



## Rancang Bangun Inkubator Tempe Untuk Mempercepat Waktu Fermentasi

### Design of Tempeh Incubator to Accelerate Fermentation Time

Galih Mustiko Aji <sup>1</sup>, Artdhita Fajar Pratiwi <sup>2</sup>, Sari Widya Utami <sup>\*3</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Diploma Tiga Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Cilacap, Cilacap, Indonesia

<sup>2</sup> Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Mekatronika, Politeknik Negeri Cilacap, Cilacap, Indonesia

<sup>3</sup> Program Studi Sarjana Terapan Pengembangan Produk Agroindustri, Politeknik Negeri Cilacap, Cilacap, Indonesia

\*Penulis Korespondensi

Email: [sariwidya@pnc.ac.id](mailto:sariwidya@pnc.ac.id)

**Abstrak.** Proses fermentasi tempe sangat dipengaruhi oleh faktor suhu dan kelembaban ruangan. Fermentasi secara tradisional sangat bergantung pada cuaca yang dapat memengaruhi lamanya waktu fermentasi. Tujuan penelitian ini adalah membuat rancang bangun inkubator tempe dengan suhu dan kelembaban terkendali untuk mempercepat proses fermentasi. Inkubator tempe yang dibuat menggunakan metode kendali histerisis untuk pengendalian suhu dan kelembaban. Kendali histerisis yang dilakukan mengatur pita atas dan pita bawah suhu antara 34 hingga 35 °C dan kelembaban antara 69 hingga 70%RH. Suhu dan kelembaban dalam ruang inkubator dibaca melalui sensor DHT11 yang terhubung ke Arduino Mega 2560. Arduino Mega 2560 bertugas untuk mengatur penyalan lampu pijar yang memberikan energi panas dan mist maker yang meningkatkan kelembaban ruang inkubator. Hasil pengujian menunjukkan bahwa inkubator tempe yang dibuat dapat menyesuaikan dengan kondisi yang diharapkan dengan selisih pita atas dan pita bawah pada suhu adalah sebesar 1,3 °C dan selisih pita atas dan pita bawah kelembaban sebesar 8,1%RH. Dengan menggunakan inkubator tempe ini, dapat menghasilkan tempe lebih cepat daripada fermentasi tradisional yaitu hanya dalam waktu 29 jam. Dibandingkan dengan fermentasi tradisional yang membutuhkan waktu 48 jam, maka dengan inkubator tempe ini dapat mempercepat proses fermentasi sebesar 39,5%.

**Kata kunci:** suhu, kelembaban, DHT11, Arduino Mega 2560, tempe.

**Abstract.** The fermentation process of tempeh is strongly influenced by temperature and humidity factors. Traditional fermentation is highly dependent on the weather which can affect the length of fermentation time. The purpose of this research is to design a tempeh incubator with a controlled temperature and humidity to accelerate the fermentation process. The tempeh incubator used hysteresis control method for temperature and humidity control. The hysteresis control set the upper band and lower band of temperature between 34 to 35 °C and humidity between 69 to 70%RH. The temperature and humidity in the incubator room are read through the DHT11 sensor connected to the Arduino Mega 2560. Arduino Mega 2560 controls the incandescent lamps that provide heat energy and mist makers that increase the humidity of the incubator room. The test results show that the tempeh incubator made can adjust to the expected conditions with the difference between the upper band and the lower band at temperature is 1,3 °C and the difference between the upper band and the lower band of humidity is 8,1%RH. By using this tempeh

*incubator, it can produce tempeh faster than traditional fermentation, which is only 29 hours. Compared to traditional fermentation which takes 48 hours, this tempeh incubator can accelerate the fermentation process by 39,5%.*

**Keywords:** *temperature, humidity, DHT11, Arduino Mega 2560, tempeh.*

## 1. Pendahuluan

Tempe merupakan makanan khas Indonesia yang kini banyak diproduksi di mancanegara (Rahmani *et al.*, 2021). Tempe diproduksi dengan teknik fermentasi kedelai menggunakan inoculum *Rhizopus spp* (Barus & Rahman, 2021). Konsumsi tempe di Indonesia per kapita pada tahun 2023 adalah sebesar 0,143 kg per kapita dalam seminggu (Dewi *et al.*, 2024) yang mengalami peningkatan sebesar 2,31% dari tahun 2020. Pemerintah Indonesia sangat memberikan perhatian pada produksi tempe dengan memberikan jaminan mutu dan keamanan pangan bagi pelaku industri tempe di Indonesia dengan menerbitkan SNI No 3114:2015 tentang syarat mutu tempe kedelai.

Proses produksi tempe sangat sederhana, namun proses produksinya sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan (suhu dan kelembaban ruang) (Sari *et al.*, 2021; Widiastuti *et al.*, 2024) dan kualitas air yang digunakan pada saat perendaman kedelai (Sine & Soetarto, 2018; Suparno *et al.*, 2020). Permasalahan dalam proses produksi tempe adalah waktu fermentasi yang lama (Abdurasyid *et al.*, 2022), salah satunya disebabkan oleh suhu dan kelembaban ruangan yang tidak stabil (Setiawan *et al.*, 2024). Waktu fermentasi tempe secara tradisional pada umumnya mencapai 48 jam hingga 60 jam pada suhu ruangan berkisar 30 hingga 35 °C (Erkan *et al.*, 2020; Rosidah *et al.*, 2023) dan kelembaban udara 60 hingga 70% (Dwianto *et al.*, 2024).

Proses fermentasi secara tradisional dilakukan dengan meletakkan kemasan tempe di atas papan di dalam ruangan dan kemasan tempe akan diselimuti kain pada suhu ruangan yang dingin (Handoko, 2023). Suhu udara selalu berbanding terbalik dengan kelembaban udara (Pabontongan *et al.*, 2024). Suhu udara yang meningkat akan menurunkan kelembaban udara, begitu juga sebaliknya (Pabontongan *et al.*, 2024).

Inkubator dibutuhkan untuk mengatur ruangan dengan nilai suhu dan kelembaban pada nilai setpoint tertentu. Metode histerisis diterapkan pada inkubator untuk mengatur pita atas dan pita bawah nilai suhu dan kelembaban sehingga meningkatkan tingkat akurasi dan kinerja secara dinamis (Adiastoro *et al.*, 2024). Suhu dan kelembaban ruangan yang terkendali dapat mendukung percepatan proses fermentasi kedelai untuk mereduksi waktu fermentasi dan meningkatkan kapasitas produksi tempe. Tujuan penelitian difokuskan untuk menciptakan kondisi ruangan dengan suhu dan kelembaban yang terkendali dengan menggunakan sensor DHT11, pemanas berupa lampu pijar, *mist maker* untuk meningkatkan kelembaban udara yang dikendalikan dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560.

## 2. Bahan dan Metode

Rancangan inkubator tempe sangat dipengaruhi oleh karakteristik fermentasi tempe yang merupakan proses biologis dimana kedelai diubah menjadi tempe oleh aktivitas mikroorganisme yaitu *Rhizopus oligosporus* atau *Rhizopus oryzae* (Putri & Kartikawati, 2023). Proses fermentasi tempe menggunakan kapang (jamur) *Rhizopus* yang tumbuh di atas biji kedelai dan membentuk miselia putih yang menyatukan biji-biji kedelai menjadi tekstur padat (Rosidah *et al.*, 2023). Fermentasi tempe berlangsung pada suhu 25 hingga 37 °C dengan tingkat kelembaban yang cukup tinggi (Radiati & Sumarto, 2016). Suhu di atas atau dibawah rentang dapat memperlambat proses fermentasi atau menyebabkan hasil yang tidak optimal. Selama fermentasi, tempe mengalami peningkatan aroma yang khas dan sedikit asam karena adanya reaksi enzimatis yang memproduksi senyawa organik, sehingga menghasilkan rasa dan aroma yang unik dan berbeda dari kedelai asli (Pamungkas *et al.*, 2022). Tempe yang sudah selesai difermentasi memiliki tekstur padat dan berwarna putih dipermukaannya, yang berasal dari miselium jamur yang menutupi biji kedelai (Kuligowski *et al.*, 2024).

### 2.1. Bahan

Bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan inkubator tempe dengan suhu dan kelembaban yang terkendali dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Bahan pembuatan ruang inkubator tempe dengan suhu dan kelembaban terkendali

| No | Bahan                      | Spesifikasi                | Jumlah   |
|----|----------------------------|----------------------------|----------|
| 1  | Plat aluminium             | 0.8 mm                     | 2 lembar |
| 2  | Besi hollow                | 2cmx2cmx400cm              | 1 batang |
| 3  | Engsel                     | kupu-kupu 1"               | 2 buah   |
| 4  | Kunci pengait              | Stainless 3.81 cm          | 3 buah   |
| 5  | Screw                      | 10x1/2                     | 30 buah  |
| 6  | Akrilik                    | 25cmx40cmx2 mm, transparan | 1 buah   |
| 7  | Mikrokontroler             | Arduino Mega2560           | 1 buah   |
| 8  | Sensor suhu dan kelembaban | DHT11                      | 1 buah   |
| 9  | Relay kit driver           | 12VDC                      | 3 buah   |
| 10 | Kipas                      | 12VDC, 12cmx12cmx3cm       | 4 buah   |
| 11 | <i>Mist Maker</i>          | Ultrasonic, 12VDC          | 1 buah   |
| 12 | Lampu Pijar                | 5 Watt, 220 VAC            | 12 buah  |
| 13 | LCD Character              | 2x16 I2C                   | 1 buah   |
| 14 | Kabel                      | Tipe serabut               | 1 set    |

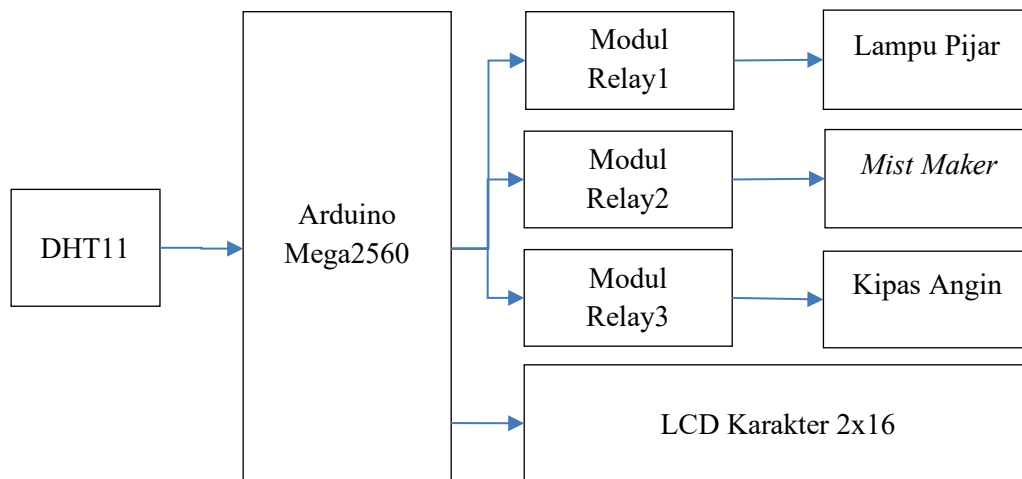
### 2.2. Rancangan Alat

Bagan rancangan ruang inkubator tempe dalam sistem elektronik dapat dilihat pada Gambar 1. Sensor DHT11 berfungsi untuk mengubah besaran fisik suhu dan kelembaban menjadi data digital yang dapat dibaca oleh kontroler Arduino Mega 2560. Mikrokontroler Arduino Mega 2560 sebagai pengolah data dari sistem secara keseluruhan, memproses data suhu dan kelembaban dari sensor DHT11.

Metode kendali pada suhu dan kelembaban tersebut menggunakan metode histerisis dengan pengaturan nilai batas atas dan bawah untuk menentukan frekuensi pensaklaran relay sehingga *mist maker* dan lampu akan menyala dan mati secara otomatis. Pada saat suhu terbaca kurang dari 35 °C maka modul relay 1 akan diaktifkan sehingga lampu pijar akan menyala dan memberikan energi panas untuk ruang inkubator. Lampu pijar akan dimatikan ketika suhu terbaca melewati lebih dari 35 °C. Untuk mencegah pensaklaran lampu pijar yang terlalu cepat maka lampu pijar akan tetap dimatikan sampai suhu terbaca di bawah 34 °C. Sehingga sistem akan menjaga suhu pada rentang 34 sampai 35 °C.

Naiknya suhu ruangan akan menyebabkan kelembaban menurun secara cepat, *mist maker* diaplikasikan untuk membantu ruangan tetap lembab. Modul relay 2 digunakan untuk mengaktifkan *mist maker* yang akan aktif ketika sensor DHT11 membaca nilai kelembaban kurang dari 69%RH dan akan dimatikan ketika sensor DHT11 membaca kelembaban lebih dari 70%RH.

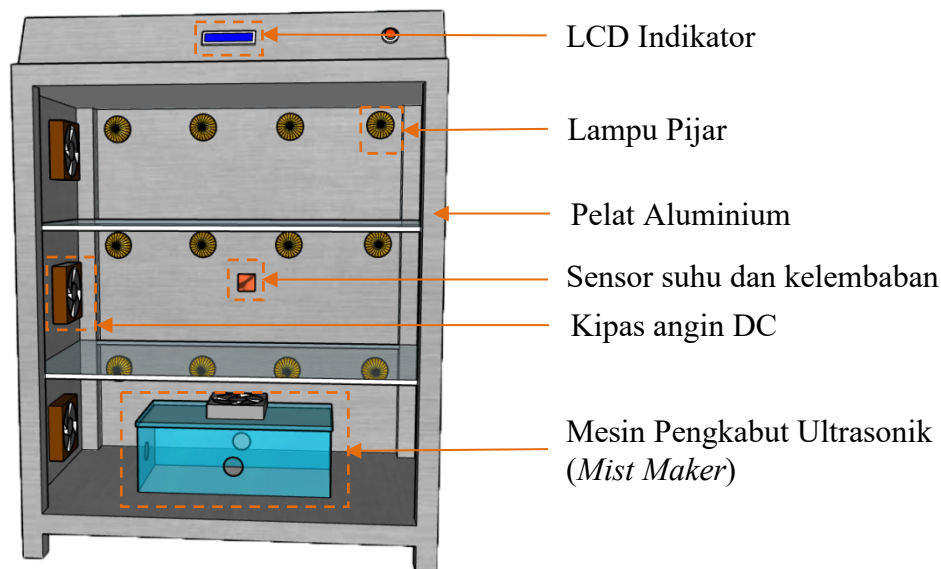
Pensaklaran pada relay 1 dan 2 yang terlalu cepat dapat menyebabkan panas berlebih, gangguan elektromagnetik, lonjakan tegangan, dan keausan pada relay serta penggunaan daya yang lebih tinggi. Jika hal ini berlangsung dalam waktu cukup lama yang dapat berdampak pada kondisi ruang inkubator. Modul relay 3 digunakan untuk menyalakan kipas angin untuk mengurangi suhu dan kelembaban berlebih yang dapat mempengaruhi sistem. Modul relay 3 akan aktif pada suhu lebih dari 35 °C atau kelembaban lebih dari 70%RH dan akan dimatikan jika keduanya tidak terpenuhi.



Gambar 1. Blok diagram sistem inkubator tempe

Inkubator tempe menggunakan kerangka dari besi holo berukuran 20 x 20 mm dengan ketebalan 2 mm yang diselimuti pelat aluminium dengan ketebalan 0,8 mm. Dimensi inkubator tempe yang dibuat adalah 60 x 60 x 50 cm. Kerangka dan penempatan perangkat elektronik dapat dilihat pada [Gambar 2](#). Sebanyak 12 lampu pijar ditempatkan dalam ruang inkubator untuk memberikan energi panas secara merata. *Mist maker* diletakkan pada bagian bawah untuk

mengubah air di dalam bak menjadi kabut (uap air) agar menjaga ruang inkubator tetap lembab. Tiga buah kipas angin dipasang pada sisi inkubator untuk mengeluarkan suhu dan kelembaban berlebih. Sensor DHT11 dipasang pada bagian tengah inkubator, untuk pengambilan data suhu dan kelembaban di dalam ruang inkubator. Nilai suhu dan kelembaban terukur dapat dilihat pada LCD Indikator yang diletakkan pada bagian atas inkubator. Pengukuran keberhasilan proses fermentasi kedelai dilakukan melalui pengujian secara fisik dengan pengamatan visual. Adapun parameter yang digunakan berupa tekstur, penampakan (warna jamur) dan aroma tempe yang dihasilkan.



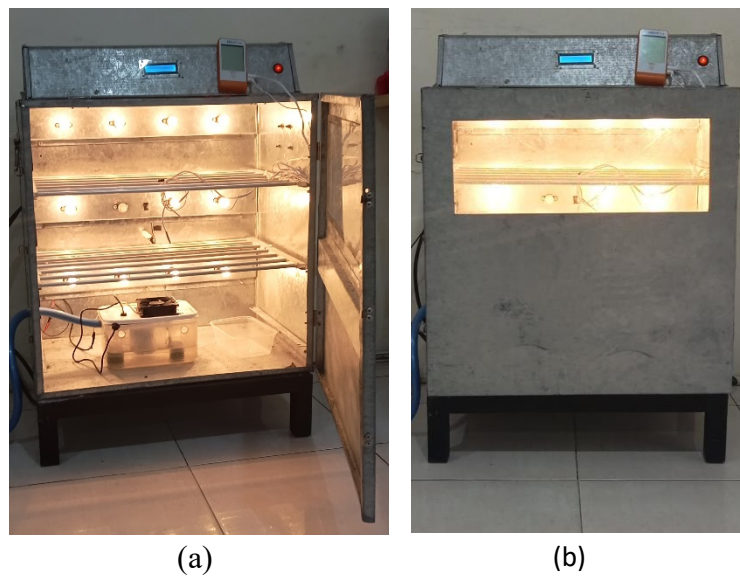
Gambar 2. Desain inkubator tempe

### 2.3 Cara Pengukuran Data

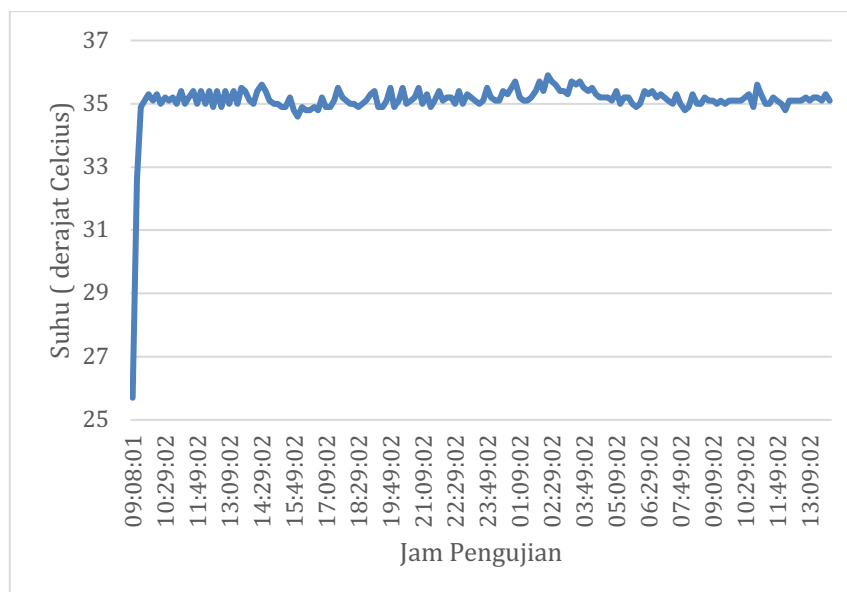
Pengukuran data suhu dan kelembaban dilakukan dengan menggunakan *data logger* suhu dan kelembaban (Elitech GSP-6) yang dapat merekam data sampai dengan 16.000 sampling. Pengukuran suhu dan kelembaban inkubator tempe dilaksanakan selama proses fermentasi tempe dengan interval perekaman sampel data adalah setiap 30 detik sehingga proses pengukuran dapat dilakukan sampai dengan 133 jam atau 5,5 hari. Hasil pengukuran selama proses fermentasi dilakukan dengan menghitung nilai rata-rata, median, nilai maksimum, dan minimum yang ditampilkan dalam bentuk grafik untuk memberikan gambaran umum tentang kondisi suhu dan kelembaban di dalam inkubator. Selain itu, dilakukan analisis variabilitas yaitu dengan memeriksa fluktuasi suhu dan kelembaban yang signifikan dengan mengamati standar deviasi atau selisih antara nilai maksimum dan minimum. Pengukuran yang dilakukan sepanjang waktu fermentasi tempe dimaksudkan untuk mengidentifikasi pola-pola tertentu, seperti perubahan suhu atau kelembaban yang terjadi pada waktu tertentu seperti siang hari yang lebih panas atau malam hari yang lebih dingin.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Inkubator tempe dibuat dan direalisasikan seperti yang ditunjukkan pada [Gambar 3](#). Penerapan metode histerisis pada inkubator tempe dimaksudkan untuk mengurangi *glitch* atau ketidakstabilan akibat pensaklaran yang terlalu cepat. Berdasarkan hasil pengujian dengan menerapkan metode histerisis dapat mengurangi selisih simpangan atas dan bawah pada sistem pengukuran suhu dan kelembaban seperti yang ditunjukkan pada [Gambar 4](#) dan [Gambar 5](#). Pengujian menggunakan data logger yang dipasangkan pada titik tengah inkubator, untuk mengetahui respon sensor terhadap nyala lampu, *mist maker* dan kipas angin dalam mempertahankan suhu 34 – 35°C dan kelembaban 69 – 70%RH.



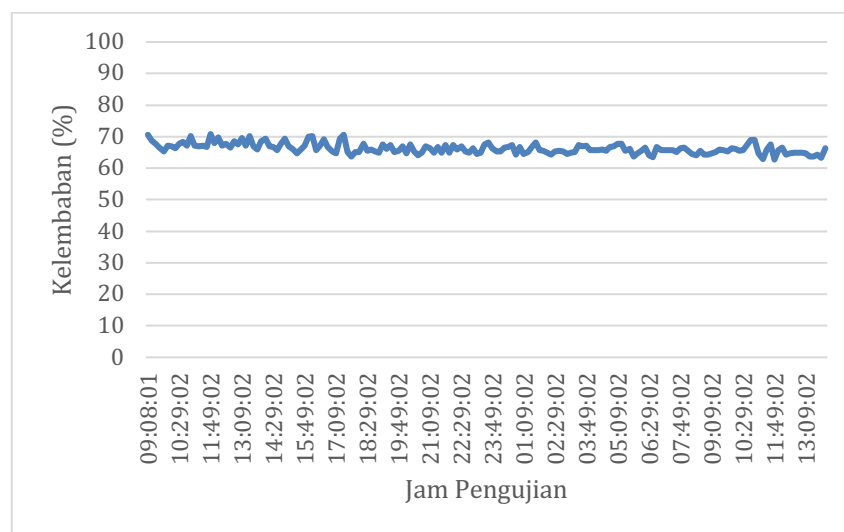
Gambar 3. Hasil realisasi inkubator tempe (a) tampak dalam (b) tampak luar



Gambar 4. Hasil pengukuran suhu inkubator tempe



**Gambar 4** menunjukkan hasil pengukuran suhu pada ruang inkubator tempe dengan menerapkan metode histerisis. Pengukuran dilakukan hingga fermentasi selesai selama 29 jam untuk mengetahui respon suhu dalam ruang inkubator yang mudah terpengaruh oleh suhu ruang sekitar. Dari hasil pengukuran didapatkan data rata-rata suhu terukur adalah  $35,17^{\circ}\text{C}$  dengan simpangan bawah terendah yaitu  $34,6^{\circ}\text{C}$  dan simpangan atas tertinggi yaitu  $35,9^{\circ}\text{C}$ , sehingga memiliki rentang pengukuran suhu sebesar  $1,3^{\circ}\text{C}$ . Sementara pada **Gambar 5** menunjukkan hasil pengukuran kelembaban ruang inkubator yang didapatkan data rata-rata kelembaban terukur adalah  $66,18\%\text{RH}$  dengan pengukuran kelembaban batas bawah  $62,7\%\text{RH}$  dan batas atas  $70,8\%\text{RH}$ , sehingga rentang pengukuran kelembabannya adalah sebesar  $8,1\%\text{RH}$ . Semakin lebar rentang simpangan antara batas atas dan bawah menandakan bahwa semakin besar kemungkinan error pengukuran yang terjadi dalam ruang inkubator. Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu yang juga menggunakan jenis sensor yang sama, maka hasil pengendalian pada penelitian ini jauh lebih baik. Dimana pada penelitian sebelumnya untuk hasil pengukuran suhu dan kelembaban masih memiliki rentang pengukuran sebesar  $2,4^{\circ}\text{C}$  dan  $12,9\%\text{RH}$  (Whedana & Purwanto, 2024).



Gambar 5. Hasil pengukuran kelembaban inkubator tempe

Efektivitas ruang inkubator tempe untuk proses fermentasi kedelai menjadi tempe dilakukan dengan menginkubasi kedelai yang sudah diberikan ragi di dalam ruang inkubator. Proses fermentasi tempe dalam ruang inkubator dapat dilihat pada **Gambar 6**.

Hasil pengujian menunjukkan proses fermentasi kedelai menjadi tempe dengan karakteristik kedelai yang ditumbuhi kapang *Rhizopus* secara merata dengan aroma segar yang dapat dikatakan layak konsumsi seperti pada **Gambar 7**. Indikator layak konsumsi dari parameter fisik terlihat bahwa sudah terdapat jamur yang cukup tebal pada kedelai yang difermentasi, aroma khas tempe yang segar, berwarna putih dengan tekstur padat dan kompak. Proses fermentasi tersebut membutuhkan waktu 29 jam sejak kedelai diberikan ragi. Waktu yang dibutuhkan mampu

mengefisiensikan sebanyak 39,5 % dibandingkan pada metode tradisional (tanpa menggunakan inkubator) yang umumnya mencapai 48-60 jam (Erkan *et al.*, 2020; Rosidah *et al.*, 2023).



Gambar 6. Proses fermentasi tempe



Fermentasi dalam ruang terbuka

Fermentasi dalam ruang inkubator

Gambar 7. Hasil fermentasi tempe selama 29 jam

Berdasarkan hasil pengujian suhu dan kelembaban serta pengujian proses fermentasi tempe, sistem inkubator sudah dapat memenuhi kebutuhan untuk memperpendek waktu fermentasi. Metode kendali histerisis memiliki performa yang cukup baik dengan selisih antar batas atas dan batas bawah pada suhu sebesar 1,3°C dan kelembaban sebesar 8,1%RH, yang lebih baik 1,1 °C pada pengukuran suhu dan 4,1%RH pada pengukuran kelembaban dibandingkan penelitian terdahulu.

#### 4. Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dibuat ruang inkubator tempe dengan menerapkan metode kendali histerisis untuk mengatur suhu dan kelembaban. Penggunaan metode kendali histerisis pada inkubator tempe diuji selama 29 jam pada proses fermentasi kedelai untuk menghasilkan tempe yang siap konsumsi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa selisih batas atas dan batas bawah pada suhu adalah sebesar 1,3°C dan pada kelembaban sebesar 8,1%. Performa ruang inkubator



menunjukkan waktu efektif proses fermentasi tempe adalah 29 jam, lebih efektif 39,5% dibandingkan proses fermentasi tradisional.

### Daftar Pustaka

- Abdurrasyid, Z., Astawan, M., Lioe, H. N., & Wresdiyati, T. (2022). Physicochemical and Antioxidant Properties of Germinated Soybean Tempe after Two Days Additional Fermentation Time. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 13(3), 238–252. <https://doi.org/10.33263/BRIAC133.238>
- Adiastoro, M., Arundaya, A., Prasetya, G. P., Samasta, D. A. A., Syah, M. N., & Andrasto, T. (2024). Pengaruh Parameter Pid Kontroler Pada Alat Pemanas Air Otomatis. *CONTEN: Computer and Network Technology*, 4(1), 71–80. <https://doi.org/10.31294/conten.v4i1.3604>
- Barus, T., & Rahman, R. A. (2021). Kualitas Tempe Menggunakan Rhizopus microsporus TB23, R. microsporus TB32, dan R. microsporus TB55 yang Berasal dari Inokulum “Daun Waru.” *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 10(1), 13–18. <https://doi.org/10.17728/jatp.8487>
- Dewi, L., Paramastuti, R., & Rizkaprilisa, W. (2024). Tempe “Super Food” Untuk Kalangan Anak-Anak Tk Di Salatiga Dan Semarang. *Communnity Development Journal*, 5(3), 5419–5426. <https://doi.org/10.31004/cdj.v5i3.27136>  
<https://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/cdj/article/view/27136>
- Dwianto, S. A., Meitiniarti, V. I., Sukmana, A. B. A., & Dewi, L. (2024). Penambahan Biji Chia (*Salvia hispanica* L.) pada Fermentasi Tempe Kedelai dalam Peningkatan Aktivitas Antioksidan dan Nilai Kesukaan. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 9(2), 155–163. <https://doi.org/10.24002/biota.v9i2.7828>
- Erkan, S. B., Gürler, H. N., Bilgin, D. G., Germec, M., & Turhan, I. (2020). Production and characterization of tempehs from different sources of legume by *Rhizopus oligosporus*. *LWT*, 119, 108880. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108880>
- Handoko, V. S. (2023). Inovasi Kewirausahaan Tempe Jagung di Desa Bedoyo Kapanewon Ponjong Kabupaten Gunungkidul. *Jurnal Atma Inovasia*, 3(6), 474–478. <https://doi.org/10.24002/jai.v3i6.7641>
- Kuligowski, M., Radziejewska-Kubzdela, E., Górna, O., Jasińska-Kuligowska, I., & Kidoń, M. (2024). Sustainable Use of By-Products (Okara and Linseed Cake) in Tempeh Fermentation: Effects on Isoflavones and Lignans. *Sustainability*, 16(22), 9936. <https://doi.org/10.3390/su16229936>
- Pabontongan, S. S., Palloan, P., & Susanto, A. (2024). Analisis Hubungan Suhu, Kelembapan Dan Curah Hujan Di Tana Toraja Dengan Fenomena Perubahan Iklim. *Jurnal Fisika Unand*, 13(4), 557–563. <https://doi.org/10.25077/jfu.13.4.557-563.2024>
- Pamungkas, E. M. P., Dewi, L., & Tapilouw, M. C. (2022). Penambahan angkak (*monascus purpureus*) pada tempe dalam peningkatan antioksidan. *Teknologi Pangan: Media Informasi Dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, 13(2), 144–155. <https://doi.org/10.35891/tp.v13i2.2923>
- Putri, F. L., & Kartikawati, D. (2023). Optimasi Konsentrasi Ragi dan Jenis Pembungkus dalam Pembuatan Tempe Kacang Tunggak (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). *Jurnal Agrifoodtech*, 1(2), 103–118. <https://doi.org/10.56444/agrifoodtech.v1i2.310>
- Radiati, A., & Sumarto. (2016). Analisis Sifat Fisik, Sifat Organoleptik, Dan Kandungan Gizi Pada Produk Tempe Dari Kacang Non-Kedelai. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 5(1), 16–22. <https://doi.org/10.17728/jatp.v5i1.32>
- Rahmani, A. F., Mubarak, S., Soleh, M. A., & Prawiranegara, B. M. P. (2021). Evaluasi Kualitas Nutrisi Microgreen Bayam Merah dan Hijau Menggunakan Cahaya Buatan. *Kultivasi*, 20(3), 168–174. <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v20i3.33365>

- Rosidah, R., Azizah, A. S., Megawati, H. P., & Rivaldi, R. (2023). Analisis Morfologi Fungi pada Tempe Kemasan Daun dan Tempe Kemasan Plastik. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Biologi Dan Sains*, 2(1), 48–57. <https://doi.org/10.30998/jpmbio.v2i1.1930>
- 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>
- Setiawan, A., Apriani, Y., Saleh, Z., & Ardianto, F. (2024). Pengendali Suhu Fermentasi Tempe Berbasis NodeMCU Dan Sensor DHT 22. *Electrician: Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro*, 18(2), 128–138. <https://doi.org/10.23960/elc.v18n2.2566>
- Sine, Y., & Soetarto, E. S. (2018). Isolasi dan identifikasi kapang *Rhizopus* pada tempe gude (*Cajanus cajan* L.). *Savana Cendana*, 3(04), 67–68. <https://doi.org/10.32938/sc.v3i04.487>
- Suparno, S., Giyanto, G., Kusumadati, W., & Sadono, A. (2020). Pengaruh Lama Perendaman Kedelai dan Proporsi Tepung Beras Sebagai Upaya Meningkatkan Mutu Gizi Tempe. *Agrienvi*, 14(2), 50–58. <https://doi.org/10.36873/aev.2020.14.2.50> <https://e-journal.upr.ac.id/index.php/aev/article/view/2431>
- Whedana, I. W. B. A., & Purwanto, T. D. (2024). Rancang Bangun Alat Sistem Kontrol Otomatis Pada Proses Fermentasi Tempe Berbasis Mikrokontroler. *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, 16(1), 1. <https://doi.org/10.28989/angkasa.v16i1.1865>
- Widiastuti, A., Kinanti, K., Karisma, T., & Aini, K. (2024). Pembuatan Fermentasi Tempe Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.). *BEST Journal (Journal of Biology, Education, Science, Dan Technology*, 7(1), 1164–1170. <https://doi.org/10.30743/best.v7i1.9586> <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/best/article/view/9586>