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

PENGENDALI SUHU PADA ETALASE *FRIED CHICKEN* MENGGUNAKAN SENSOR DHT22 DENGAN METODE KONTROL PID BERBASIS ARDUINO UNO

Cheyla Lokahita Pujiono[1)], Fakhruddin Mangkusasmito[2)].
[1)]Program Studi Str. Teknik Listrik Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
cheyla@students.undip.ac.id [1)] , fakhm17@gmail.com [2)]

ABSTRACT

The temperature inside a fried chicken display case is an external factor that affects the quality of crispy fried chicken. A heating system is essential to ensure that the crispy fried chicken remains in a condition ready and suitable for consumption. This study implements an Arduino Uno-based temperature control system for a fried chicken display case using the PID (Proportional-Integral-Derivative) control method. The PID method was selected because it offers the desired response characteristics: a fast response with minimal error. An incandescent lamp serves as the actuator, while a DHT22 sensor functions as the feedback component. Testing of the PID parameters yielded values of Kp = 220, Ki = 200, and Kd = 60, with a setpoint of 50ºC. In tests conducted without external disturbances, the system achieved a settling time (ts) of 576 seconds (approximately 10 minutes). When tested in the presence of disturbances, the system demonstrated a steady-state response with a steady-state error of 0.01%, a steady-state duration of 3900 seconds (65 minutes), and a recovery time of 609 seconds (approximately 10 minutes).

Keywords: *Temperature Controller, DHT22 Sensor, PID Control.*

PENDAHULUAN

Terbatasnya fasilitas dalam menjaga suhu di dalam etalase *fried chicken* sering sekali menjadi permasalahan yang sering dihadapi oleh pelaku bisnis ayam goreng crispy dalam menstabilkan suhu di dalam etalase. Sampai sekarang pelaku bisnis ayam goreng crispy masih menggunakan cara manual untuk mengkondisikan suhu pada etalase *fried chicken*. Salah satu solusi dalam mengatasi permasalahan tersebut adalah pemanfaatan teknologi.

Untuk menjaga suhu di dalam etalase agar stabil maka diputuskan untuk menggunakan sistem kendali PID*(Proportional Integral Derivative)*. Sistem kendali ini akan terus menyesuaikan terhadap perubahan suhu yang terjadi melalui pembacaan sebuah sensor suhu DHT22 yang hasil pembacaannya diumpan-balikkan ke pusat pemrosesan untuk menentukan *output* pemanas pada selang waktu selanjutnya. Dengan begitu, suhu dapat dijaga pada rentang tertentu tanpa mengalami perubahan yang terlalu besar.

Pada sistem kendali PID yang disebut di atas, meskipun suhu dapat dijaga pada nilai tertentu, namun pada umumnya saat proses awal pemanasan akan timbul kenaikan suhu yang melebihi dari nilai yang ditentukan. Untuk mengurangi kenaikan suhu ini maka pada alat ini terdapat kipas untuk menjaga agar suhu tidak melebihi nilai yang sudah ditentukan.

METODE PENELITIAN

Arduino Uno

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328 (datasheet). Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset.



Gambar 1. Arduino Uno

Sensor DHT22

DHT22 merupakan sensor yang dapat mengukur suhu dan juga kelembapan, sensor berikut ini mempunyai keluaran berwujud sinyal digital. Sensor DHT22 ini mempunyai pengaturan yang sangat akurat dengan bayaran suhu ruang

pengaturan dengan nilai yang tersimpan yang ada di dalam memori OTP terpadu.



Gambar 2. Sensor DHT22

Keypad 4x4

Keypad 4x4 merupakan komponen elektronik yang disusun sebagai masukan yang terdiri atas 16 buah saklar yang dibentuk matrik. Pin baris dan kolom yang ditautkan membuat koneksi saat tombol keypad ditekan, mikrokontroler untuk membaca informasi.



Gambar 3. *Keypad 4x4*

Adaptor

Adaptor merupakan rangkaian elektronika yang berfungsi untuk mengubah tegangan AC (arus bolak- balik) yang tinggi menjadi tegangan DC (arus searah) yang lebih rendah.



Gambar 4. Adaptor

Dimmer AC

Rangkaian Dimmer AC 220V merupakan suatu rangkaian yang digunakan untuk mengatur intensitas cahaya yang bekerja pada tegangan AC 220 volt. Rangkaian ini dapat diaplikasikan pada berbagai jenis lampu. Pada lampu, rangkaian dimmer berfungsi untuk mengatur kecerahan cahaya dari terang hingga redup.



Gambar 5. Dimmer AC

Lampu Pijar

Lampu pijar merupakan sumber cahaya yang dihasilkan melalui penyaluran arus listrik melalui filamen yang kemudian memanas dan menghasilkancahaya.



Gambar 6. Lampu Pijar

Relay

Merupakan komponen elektronika bekerja berdasarkan elektromagnetik untuk mengaktifkan menonakifkan kontak saklar.



Gambar 7. Relay

Fan AC

Secara mekanis, kipas angin terdiri dari baling-baling berputar yang digunakan untuk menghasilkan udara. Pada umumnya kipas dimanfaatkan untuk pendingin udara dan mengatur volume panas udara agar ruangan tidak mengalami suhu panas yang berlebihan.



Gambar 8. Fan AC

Display *Seven Segment* 4 Digit

Seven segment merupakan sebuah komponen luaran berfungsi sebagai menampilkan karakter baik digit angka maupun huruf. Seven segment sendiri memiliki 7 buah LED yang berbentuk ruas dan membentuk satu kesatuan.



Gambar 9. *Seven Segment* 4 Digit

Motor Servo

Motor servo disusun dari sebuah motor DC, gearbox, variabel resistor (VR) atau potensiometer dan rangkaian kontrol. Motor servo merupakan sebuah perangkat atau aktuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup (servo), sehingga dapat di set-up atau diatur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros output motor.



Gambar 10. Motor Servo

LCD 16X2

LCD *(Liquid Crystal Display)* merupakan perangkat yang mepergunakan kristal cair sebagai bahannya untuk penampil data yang berupa tulisan maupun gambar.



Gambar 11. LCD 16x2

Modul PZEM-004T

Modul PZEM-004T merupakan salah satu jenis sensor multifungsi yang dapat mengukur nilai tegangan, arus, daya, energi, daya, frekuensi hingga faktor daya pada tenaga listrik. Modul ini hanya akan dapat membaca nilai- nilai tersebut apabila telah dihubungkan dengan sumber AC, sedangkan untuk pengiriman hasil pembacaan akan melalui pin rx-tx pada modul yang dihubungkan dengan mikrokontroler.



Gambar 12. Modul PZEM-004AT

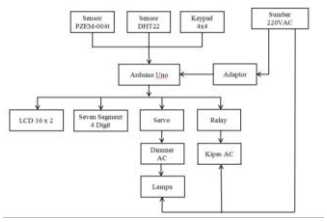
Kontrol PID (Proportional, Integral, Derivative)

PID *(Proportional, Integral, Derivative controller)* merupakan kontroler untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut. Pengontrol PID merupakan pengontrol konvensional yang banyak dipakai dalam dunia industri. Pengontrol PID akan memberikan aksi berdasarkan besar error yang diperoleh.

Komponen kontrol PID ini terdiri dari tiga jenis yaitu Proportional, Integratif dan Derivatif. Ketiganya dapat dipakai bersamaan maupun sendiri-sendiri tergantung dari respon yang kita inginkan terhadap suatu plant. Dalam perancangan sistem kontrol PID perlu dilakukan pengaturan parameter kP, kI, dan kD untuk menghasilkan respon sinyal keluaran sistem terhadap masukan sesuai dengan nilai yang diinginkan.

Karena setiap metode kontrol PID memiliki manfaat yang unik, mereka sering digunakan secara terpisah atau dalam kombinasi. Waktu naik dapat dipercepat dengan menggunakan kontrol proporsional, kesalahan dapat dikurangi dengan menggunakan kontrol integral, dan overshoot atau undershoot dapat diminimalkan dengan menggunakan kontrol derivatif.

PERENCANAAN ALAT Blok Diagram



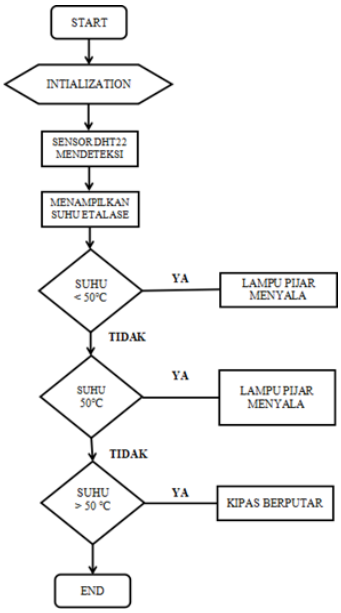
Gambar 12. Blok Diagram Alat

Pada Gambar 12 diagram blok tersebut menjelaskan alat ini memiliki 3 unsur, yaitu unsur masukan (input), proses, dan keluaran (output).

1. Unsur masukan (input) terdiri modul sensor DHT22, Keypad 4x4, dan PZEM-004T.
2. Unsur proses yaitu menggunakan Arduino Uno.
3. Unsur keluaran (output) terdiri dari tampilan LCD 16 x 2 dan Seven Segment 4 Digit.

Flowchart

Flowchart merupakan diagram alur yang bertujuan untuk menggambarkan langkah-langkah dari suatu proses pemrograman. Langkah- langkah ini diimpretasikan dengan beberapa jenis simbol yang telah memiliki makna tersendiri.



Gambar 13. *Flowchart* Alat

HASIL DAN PEMBAHASAN

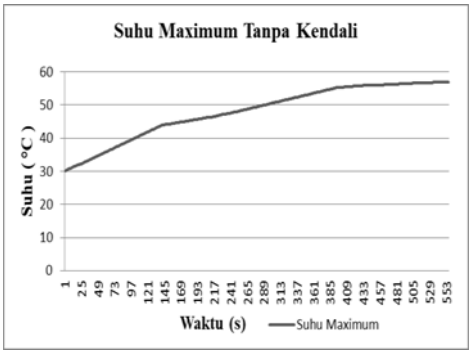
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah seluruh komponen dan seluruh sistem dapat berjalan normal. Setelah dilakukannya pengukuran dan pengujian pada alat ini, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Pengukuran Rangkaian

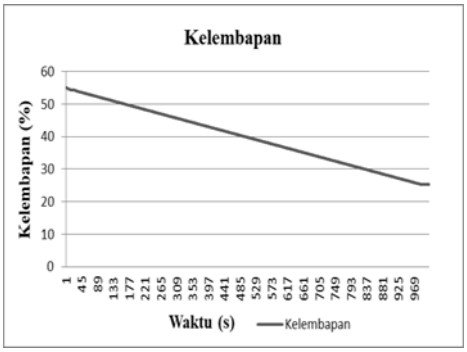
Indikator Pengukuran	Standar	Hasil
Tegangan AC	220 VAC	223 VAC
Tegangan Adaptor 12 VDC	12 VDC	12,9 VDC
Tegangan *Relay*	220 VAC	223 VAC
Input Lampu Pijar 100W	220 VAC	223 VAC
Input Kipas AC Mini 30W	220 VAC	223 VAC
Input Arduino Uno	6-20 VDC	12,9 VDC
Input Dimmer AC	220 VAC	223 VAC
Output Arduino Uno	5 VDC	4,97 VDC

Hasil Pengujian Tanpa Kendali PID

Pengambilan seluruh data hasil pengujian dilakukan selama kurang lebih 2 jam dengan menggunakan serial monitor Arduino Uno, kemudian data hasil pengujian dipindahkan ke dalam Microsoft Excel untuk di plot dalam bentuk grafik.



Gambar 14. Grafik Pengujian Suhu



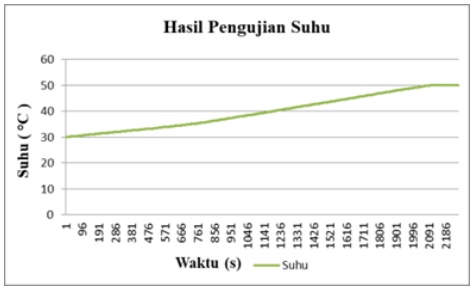
Gambar 15. Grafik Pengujian Suhu

Berdasarkan hasil pengujian pada gambar 14 dan 15 menunjukkan bahwa suhu *maximum* dari etalase tanpa diberi kendali PID yaitu 55ºC dan untuk kelembapan yaitu 25,5 %.

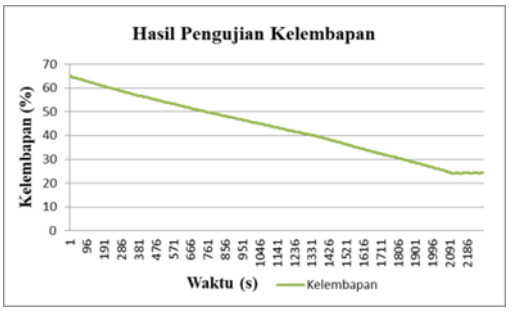
Hasil Pengujian dengan Kendali PID

Hasil pengujian suhu dan kelembapan

dengan kendali PID dengan set poin 50℃ dan nilai parameter Kp = 220, Ki = 200 , dan Kd = 60 ditunjukkan dalam bentuk grafik pada gambar 16 dan 17.



Gambar 16. Grafik Pengujian Suhu

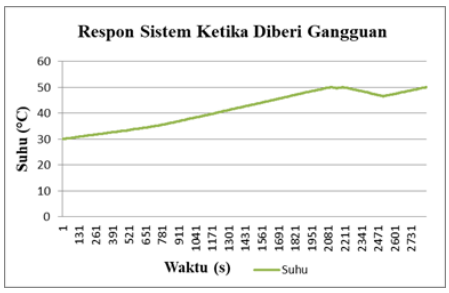


Gambar 17. Grafik Pengujian Kelembapan

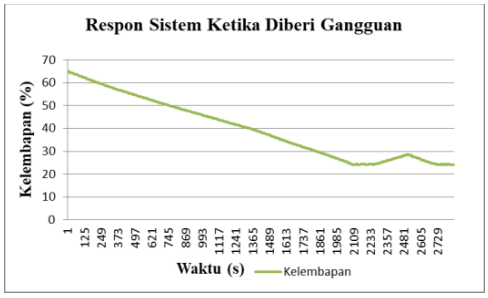
Berdasarkan hasil pengujian *tunning* PID yang telah didapatkan dengan nilai parameter Kp = 220, Ki= 200 , dan Kd = 60 dan nilai set poin 50℃ , maka didapatkan hasil respon sistem yang sudah mencapai *stady state* pada nilai set poin yang di inginkan dengan *stady state* 3480 s atau 58 Menit dan *overshoot* dari hasil sistem yang didapat 0 %.

Hasil Pengujian Suhu dan Kelembapan dengan Gangguan

Pengujian sistem secara keseluruhan dengan diberikan gangguan ini dilakukan untuk mengetahui kinerja dari alat dan mengetahui respon keseluruhan sistem dengan kontrol PID. Ketika mendapatkan *disturbance* berupa suhu acak dengan membuka dan menutup pintu etalase. Grafik sistem yang telah diberi gangguan dapat dilihat pada gambar 18 dan 19.



Gambar 18. Grafik Hasil Pengujian Suhu dengan Gangguan



Gambar 19. Grafik Hasil Pengujian Suhu dengan Gangguan

Hasil Pengujian Pembacaan Arus dan Tegangan

Pengujian pembacaan arus dan tegangan dilakukan dengan menggunakan sensor Pzem 004t. Pengujian ini dilakukan guna mengetahui besar arus dan tegangan yang digunakan untuk memanaskan lampu pijar. Sehingga diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Pengujian Pembacaan Arus dan Tegangan

Suhu	Arus PZEM-004T (A)	Tegangan PZEM- 004T (V)
30 ºC	0,81 A	198,5 V
31 ºC	0,81 A	196,8 V
32 ºC	0,81 A	196,6 V
33 ºC	0,81 A	198,8 V
34 ºC	0,81 A	194,5 V
35 ºC	0,81 A	194,6 V
36 ºC	0,81 A	194,8 V
37 ºC	0,81 A	195,0 V
38 ºC	0,81 A	194,4 V
39 ºC	0,81 A	195,0 V
40 ºC	0,81 A	195,4 V
41 ºC	0,81 A	195,0 V
42 ºC	0,81 A	194,1 V
43 ºC	0,81 A	193,5 V

44 ºC	0,81 A	193,2 V
45 ºC	0,81 A	194,4 V
46 ºC	0,81 A	193,2 V
47 ºC	0,81 A	193,3 V
48 ºC	0,81 A	194,8 V
49 ºC	0,81 A	195,5 V
49,8 ºC	0,74 A	165,6 V
49,9 ºC	0,50 A	113,8 V

Analisa Pengujian Sistem Dengan Kendali PID

Hasil pengujian suhu dan kelembapan dengan kendali PID dengan set poin 50℃ dan nilai parameter Kp = 220, Ki = 200, dan Kd = 60 ditunjukkan dalam bentuk grafik pada gambar 16 dan 17, maka didapatkan analisa sebagai berikut:

1. Waktu Tunda *(delay time),* $t_{d,}$ Ukuran waktu yang menyatakan faktor keterlambatan respon output terhadap input, diukur mulai t = 0 s/d respon mencapai 50% dari respon *steady state*. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan hasil *delay time* dari sistem yaitu 120 detik atau 2 menit.
2. Waktu naik *(rise time)*, $t_{r,}$Waktu naik adalah ukuran waktu yang di ukur mulai dari respon t = 0 sampai dengan respon memotong sumbu *steady state* yang pertama. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan hasil *rise time* dari sistem yaitu 360 detik atau 6 menit.
3. Waktu puncak (*peak time*), $t_{p,}$ Waktu puncak adalah waktu yang diperlukan respon mulai dari t = 0 hingga mencapai puncak pertama overshoot. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan hasil *peak time* dari sistem yaitu 457 detik atau 7 menit.
4. Waktu tunak (*settling time*), $t_{s,}$Waktu tunak adalah ukuran waktu yang menyatakan respon telah masuk ±5%, atau ±2%, a t a u ±0.5% dari keadaan *steady state*. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan hasil *settling time* dari sistem yaitu 576 detik atau 10 menit.
5. Overshoot maksimum, Mp, Nilai reltif yang menyatakan perbandingan antara nilai maksimum respon *(overshoot)* yang melampaui nilai steady state disbanding dengan nilai *steady state.* Berdasarkan hasil pengujian didapatkan hasil *(overshoot)* dari sistem yaitu 0%.

Analisa Pengujian Respon Sistem Ketika diberi Gangguan

Berdasarkan hasil pengujian pada gambar 18 respon sistem ketika diberi gangguan, sistem mampu mencapai *steady state* pada waktu 3900 detik atau 65 menit, dengan *error* sebesar 0,01%, kemudian diberi gangguan dengan cara membuka dan menutup pintu etalase. *Recovery time* pada sistem ini sebesar 609 detik atau 10 menit. Untuk lebih jelasnya parameter pada kerja sistem yang diperoleh sebagai berikut:

1. *Steady State* adalah waktu yang dibutuhkan Terjadi sistem untuk mencapai nilai akhir. pada sekitar 4500 detik atau 75 menit.
2. *Error Steady State* (ESS) adalah perbedaan antara nilai keluaran sistem dengan nilai referensi saat sistem mencapai keadaan stabil. Nilainya sebesar 0,01 %.
3. *Recovery Time* (RT) adalah waktu yang dibutuhkan sistem untuk mengembalikan ke kondisi *steady state* setelah terjadinya disturbance. Berdasarkan pengujian *recovery time* dengan gangguan adalah 609 detik atau 10 menit.

Analisa Pengujian Pembacaan Arus

Berikut ini adalah perhitungan untuk mencari nilai arus pada lampu pijar 100 watt yang di parallel dengan 100 watt yaitu:

P = Vtotal ($I_1 + I_2$)
I_1 = (I total - I_2)
I_2 = (I total - I_1)
Maka ,
- I total = 200/220 = 0,9 A
- P_1 = V_1 x I_1
100 = 220 x I_1
100/220 = 0,9 - I_2
0,45 = 0,9 - I_2
I_2 = 0,45 A
- P_2 = V_2 x I_2
100 = 220 x I_2
I_1 = (0,9 - 0,45)
I_1 = 0,45 A

Dari hasil perhitungan di atas, terlihat bahwa selisih antara perhitungan dan pembacaan sensor sekitar 0,13 A hingga 0,16 A.

Analisa Pengujian Pembacaan Tegangan

Berdasarkan tabel 2 memperlihatkan hasil bahwa tegangan yang diperlukan lampu dari suhu awal 30ºC yaitu 198,5 V, pada saat suhu mendekati *set point* 50ºC yaitu pada suhu 49,9ºC tegangan yang diperlukan lampu turun menjadi 113,8 V. Adanya perubahan nilai tegangan ini akibat dari perubahan nilai PWM dari Dimmer AC yang diberikan. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa rangkaian Dimmer AC dapat digunakan

sebagai driver actuator dari lampu pijar. Rangkaian PWM memiliki *Duty cycle* yang digunakan untuk mengatur tingkat kecerahan lampu pijar secara akurat dan efisien.

Berdasarkan persamaan (2.1), untuk menghitung *Duty cycle* dari sebuah PWM dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Duty\ cycle = \frac{tON}{\text{tTotal}} x100\%$$

Pada saat suhu awal 30ºC , maka *duty cycle :*

$$Duty\ cycle = \frac{198{,}5}{220} x100\% = 90\%$$

Sehingga tingkat kecerahan lampu pada saat suhu awal 30ºC yaitu sebesar 90%. Pada saat suhu mendekati set poin 50ºC yaitu pada suhu 49,9ºC , maka *duty cycle :*

$$Duty\ cycle = \frac{113{,}8}{220} x100\% = 50\%$$

Sehingga tingkat kecerahan lampu pada saat suhu mendekati set poin 50ºC yaitu pada suhu 49,9ºC yaitu sebesar 50 %.

KESIMPULAN

Adapun beberapa kesimpulan yang diperoleh penulis dari laporan ini tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Perancangan sistem kontrol PID pada pengendali suhu pada etalase *fried chicken* untuk percobaan trial tuning PID terbaik dengan nilai parameter Kp = 220, Ki = 200 , dan Kd = 60.
2. Pada etalase *fried chicken* ini dengan menggunakan sistem kontrol PID mampu menstabilkan suhu dan kelembapan sesuai dengan kondisi optimal yang dibutuhkan dengan suhu 50 ºC dan kelembaban 24% yang berhasil dicapai oleh sistem.
3. Hasil pengujian respon sistem ketika diberi gangguan, sistem mampu mencapai *stady state* dengan waktu 3900 detik atau 65 menit, dengan *error* sebesar 0,01%, kemudian diberi gangguan dengan cara membuka dan menutup pintu etalase. *Recovery time* pada sistem ini sebesar 609 detik atau 10 menit.
4. Pada pengujian alat pengendali suhu selama 6 jam, hasil respon sistem yang di dapatkan cukup stabil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Bagian ini menyatakan ucapan terima kasih kepada pihak yang berperan dalam pelaksanaan kegiatan penelitian, misalnya laboratorium tempat penelitian. Peran donor atau yang mendukung penelitian disebutkan perannya secara ringkas. Dosen yang menjadi penulis tidak perlu dicantumkan di sini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Hanafie, A., Perdana, A. L., Dinar, &Ibrahim, R. R. (2022). Perancangan Sistem Pengatur Suhu Secara Otomatis Pada Kandang Ayam Broiler MenggunakanMikrokontroler. *Jurnal Teknologi Dan Komputer (JTEK)*, *2*(02), 178-183. https://doi.org/10.56923/jtek.v2i02.95.
2. Rahmat Aulia, Rahmat Aulia Rahman, Imran Lubis. 2021. “Pengendali Suhu Ruangan dan DHT11 Berbasis Arduino”. Jurnal Teknik Informatika. Vol 6. Universitas Harapan Medan .
3. Fariyya, Dewi Raokhil Iklima (2020) Rancang bangun monitoring suhu, kelembaban, dan intensitascahaya pada kandang ayam berbasis web. Undergraduate (S1) thesis, UniversitasIslam Negeri Walisongo Semarang.
4. Anonim. 2017. “Tinjauan Pustaka Sensor DHT22”. [Online]. Available:http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/65305/Chapter%20II.pdf?sequence=3&isAllowed=y. [Accessed: 20 Juni 2023].
5. Rospawan, J. W. Simatupang, and I. Purnama, “A Simple, Cheap and Precise Microcontroller Based DDS Function Generator,” 2019.
6. Priyandono, Bambang. 2018. Analisis Konversi Energi Listrik Pada Rumah Tinggal Daya 2200 VA dengan Beban Penerangan. Bandung : Politeknik Negeri Bandung. ISU TEKNOLOGI STT MANDALA Vol.6 No.1 Desember 2018.
7. Kho, Dickson, 2020. “Pengertian dan Fungsi Relay”. [Online]. Available :https://teknikelektronik a.com/pengertian-relay-fungsi relay/.
8. Mansyur, Fuad. Rancang Bangun Sistem Kontrol Otomatis Pengatur Suhu dan Kelembapan Kandang Ayam Broiler Mengggunakan Arduino. Universitas Sulawesi Barat. 2019.
9. Sampurno, Bambang dkk. Sistem Kendali

PID pada Pengendalian Suhu untuk Kestabilan Proses Pemanasan Minuman Sari Jagung. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. 2015.

10. R. Susanto, M. Muslimin Ilham, and A. S. Fauzi, “Rancang Bangun Tabung Pengering Cengkeh Kapasitas 15Kg,” 2021.
11. M. Irhas, S. Asyiqah, A. Ilham, and I. Artikel, “Penggunaan Kontrol Pid Dengan Berbagai Metode Untuk Analisis Pengaturan Kecepatan Motor Dc,”. [Online].Available:http://journal.ui nalauddin.ac.id/index.php/jft.
12. Kho, Dickson, “Pengertian LCD (Liquid Crystal Display) dan Prinsip Kerja LCD”. [Online]. Available :https://teknikelektronika.com/pengertian- lcdliquidcrystal- display-prinsip-kerja-lcd/.
13. Yarna, Thasya M. 2020. Sistem Monitoring dan Kontrol Suhu Berbasis Internet of Things (IoT) dengan Aplikasi Blynk Menggunakan NodeMCU ESP32 Pada Aquascape Air Tawar. Tugas Akhir. Semarang : Universitas Diponegoro.
14. Harnas. 2017. Alat Ukur Kadar Asap dalam Ruangan dengan menggunakan sensor MQ-2 dengan Tampilan LCD Berbasis Arduino Uno. Tugas Akhir : Universitas Sumatera Utara.