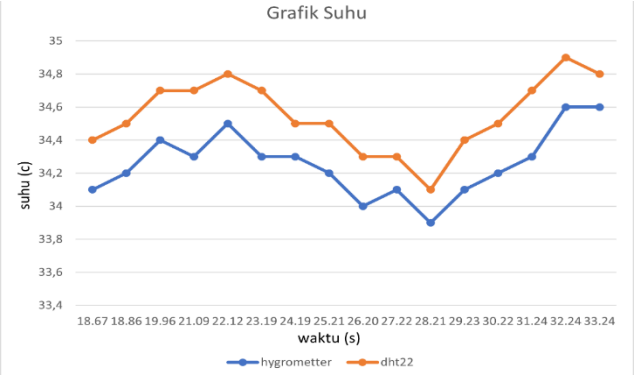
Pada tahap selanjutnya, sistem memasuki bagian utama dari program yang berjalan secara

berulang (looping). Pada bagian ini, sistem secara terus-menerus melakukan pemantauan terhadap input dari keypad, khususnya tombol A dan B. Tombol A berfungsi untuk masuk kembali ke mode pengaturan setpoint, sedangkan tombol B digunakan untuk berpindah tampilan di LCD antara tampilan normal dan tampilan parameter PID. Selain itu, secara berkala setiap dua detik, sistem akan membaca data dari sensor suhu dan kelembapan. Jika pembacaan sensor gagal atau menghasilkan nilai yang tidak valid, maka sistem akan menghentikan sementara proses kendali dan menampilkan pesan "ERROR SENSOR" pada layar LCD.

Apabila sensor berfungsi normal dan memberikan data yang valid, maka setiap satu detik sistem akan menjalankan algoritma kendali PID untuk menghitung nilai koreksi dari selisih antara suhu aktual dan suhu target (setpoint). Nilai koreksi ini kemudian digunakan untuk mengatur daya keluaran pada modul AC Light Dimmer yang mengendalikan pemanas atau kipas sesuai dengan kondisi ruangan. Sebagai contoh, ketika suhu ruangan berada di bawah setpoint, maka daya heater akan ditingkatkan, dan sebaliknya jika suhu terlalu tinggi maka heater akan dimatikan untuk menjaga suhu tetap stabil dalam zona toleransi (deadband) yang telah ditentukan. Seluruh data pengukuran dan hasil kendali akan ditampilkan secara real-time pada layar LCD dan juga dikirim melalui port serial ke komputer untuk keperluan pemantauan atau pencatatan data (logging). Seluruh proses ini berjalan secara terus-menerus selama sistem aktif, sehingga memungkinkan kontrol suhu dan kelembapan dalam kandang berlangsung secara otomatis dan berkesinambungan.

2. PENGUJIAN DAN ANALISA

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi tingkat akurasi pembacaan suhu dari sensor DHT22 yang digunakan dalam sistem. Data pembanding diambil dari alat Thermo-Hygrometer sebagai referensi. Pengukuran dilakukan sebanyak 16 kali dalam rentang waktu tertentu, dan setiap data dicatat dalam satuan derajat Celsius (°C). Dari hasil tersebut diperoleh selisih nilai antara sensor DHT22 dan Thermo-Hygrometer untuk kemudian dihitung error relatif (Er) dari setiap pengukuran.



Gambar 3.1 Grafik Peerbandingan Suhu

Tabel 3-1 Hasil Pengujian Perbandingan Data Suhu

No.	Times (s)	Thermo-Hygrometer	DHT22	Ea = Selisih	Er = Eror relatif
1	18.67	34,1	34,4	0,3	0,88
2	18.86	34,2	34,5	0,3	0,88
3	19.96	34,4	34,7	0,3	0,87
4	21.09	34,3	34,7	0,4	1,17
5	22.12	34,5	34,8	0,3	0,87
6	23.19	34,3	34,7	0,4	1,17
7	24.19	34,3	34,5	0,2	0,58
8	25.21	34,2	34,5	0,3	0,88
9	26.20	34	34,3	0,3	0,88
10	27.22	34,1	34,3	0,2	0,59
11	28.21	33,9	34,1	0,2	0,59
12	29.23	34,1	34,4	0,3	0,88
13	30.22	34,2	34,5	0,3	0,88
14	31.24	34,3	34,7	0,4	1,17
15	32.24	34,6	34,9	0,3	0,87
16	33.24	34,6	34,8	0,2	0,58
			Rata-rata eror		0,86

Berdasarkan pengujian terhadap alat ukur Thermo Hygrometer, sensor DHT22

menunjukkan rata-rata error relatif sebesar 0,86%, masih dalam batas toleransi yang wajar sesuai akurasi ±0,5°C pada datasheet. Selisih rata-rata suhu sekitar 0,3°C menunjukkan bahwa sensor cukup akurat dan layak digunakan. Pembacaan sensor juga stabil tanpa fluktuasi ekstrem, serta memiliki respons yang cukup cepat untuk kebutuhan monitoring suhu secara real-time di lingkungan kandang.

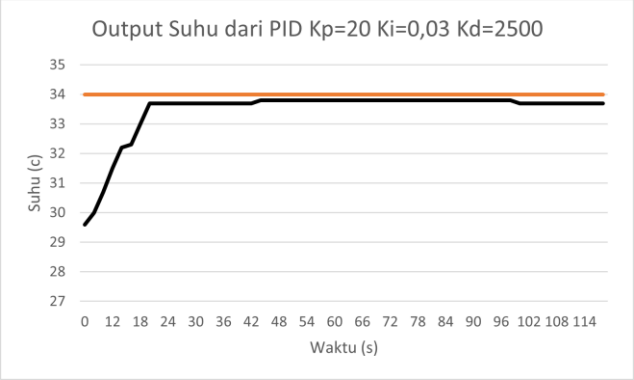
Tabel 3-2 Hasil Load Modul AC Light Dimmer

Output Load AC Light Dimmer	Hasil Load
0	Mati
5	Mati
10	Mati
15	Mati
20	Redup
25	Redup
30	Nyala
35	Nyala
40	Nyala
50	Nyala
60	Nyala
70	Nyala
80	Nyala
90	Nyala
100	Nyala

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 5-2, dapat dianalisis bahwa modul AC Light Dimmer bekerja secara bertahap sesuai dengan prinsip pengendalian daya menggunakan TRIAC dan deteksi titik nol (*zero-crossing*). Nilai PWM yang dikirimkan dari mikrokontroler menentukan durasi penundaan penyalaan arus listrik setelah melewati titik nol gelombang AC.

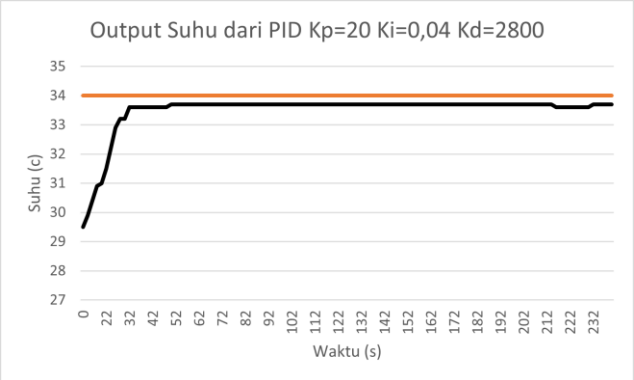
Saat nilai PWM berada di bawah 20, daya yang dikirimkan ke beban (PTC Heater) belum mencukupi untuk memanaskan elemen secara signifikan, sehingga kondisi pemanas tetap mati. Mulai dari nilai PWM 20–25, PTC Heater mulai menunjukkan peningkatan suhu yang ringan ditandai dengan adanya respons hangat pada permukaan pemanas, meskipun belum mencapai tingkat pemanasan optimal menandakan bahwa arus listrik sudah mulai mengalir walau belum maksimal. Kemudian, saat PWM mencapai 30 ke atas, PTC Heater menyala secara penuh dan stabil, menandakan bahwa daya telah mencukupi untuk memanaskan elemen secara efektif.

Hal ini membuktikan bahwa modul AC Light Dimmer mampu mengatur tingkat daya secara bertahap, bukan sekadar fungsi hidup dan mati. Dengan demikian, sistem ini memberikan fleksibilitas dan efisiensi dalam penggunaan energi, terutama ketika digunakan dalam pengaplikasian alat pengendalian suhu dan kelembapan pada kandang ayam.



Gambar 3.2 Grafik Hasil Tunning PID Pertama

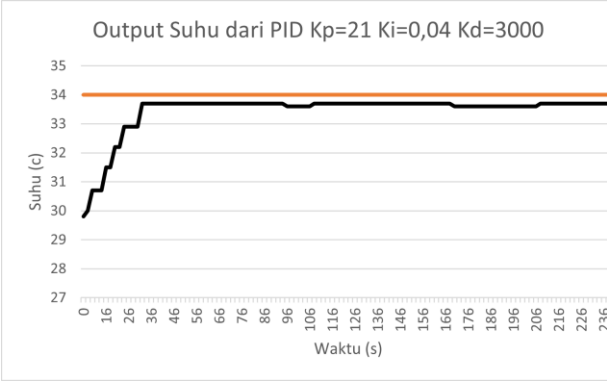
Pada percobaan pertama dengan parameter PID Kp = 20 Ki = 0,03 dan Kd = 2500, grafik menunjukkan bahwa suhu awal sebesar 29 °C meningkat secara bertahap hingga mendekati 33,8 °C, kemudian bertahan cukup stabil di sekitar nilai tersebut. Meskipun sistem mampu mendekati setpoint 34 °C, terdapat sedikit deviasi (sekitar 0,2 °C di bawah setpoint) yang menunjukkan bahwa nilai parameter masih kurang optimal untuk benar-benar mempertahankan suhu tepat pada setpoint. Dengan demikian, meskipun kestabilan relatif tercapai, akurasi kontrol masih perlu ditingkatkan dengan penyesuaian parameter PID lebih lanjut.



Gambar 3.3 Grafik Hasil Tunning PID ke-Dua

Pada percobaan kedua dengan parameter PID Kp = 20 Ki = 0,04 dan Kd = 2800, grafik menunjukkan bahwa suhu awal sebesar 29 °C meningkat lebih cepat dibandingkan percobaan sebelumnya dan mampu mencapai nilai sekitar 33,8 °C, yang mendekati setpoint 34 °C. Sistem cenderung stabil di sekitar nilai tersebut dengan deviasi kecil (sekitar 0,1–0,2 °C) dan fluktuasi

yang relatif minim. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan performa pengendalian dibandingkan percobaan pertama, meskipun kestabilan penuh pada titik setpoint belum tercapai. Dengan demikian, penyetelan parameter PID masih diperlukan agar suhu benar-benar dapat dipertahankan tepat pada nilai setpoint tanpa deviasi.

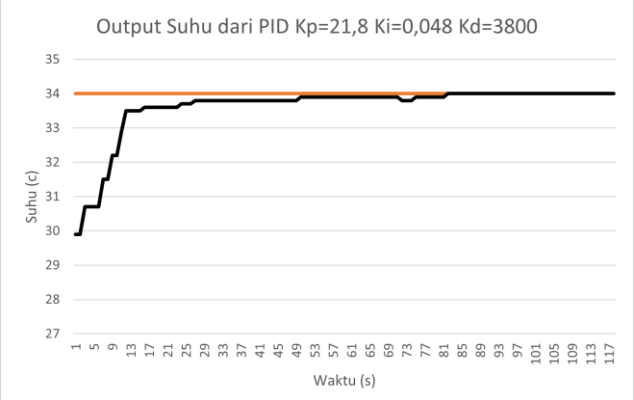


Gambar 3. 4 Grafik Hasil Tunning PID ke-Tiga

Pada percobaan ketiga dengan parameter PID Kp = 21 Ki = 0,04 dan Kd = 3000, hasil pengujian menunjukkan peningkatan kestabilan yang lebih baik dibandingkan dua percobaan sebelumnya. Suhu meningkat dengan laju yang lebih cepat hingga mencapai sekitar 33,7–33,8 °C, lalu bertahan stabil dengan fluktuasi yang sangat kecil (sekitar ±0,1 °C). Respon sistem lebih cepat dalam meredam error, sehingga suhu mampu dipertahankan mendekati nilai setpoint. Namun demikian, masih terdapat sedikit offset karena suhu belum sepenuhnya mencapai 34 °C. Hal ini menandakan bahwa tuning PID sudah cukup optimal, tetapi masih memungkinkan dilakukan penyempurnaan lebih lanjut untuk menghilangkan error steady-state.

Tabel 3- 3 Hasil Data Percobaan Tunning PID ke-Empat

Times (s)	Set Point	Suhu (°C)	Output PID	Daya Heater	Eror Selisih	Eror Relatif
0	34	29,9	0	0,3	4,1	13,71
10	34	30,7	55,3	55	3,3	10,75
20	34	31,5	0	0	2,5	7,94
30	34	33,5	100	99	0,5	1,49
40	34	33,6	0	0	0,4	1,19
50	34	33,6	10,2	10	0,4	1,19
60	34	33,6	87,4	87	0,4	1,19
70	34	33,7	10,4	10	0,3	0,89
80	34	33,7	10,1	10	0,3	0,89
90	34	33,7	0	0	0,3	0,89
100	34	33,8	8,7	8	0,2	0,59
110	34	33,8	88,6	88	0,1	0,59
120	34	33,9	8,2	8	0,1	0,29
130	34	33,9	8,2	8	0,1	0,29
140	34	33,9	8,6	8	0,1	0,29
150	34	33,9	9,1	9	0,1	0,29
160	34	33,9	7,9	0	0,1	0,29
170	34	34	7,9	0	0	0
180	34	34	7,9	0	0	0
190	34	34	7,9	0	0	0
200	34	34	7,9	0	0	0
210	34	34	7,9	0	0	0
220	34	34	7,9	0	0	0
230	34	34	7,9	0	0	0
240	34	34	7,9	0	0	0



Gambar 3.5 Grafik Hasil Tunning PID ke-Empat

Berdasarkan hasil pengujian terakhir dengan parameter PID Kp = 21,8 Ki = 0,048 dan Kd = 3800, sistem menunjukkan kinerja yang paling optimal dibandingkan percobaan sebelumnya. Grafik pada Gambar 5.5 memperlihatkan bahwa suhu awal sebesar 30°C meningkat secara bertahap hingga mencapai setpoint pada 34°C. Proses kenaikan ini berlangsung dengan mulus tanpa adanya lonjakan (*overshoot*) yang signifikan, sehingga sistem mampu mencapai kondisi yang stabil dalam waktu sekitar 40–50 detik. Setelah suhu berada pada titik setpoint, sistem tetap mempertahankan kestabilan dengan deviasi yang sangat kecil, menandakan bahwa error steady-state berhasil ditekan.

Berdasarkan keempat pengujian tuning PID, dapat disimpulkan bahwa performa kendali suhu sangat dipengaruhi oleh pemilihan parameter Kp, Ki, dan Kd yang sesuai. Pada tuning awal dengan nilai PID yang kecil, sistem

mengalami kesulitan dalam mempertahankan kestabilan suhu, ditandai dengan suhu yang tidak konstan serta tidak mampu mencapai titik setpoint secara sempurna. Nilai Kp yang terlalu kecil membuat respon sistem lambat, sedangkan nilai Ki yang rendah tidak cukup untuk mengatasi kesalahan jangka panjang (steady-state error). Sementara itu, Kd yang terlalu kecil belum efektif meredam osilasi atau perubahan suhu yang tiba-tiba.

Pada tuning ketiga dan keempat, ketika nilai Kp dan Kd ditingkatkan secara proportional dan Ki disesuaikan dengan kebutuhan sistem, performa pengendalian suhu menjadi lebih baik. Suhu aktual mendekati setpoint dan stabil tanpa overshoot yang berlebihan. Hal ini menunjukkan bahwa tuning PID yang tepat mampu mengendalikan elemen pemanas secara efisien untuk menjaga suhu sesuai kebutuhan ayam broiler.

Hasil dari percobaan keempat menjadi konfigurasi paling optimal karena menghasilkan kestabilan suhu terbaik, dengan respon cepat serta kestabilan yang konsisten. Nilai PID Kp = 21,8, Ki = 0,048, dan Kd = 3800 terbukti efektif dalam menjaga suhu tetap pada 34°C, mendekati nilai yang dibutuhkan dalam masa brooding ayam broiler. Dengan demikian, pengujian ini menunjukkan bahwa penerapan PID pada sistem ini dapat bekerja dengan baik jika dilakukan tuning parameter secara tepat.

3. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem pengendalian suhu dan kelembapan pada kandang ayam menggunakan mikrokontroler arduino nano berbasis PID yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem pengendalin suhu dan kelembapan dengan kontrol PID ini berhasil dibangun dan mampu mengatur suhu dalam kandang ayam secara bertahap dengan menggunakan sensor DHT22 sebagai pendeteksi suhu dan kelembapan, serta modul AC Light Dimmer sebagai pengatur daya heater.
2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor DHT22 memiliki rata rata error relatif sebesar 0,86 jika dibandingkan dengan Thermo-Hygrometer sebagai alat pembanding, yang masih dalam batas toleransi pengukuran.
3. Pada modul AC Light Dimmer berfungsi efektif dalam mengatur besaran daya menuju PTC Heater. Berdasarkan pengujian, modul akan mulai mengalirkan daya yang cukup untuk mengaktifkan heater pada output load sekitar 30 PTC Heater berjalan normal, dan akan meningkat suhu aktual seiring kenaikan PWM.
4. Algoritma PID yang diterapkan memberikan kontrol yang lebih halus dibandingkan metode manual atau on-off, sistem mengatur daya keluaran ke heater secara bertahap sesuai besarnya perbedaan antara suhu aktual dan suhu target, sehingga proses pemanasan menjadi lebih halus dan stabil. Pada proses tunning parameter PID secara manual dilakukan menggunakan metode trial and error hingga didapatkan parameter nilai optimal: Kp = 21,8; Ki = 0,048; Kd = 3800, yang dimana sistem menunjukan kestabilan suhu telah mencapai setpoint 34°C dengan waktu pencapaian yang optimal. Data ditampilkan dalam bentuk tabel interaktif yang mempermudah proses pemantauan oleh *admin*. Hasil analisis menunjukkan bahwa tampilan antar platform memiliki perbedaan dalam tata letak dan desain UI, tetapi secara fungsional tetap konsisten.
5. Fungsi pembatasan *limit* harian terbukti efektif dalam mencegah penggunaan berlebihan. Saat pengguna mencoba mengambil *earplug* dan *limit* harian telah habis, sistem secara konsisten menampilkan status “limit_exceeded” dan menolak permintaan. Fitur ini diuji sebanyak 4 kali per hari dan memiliki tingkat keberhasilan 100%.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan kembali dalam proses perancangan alat maupun selama tahap pengujian. Sistem ini masih memiliki potensi untuk terus dikembangkan guna memperbaiki kekurangan yang ada dan meningkatkan kinerja sistem secara keseluruhan. Sebagai bahan evaluasi dan masukan untuk penyempurnaan sistem di masa mendatang, berikut disampaikan beberapa saran:

1. Untuk menambahkan fitur pencatatan data perlu menggunakan media penyimpanan eksternal karena mikrokontroler arduino

nano tidak terikat dengan jaringan internat maka dari itu perlukan tambahaan SD Card. Dengan ini, sistem dapat merekam histori suhu dan kelembapan secara berkala selama 24 jam atau lebih, sehingga memudahkan proses evaluasi performa sistem dalam jangka waktu tertentu.

2. Penambahan fitur kontrol otomatis pada kipas angin cooling untuk membantu mempercepat proses pendinginan saat suhu kandang melebihi ambang batas atas. Pengujian fitur ini akan lebih optimal jika dilakukan pada kondisi lingkungan dengan suhu tinggi, seperti pada siang hari di musim kemarau atau di wilayah peternakan dengan ventilasi alami terbatas. Dengan begitu, efektivitas sistem dalam menjaga suhu kandang tetap stabil baik saat pemanasan maupun pendinginan dapat dievaluasi secara menyeluruh.

DAFTAR PUSTAKA

[1] E. D. Susanti, "PERBANDINGAN PRODUKTIVITAS AYAM BROILER TERHADAP SISTEM KANDANG TERBUKA (Open House) DAN KANDANG TERTUTUP (Closed House) DI UD SUMBER MAKMUR KECAMATAN SUMBERREJO KABUPATEN BOJONEGORO," Universitas Islam Lamongan (UNISLA), Lamongan, 2016.

[2] A. B. S. Pratama, Y. Z. Maulana dan H. Pujiharsono, "Sistem Pengendali Suhu pada Kandang Ayam Broiler Berbasis Kendali PID," *JOURNAL OF TELECOMMUNICATION, ELECTRONICS, AND CONTROL ENGINEERING (JTECE),* vol. 06, pp. 117-124, 2024.

[3] R. Aspari, L. D. Samsumar, E. Suryadi, A. Akbar dan Z. , "SISTEM MONITORING SUHU DAN KELEMBAPAN PADA KANDANG AYAM BROILER BERBASIS INTERNET OF THINGS UNTUK MENINGKATKAN PRODUKSI," *Journal of Computer Science and Information Technology (JCSIT),* vol. 1, pp. 351-358, 2024.

[4] Y. I. Mukti, F. Rahmadayanti dan D. T. Utami, "Smart Monitoring Berbasis Internet of Things (IoT) Suhu dan Kelembaban pada Kandang Ayam Broiler," *J-COSINE,* vol. 5, pp. 77-84, 2021.

[5] H. S. dan M. , "SISTEM KONTROL OTOMATIS MONITORING SUHU KANDANG AYAM BERBASIS INTERNET OF THINGS," *Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra,* vol. 3, pp. 53-65, 2016.

[6] R. Firdaus dan W. Zulfikar, "Pengontrol Suhu Ruangan menggunakan Metode PID," *TELEKONTRAN,* vol. 4, pp. 1-12, 2016.

[7] S. B. Joseph, E. G. Dada, A. Abidemi, D. O. Oyewola dan B. M. Khammas, "Metaheuristic algorithms for PID controller parameters tuning: review, approaches and open problems," *Heliyon,* vol. 8, pp. 1-29, 2022.

[8] B. G. Caesario, E. Setiawan dan R. Primananda, "Sistem Pengendalian Suhu pada Kandang Ayam Broiler menggunakan PID Controller," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer,* vol. 7, pp. 1336-1344, 2023.

[9] A. A. Darmawan, "Rancang Bangun Sistem Pemilahan Lele Otomatis dan Pengaruh Dimmer Terhadap Debit Pompa Air," *Jurnal Serambi Enginering,* vol. IX, pp. 10660-10668, 2024.

[10] I. G. S. Widharma dan L. F. Wiranata, "Mikrokontroler dan Aplikasi," *Wawasan Ilmu,* 2022.

[11] Y. Triawan dan J. Sardi, "Perancangan Sistem Otomatisasi pada Aquascape Berbasis Mikrokontroller Arduino Nano," *Jurnal Teknik Elektro Indonesia,* vol. 1, pp. 76-83, 2020.

[12] S. T. Pramudiah, "PERANCANGAN BUCK CONVERTER BERDASARKAN ARUS BEBAN BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO UNO," *Dielektrika,* vol. 5, pp. 54-63, 2018.

[13] Sutrisno, "PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SENSOR SUHU," *Jurnal Teknologi Informasi,* vol. 2, pp. 40-48, 2011.

[14] A. Kamolan dan L. Sampebatu, "RANCANG BANGUN PROTOTIPE PENGAMAN RUANGAN DENGAN INPUT KODE PIN DAN MULTI SENSOR BERBASIS MIKROKONTROLLER," *JURNALAMPERE,* vol. 6, pp. 22-31, 2021.

[15] Y. C. Saghoa, S. R. U. Sompie dan N. M. Tulung, "Kotak Penyimpanan Uang Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer,* vol. 7, pp. 167-174, 2018.

[16] M. F. M. Nurokhim, "Monitoring dan Controller Alat Pengering Ikan tenaga Surya Berbasis IoT," Universitas Sam Ratulangi , Manado, 2021.

[17] M. F. G. Zaki dan A. Ghofur, "ANALISA EFEKTIVITAS HEAT TRANSFER SAH PLTU DENGAN METODE ASME 4.0 dan 4.3," *JTAM ROTARY,* vol. 2, pp. 39-54, 2020.

[18] Cholish, Rimbawati dan A. A. Hutasuhut, "Analisa Perbandingan Switch Mode Power Supply (SMPS) dan Transformator Linear Pada Audio Amplifier," *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro,* vol. 1, pp. 90-102, 2017.

[19] M. Cahyadi, E. Nasrullah dan A. Trisanto, "Rancang Bangun Catu Daya DC 1V–20V Menggunakan Kendali P-I Berbasis Mikrokontroler," *ELECTRICIAN – Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro,* vol. 10, pp. 99-109, 2016.

[20] MEAN WELL, "Standard Switching Power Supply Manufacturer".

[21] Texas Instruments, "LM2596 DC-DC Adjustable PSU Module".

[22] Z. Y. Ahla dan A. Musafa, "PENGENDALIAN SUHU DENGAN METODE PID PADA ALAT PENETAS TELUR," *Jurnal Maestro,* vol. 2, pp. 493-501, 2019.

[23] Adafruit, "Digital relative humidity & temperature sensor AM2302/DHT22".

[24] MULTICOMP, "Keypad," 2012.

[25] Arduino, “Arduino Nano,” 2025.

[26] createlabz, “Modulo-Dimmer-AC-Datasheet”.

[27] RS Online, “PTC HEATER”.

[28] D. R. P. Randily, T. Rismawan dan K. Sari, “IMPLEMENTASI IOT DAN GAUSSIANNAÏVE BAYESUNTUK SISTEM MONITORING KANDANG AYAM BROILER,” *JITET (Jurnal Informatikadan Teknik Elektro Terapan),* vol. 13, pp. 474-484, 2025.

[29] SUNON, “AC Axial Fan & Blower,” 2018.

[30] Handson Technology, “I2C Serial Interface 20x4 LCD Module,” 2004.