

## PENGONTROLAN ENERGI PANAS DAN KELEMBABAN MENGGUNAKAN SENSOR DHT22 DAN ESP32 PADA PROSES FERMENTASI TEMPE GEMBUS

**Wahab Musa<sup>1)\*</sup>, Ikhsan Hidayat<sup>2)</sup>, Saiful Alam<sup>3)</sup>, Bambang Panji Asmara<sup>4)</sup>,  
Ade Irawati Tolago<sup>5)</sup>**

1,2,3,4,5) Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo

Email: [wmusa@ung.ac.id](mailto:wmusa@ung.ac.id)<sup>1)</sup>

Nomor Telp : +62 81340035065

Asal Negara: Indonesia

### ABSTRAK

Proses fermentasi tempe gembus menggunakan metode konvensional sangat bergantung pada kondisi cuaca dan membutuhkan energi panas (suhu) 25°C - 35°C dalam waktu 36 hingga 48 jam. Penelitian ini bertujuan untuk menstabilkan energi panas dan mengurangi waktu proses fermentasi sehingga mendapatkan hasil produksi tempe berkualitas dalam waktu yang singkat. Metode penelitian yang digunakan berupa metode eksperimen dengan membuat alat pengatur suhu dan kelembaban otomatis dan menguji kinerja alat. Alat ini bekerja dengan menggunakan sensor DHT22 dan mikrokontroller ESP32 sebagai pusat pengontrol. Otomatisasi suhu dilakukan dengan dua kondisi yang digunakan untuk mengatur lampu dan fan. Jika suhu fermentasi lebih rendah dari *setpoint* maka lampu bagian bawah dan lampu bagian atas akan hidup, bila suhu lebih tinggi maka lampu bagian atas akan mati digantikan dengan fan hidup, agar suhu tetap dalam *setpoint* yang telah ditentukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat pengatur suhu dan kelembaban ini bekerja pada suhu 32°C - 35°C. Pada suhu tersebut proses fermentasi tempe gembus membutuhkan waktu 16 jam dengan kriteria uji warna, bau dan rasa normal, kategori kualitas terbaik.

**Kata kunci:** Energi panas, Fermentasi, Tempe Gembus, ESP32, DHT22

### ABSTRACT

*The fermentation process of tempe embus with conventional methods is highly dependent on weather conditions and requires heat energy (temperature) 25°C - 35°C within 36 - 48 hours. This research aims to stabilize the heat energy and reduce the fermentation process time to get quality tempeh production results in a short time. The research method used is the experimental method by making an automatic temperature and humidity controller and testing its performance. This tool works using the DHT22 sensor and ESP32 microcontroller as the control center. Temperature automation is done with two conditions that are used to regulate lights and fans. If the fermentation temperature is lower than the setpoint, the lower light and upper light turn on, if the temperature rises, the upper light turns off and the fan turns on, to keep the temperature within the pre-set setpoint value. This research shows that the temperature and humidity control device operates stably in the temperature range of 32°C to 35°C. At these temperature conditions, the fermentation process runs stably. At that temperature condition, the fermentation process of tempe embus lasts 16 hours, with testing of color, taste, and smell for the best quality category Tempe.*

**Keywords:** Thermal energy, Fermentation, Tempe Gembus, ESP32, DHT22

### 1. PENDAHULUAN

Kontrol produksi tempe menarik perhatian para peneliti karena bahan makanan ini termasuk kategori makanan sehat kualitas gizi tinggi. Zat-zat penting yang terkandung didalamnya seperti vitamin, protein, mineral, karbohidrat, lemak dan lain-lain (Aryanta, 2020). Untuk menjaga kualitas tempe ini diperlukan alat pengontrol yang memanfaatkan teknologi tepat guna seperti penggunaan mikrokontroler dan sensor temperatur sebagai pengendali energi yang digunakan.

Tempe gembus adalah makanan tradisional Indonesia yang terbuat dari limbah pembuatan tahu dengan kandungan gizi yang masih layak dikonsumsi termasuk energi, protein, karbohidrat dan

lemak serta serat. Kandungan energi, protein dan lemak tempe gembus lebih rendah jika dibandingkan dengan tempe kedelai, namun kadar serat tempe gembus 3 kali lebih tinggi (4,69%) dibandingkan tempe kedelai (1,40%) (Isnawati, et. al, 2021).

Proses pembuatan tempe gembus sering mengalami kendala, terutama pada saat fermentasi tempe gembus. Fermentasi mengacu pada pemanfaatan metabolisme mikroba untuk mengubah bahan mentah menjadi produk bernilai tambah tinggi, seperti asam organic, protein sel tunggal, antibiotic dan biopolymer (Muhiddin, et. all, 2001).

Proses fermentasi tempe gembus yang masih menggunakan cara konvensional, dimana ampas tahu yang sudah di beri ragi dan dibungkus dalam plastik diletakan begitu saja tanpa memperhatikan keadaan suhu dan kelembabannya. Proses tersebut membutuhkan waktu yang cukup lama. Metode konvensional pada cuaca baik, butuh waktu 36-48 jam disekitaran suhu 25-35°C dan kelembaban 60-80% RH. Hal ini menyebabkan proses produksi menjadi lambat, bahkan apabila suhu dan kelembapan tidak sesuai dengan yang di butuhkan tempe saat proses fermentasi, dapat menyebabkan tempe rusak atau produksi menurun. Oleh sebab itu diperlukan perancangan alat pengontrol temperatur serta kelembaban didalam ruang fermentasi. Hal ini mendorong peneliti untuk membuat sebuah alat *monitoring* dan *controll* otomatis untuk temperatur dan kelembaban. Alat ini digunakan untuk meningkatkan hasil produksi tempe gembus.

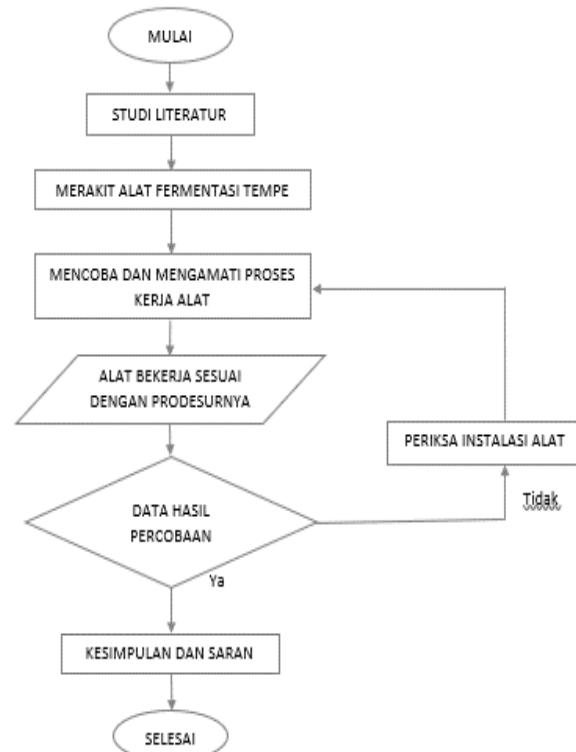
Beberapa penelitian terkait yang dijadikan acuan penelitian ini adalah sebagai berikut. Seperti pada Gunawan & Sukardi (2020), pada penelitian ini dibuat sebuah alat monitoring suhu menggunakan teknologi *internet of think* (i-OT) dengan memanfaatkan mikrokontroller dan sensor DHT22. Penelitian lainnya seperti Hidayat et. all, (2020), suhu dan kelembaban incubator tempe dikendalikan mikrokontroller ESP32 dan sensor DHT22 yang dapat menstabilkan suhu pada kisaran 30-36°C. Penelitian Hidayah, et. all, (2020) menggunakan sensor YL-69 dan YL-38 serta Arduino 2560 sebagai pengontrol cerdas . Pada penelitian mereka metode fuzzy digunakan , alat pengendali suhu pada penelitian mereka menghasilkan nilai eror pembacaan suhu 2°C . Pada penelitian Putra & Sari (2022), membahas bagaimana menjaga suhu agar dapat mempercepat proses fermentasi tempe gembus dengan cara mengoptimalkan suhu pada ruang fermentasi dengan menggunakan heater berupa lampu pijar yang dikendalikan oleh Arduino Uno.

Dari penelitian – penelitian terdahulu diatas yang membedakannya dengan penelitian ini yaitu, penelitian ini dibuat untuk mempercepat proses fermentasi Tempe Gembus dengan cara mengoptimalkan suhu, pada ruang fermentasi dengan menggunakan heater berupa lampu pijar yang dikendalikan menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno, serta sensor DHT 22 sebagai pendekripsi suhu dan kelembaban di dalam ruang fermentasi. Pengoprasiannya alat fermentasi ini juga jauh lebih mudah karena tidak membutuhkan *gadget* tambahan seperti *smartphone*.

## 2. METODE PENELITIAN

Penggunaan metode pada penelitian ini untuk mengontrol suhu dan kelembaban proses fermentasi adalah metode study literature dimana peneliti mengumpulkan, meninjau serta menganalisa penelitian sebelumnya yang relevan dengan topik

penelitian ini sebagai rujukan dalam pembuatan alat monitoring dan kendali suhu serta metode eksperimen dimana peneliti secara langsung melakukan percobaan pembuatan alat dan pengujian alat. Tahapan untuk menyelesaikan penelitian ini



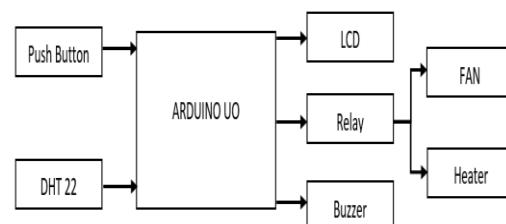
dapat dilihat pada gambar 1.

Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Diagram Blok

Sebelum perancangan alat, terlebih dahulu dibuat blok diagram untuk mempermudah menjelaskan sistem kerja perangkat yang akan dibuat. Adapun blok diagram Alat fermentasi tempe dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Blok Perancangan Alat

Dari diagram blok diatas dapat dijelaskan:

### Sensor DHT 22

DHT 22 merupakan produk Aosong Electronics, digunakan mengukur kelembaban dan temperatur secara digital (Saptadi, A. H., 2014). DHT 22 memberikan pengukuran kelembaban dan temperatur yang berkualitas dengan biaya yang relatif

murah dibandingkan dengan thermo-hygrometer (Satya, et. all, 2020).

### Arduino Uno

Arduino merupakan rangkaian elektronik open source dengan perangkat lunak dan perangkat keras yang mudah di operasikan (Usman, et. all, 2019; Abd Wahid, et. all, 2020). Arduino Uno adalah papan elektronik yang sering digunakan untuk mengontrol modul sensor dan perangkat lainnya menggunakan ATmega 328, hal sama di ungkapkan dalam Sihombing, & Kirana, (2022). dimana Arduino uno merupakan papan mikrokontroler berbasis ATmega 328.

### LCD

LCD (*liquid crystal display*) adalah suatu media tampil yang memanfaatkan kristal cair untuk menampilkan gambar.

### Relay

Relay adalah sebuah komponen elektronik berupa saklar pemutus arus listrik yang dioperasikan dengan listrik.

### Fan

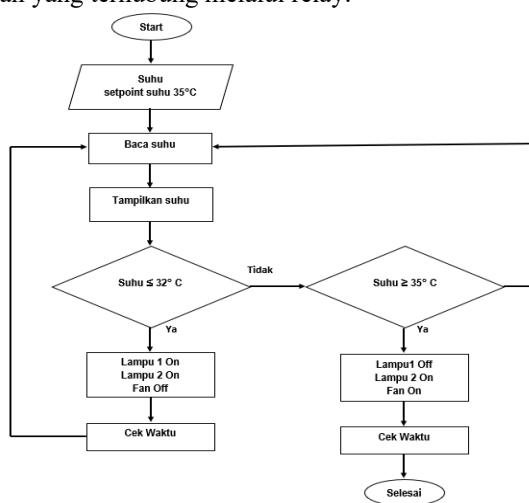
Fan adalah perangkat elektronik yang biasa digunakan untuk menetralkan suhu panas pada computer, fungsi kipas pada alat ini untuk menyeimbangkan suhu dalam ruangan fermentasi dan mempertahankan suhu yang telah diatur.

### Heater

Heater disini berupa lampu pijar, lampu pijar adalah sumber cahaya yang diperoleh dengan mengalirkan arus listrik melalui filamen yang terletak didalam badan lampu pijar.

### Cara Kerja Alat

Pada diagram blok perancangan alat, dapat dijelaskan bahwa sistem pengatur suhu dan kelembaban pada proses fermentasi tempe gembus ini menggunakan 1 sensor input, yaitu sensor suhu dan kelembaban DHT 22. Suhu yang di deteksi oleh sensor DHT 22 kemudian akan di teruskan ke Arduino Uno dan kemudian akan di tampilkan di LCD. Data suhu dan kelembaban akan di proses oleh Arduino uno untuk mengendalikan lampu dan fan yang terhubung melalui relay.



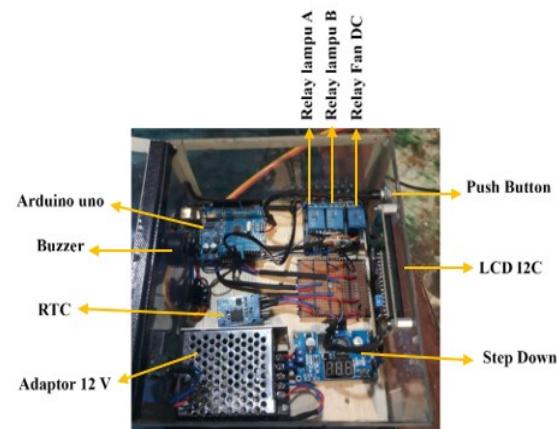
Gambar 2. Diagram Blok Program

Pada saat suhu terdeteksi oleh sensor DHT  $22 \leq 32^{\circ}\text{C}$ , maka relay 1 dan 2 akan bekerja untuk menghidupkan lampu bagian atas dan bawah sampai dengan batas suhu yang telah di tentukan yaitu  $35^{\circ}\text{C}$ , sedangkan pada saat suhu terdeteksi  $\geq 35^{\circ}\text{C}$  maka relay 1 akan bekerja untuk mematikan lampu bagian atas dan relay 2 tetap mempertahankan lampu bagian bawah tetap hidup guna mempertahankan suhu agar tetap pada set point yang telah di tentukan.

Relay 3 akan bekerja untuk mematikan fan jika suhu terdeteksi  $\leq 32^{\circ}\text{C}$ , sedangkan relay 3 akan menghidupkan fan jika suhu yang terbaca oleh sensor DHT 22 adalah  $\geq 35^{\circ}\text{C}$ . fungsi dari fan sendiri yaitu untuk meratakan suhu dan kelembaban pada ruang fermentasi serta mempertahankan suhu agar tetap pada set point yang telah ditentukan.

### Perancangan Perangkat Keras

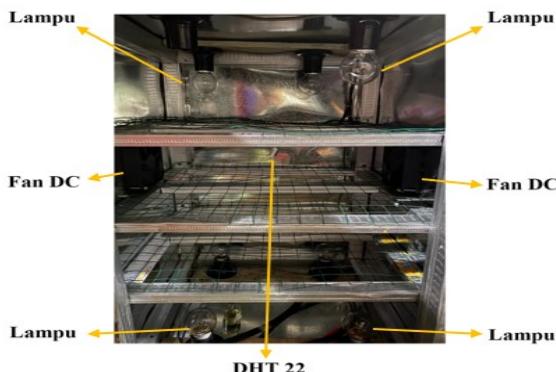
Perancangan perangkat keras dibagi menjadi dua tahapan yaitu perancangan box kontrol dan perancangan ruang fermentasi seperti pada gambar 4 dan gambar 5.



Gambar 3. Perangkat Box Kontrol

Komponen-komponen yang ada pada box kontrol adalah sebagai berikut:

**Relay lampu A, B** dan **Relay Fan DC** berfungsi untuk menghidupkan dan mematikan lampu (*heater*) serta *Fan DC* pada saat proses fermentasi sedang berjalan, **Push Button** digunakan sebagai aktuator dimulai dan selesai proses fermentasi. **LCD I2C** digunakan sebagai media penampil data suhu, kelembaban serta durasi fermentasi, **stepdown** berfungsi menurunkan tegangan dari output adaptor 12 V ke 5V sesuai dengan kebutuhan perangkat yang digunakan, **adaptor 12V** berfungsi untuk mengubah sumber tegangan dari suplay tegangan AC 220V menjadi tegangan DC 12V, **RTC** sebagai modul pembacaan waktu fermentasi, **buzzer** sebagai penanda dimulai dan selesai proses fermentasi, dan **arduino uno** sebagai pusat pengontrolan semua komponen yang digunakan pada penelitian ini.



**Gambar 4.** Perangkat Keras Pada Ruang Fermentasi

Ruang fermentasi merupakan tempat untuk meletakan tempe yang akan di fermentasi, didalam ruang fermentasi terdapat beberapa komponen yang mendukung jalannya proses fermentasi dan pengendalian suhu pada ruang fermentasi. Lampu berfungsi sebagai pemanas pada ruang fermentasi sedangkan fan dc sebagai penyeimbang suhu apabila suhu telah mencapai setpoint yang telah ditentukan. Sensor DHT 22 digunakan untuk membaca suhu di dalam ruang fermentasi yang kemudian data suhu dikirimkan ke arduino.

#### Pengujian Alat Fermentasi

Pada awalnya, tempe mentah diberi ragi, kemudian dimasukkan ke alat fermentasi selanjutnya hidupkan box kontrol dengan menekan saklar yang berada pada bagian belakang box kontrol. Untuk memulai proses kendali suhu dan kelembaban pada ruangan fermentasi maka tekan push button dan biarkan sistem bekerja hingga tempe siap untuk dikonsumsi. Untuk mengetahui proses dari fermentasi tempe gembus menggunakan alat kendali suhu dan kelembaban otomatis ini, dapat dilihat pada gambar 6.



**Gambar 5.** Dokumentasi Proses Fermentasi

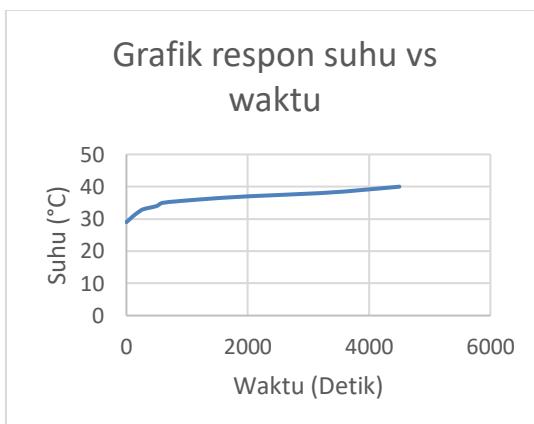
Berdasarkan data pengujian pada tabel 1, respon suhu terhadap waktu, maka didapatkan bahwa suhu naik dengan cepat dari 29°C hingga 33°C pada waktu 0 sampai 1000 detik, dan stabil di kisaran 33°C - 40°C pada waktu 1000 – 4500 detik

**Tabel 1.** Respon suhu terhadap waktu

Suhu (°C)	Waktu (detik)
29	0
30	60
31	120
32	190
33	280
34	500
35	605
36	1188
37	2000
38	3200
39	3900
40	4500

Berdasarkan hasil pengujian respon suhu terhadap waktu alat fermentasi membutuhkan waktu 1 jam 15 menit untuk dapat mencapai suhu 40°C.

Pengujian hasil proses fermentasi dilakukan secara dua tahap, yaitu dengan menggunakan alat kendali suhu otomatis dan menggunakan metode konvensional sebagai bahan perbandingan untuk hasil percobaan alat kendali suhu dan kelembaban otomatis pada proses fermentasi tempe gembus.



**Gambar 6.** Grafik Respon Suhu Terhadap Waktu

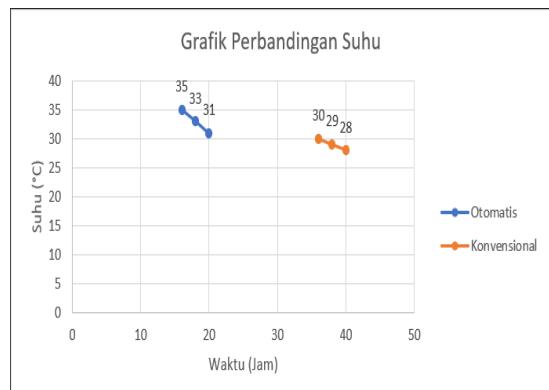
Hasil pengujian proses fermentasi dapat dilihat pada tabel 2 dan 3.

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Proses Fermentasi Tempe Dengan Metode Konvensional

No.	Tempe Mentah (plastik ½ Kg)	Tempe Terfermentasi (plastik ½ Kg)	Waktu (Jam)	Suhu (°C)	Kelembaban (%RH)	Ket.
1	3	3	36	30	68	Berhasil
2	3	3	38	29	80	Berhasil
3	3	5	40	28	85	Berhasil

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Proses Fermentasi Tempe Menggunakan Ruang Fermentasi

No.	Tempe Mentah (plastik ½ Kg)	Tempe Terfermentasi (plastik ½ Kg)	Waktu (Jam)	Suhu (°C)	Kelembaban (%RH)	Ket.
1	3	3	20	31	60	Berhasil
2	3	3	18	33	57	Berhasil
3	3	5	16	35	49	Berhasil

**Gambar 7.** Grafik perbandingan Suhu Secara Konvensional dan otomatis**Gambar 8.** Grafik perbandingan Kelembaban Secara Konvensional dan Otomatis

Dari hasil percobaan, didapatkan tempe gembus berhasil di fermentasi dalam waktu 16 jam. Sementara itu untuk waktu fermentasi dengan menggunakan metode konvensional diperlukan 36 – 40 jam atau kurang lebih 1 – 2 hari. Dengan demikian, proses fermentasi memakai alat yang dirancang unggul dari segi waktu dan kualitas produksi tempe.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat kendali suhu dan kelembaban otomatis pada proses fermentasi tempe gembus berbasis arduino uno telah bekerja sesuai dengan yang diharapkan dan sudah berhasil direalisasikan sesuai dengan tujuan yaitu membangun sistem pengatur suhu otomatis untuk

proses pembuatan tempe gembus berbasis arduino uno. Sistem dapat mengatur dan menstabilkan suhu dan kelembaban sesuai dengan batas setpoint yang telah di tentukan.

Nilai suhu dan kelembaban di luar ruang fermentasi tidak berpengaruh pada suhu dan kelembaban di dalam ruang fermentasi, sehingga kestabilan suhu dan kelembaban dapat terkontrol sesuai dengan setpoint yang telah ditentukan, menghasilkan tempe kualitas terbaik.

## DAFTAR PUSTAKA

- 1) Aryanta, I. W. R. (2020). Manfaat tempe untuk kesehatan. Widya Kesehatan, 2(1), 44-50. <https://doi.org/10.32795/widyakesehatan.v2i1.609>
- 2) Isnawati, M., Wijaningsih, W., & Tursilowati, S. (2021). Tempe Gembus: Pengolahan dan Potensi Gizi. Penerbit NEM.
- 3) Muhiddin, N. H., Juli, N., & Aryantha, I. N. P. (2001). Peningkatan kandungan protein kulit umbi ubi kayu melalui proses fermentasi. Jms, 6(1), 1-12.
- 4) Gunawan, B., & Sukardi, S. (2020). Rancang bangun pengontrolan suhu dan kelembaban pada proses fermentasi tempe berbasis Internet of Things. JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia, 1(2), 168-173. <https://doi.org/10.24036/jtein.v1i2.63>
- 5) Hidayat, A., & Agustin, K. P. (2020, November). Sistem pengendali suhu dan kelembaban pada inkubator tempe berbasis mikrokontroller esp 32. In Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV) (Vol. 6, No. 1, pp. 1103-1110).
- 6) Hidayah, M., Prihartono, E., & Santoso, B. (2020). Automatic Room Temperature Regulator for Making Tempe Based on Arduino with Fuzzy Logic Method. J. Inf, 5(1), 39. <https://doi.org/10.25139/inform.v3i2.1053>
- 7) Putra, Y. D. A., & Sari, C. (2022). Pengaplikasian Sensor DHT22 Berbasis Arduino Sebagai Penetas Telur Ayam Kampung. ELECTRA: Electrical Engineering Articles, 2(2), 42-48. <https://doi.org/10.25273/electra.v2i2.12254>
- 8) Sari, R. S., Nuryanto, N., & Widiyanto, A. (2021). Temperature and Humidity Control System for Tempe Gembus Fermentation Process Based on Internet of Things. Urecol Journal. Part G: Multidisciplinary Research, 1(1), 39-45. <https://doi.org/10.53017/ujmr.63>
- 9) Saptadi, A. H. (2014). Perbandingan akurasi pengukuran suhu dan kelembaban antara sensor DHT11 dan DHT22. Jurnal infotel, 6(2), 49-56.
- 10) Satya, T. P., Oktiawati, U. Y., Fahrurrozi, I., & Prisyanti, H. (2020). Analisis Akurasi Sistem

- sensor DHT22 berbasis Arduino terhadap Thermohygrometer Standar. *Jurnal Fisika dan aplikasinya*, 16(1), 40-45.
- 12) Usman, F. R., Ridwan, W., & Nasibu, I. Z. (2019). Sistem peringatan dini bencana banjir berbasis mikrokontroler Arduino. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 1(1), 1-6. <https://doi.org/10.37905/jjeee.v1i1.2721>
- 13) Abd Wahid, A. A., Abdussamad, S., & Nasibu, I. Z. (2020). Rancang Bangun Running Text pada Dot Matrix 16X160 Berbasis Arduino Uno Dengan Update Data System Menggunakan Perangkat Android Via Bluetooth. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 2(1), 8-13. <Https://doi.org/10.37905/jjeee.v2i1.4321>
- 14) Sihombing, B. S., & Kirana, I. O. (2022). RANCANG BANGUN ALAT PENGERING BIJI KOPI BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO UNO. *STORAGE: Jurnal Ilmiah Teknik dan Ilmu Komputer*, 1(1), 8-15. <https://doi.org/10.55123/storage.v1i1.155>