

## SISTEM PENGENDALI SUHU DAN KELEMBAPAN PADA INKUBATOR TEMPE BERBASIS MIKROKONTROLLER ESP 32

Subono <sup>1)</sup>, Alfin Hidayat<sup>2)</sup>, Vivien Arief wardhany<sup>3)</sup>, Kamila Pratama Agustin<sup>4)</sup>

<sup>1</sup>Teknik Informatika, Politeknik Negeri Banyuwangi,  
Jl. Raya Jember km-13, Kabat, Banyuwangi, East Java, 68461  
E-mail: subono@poliwangi.ac.id; alfin.hidayat@poliwangi.ac.id;  
vivien.wardhany@poliwangi.ac.id; kamilapratama.student@poliwangi.ac.id

### Abstract

*The process of making tempeh still uses the traditional way, namely by covering the cloth when the weather is too cold, and putting soybeans in the fermentation process outside the home if the weather is too hot. Unstable temperature and humidity can affect fermentation time and the quality of the resulting tempeh. In this condition, a technology that can detect and control temperature and humidity is needed so that the tempe fermentation process is more optimal in terms of time, energy, and quality of tempeh. In this study, the researchers proposed a temperature and humidity control system for soybean fermentation in an incubator. This tool control system is centered on the ESP32 microcontroller with an input in the form of a DHT22 sensor that detects the temperature and humidity values. This fermentation device can stabilize temperature and humidity during the fermentation process with a minimum and maximum temperature limit of 30 ° C - 36 ° C, a humidity of 60% -70% and a proportional strengthening of 1.3 temperature to obtain the optimal fermentation time of 12.5 hours. Mushroom conditions grow well, texture conditions, taste and aroma of tempeh are normal.*

**Keywords:** *Temperature, Humidity, Microcontroller, ESP32, DHT 22*

### Abstrak

Proses pembuatan tempe masih menggunakan cara tradisional yaitu dengan menutup kain bila cuaca terlalu dingin, dan memasukkan kedelai dalam proses fermentasi di luar rumah jika cuaca terlalu panas. Suhu dan kelembaban yang tidak stabil dapat mempengaruhi waktu fermentasi dan kualitas tempe yang dihasilkan. Pada kondisi ini diperlukan suatu teknologi yang dapat mendeteksi dan mengontrol suhu dan kelembaban agar proses fermentasi tempe lebih optimal baik dari segi waktu, tenaga, maupun kualitas tempe. Pada penelitian ini, peneliti mengusulkan sistem kendali suhu dan kelembaban fermentasi kedelai pada inkubator. Sistem kendali alat ini dipusatkan pada mikrokontroler ESP32 dengan input berupa sensor DHT22 yang mendeteksi nilai suhu dan kelembaban. Perangkat fermentasi ini dapat menstabilkan temperatur dan kelembaban selama proses fermentasi dengan batas minimum dan maksimum temperature 30°C - 36°C, kelembaban 60%-70% dan penguatan proporsional suhu 1.3 hingga diperoleh waktu fermentasi optimal selama 12.5 jam. Kondisi jamur tumbuh baik, kondisi tekstur, rasa dan aroma tempe normal.

**Kata Kunci:** *Temperatur, Kelembapan, Mikrokontroler, ESP32, DHT 22*

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang khususnya dalam perkembangan teknologi otomatisasi di berbagai bidang baik industri besar, pendidikan maupun industri rumahan. Salah satu industri rumahan yang banyak terdapat di

Indonesia adalah usaha pembuatan tempe. Menurut data yang di peroleh dari Badan Standardisasi Nasional (BSN) tahun 2012, terdapat 81.000 pengusaha tempe di Indonesia.

Proses fermentasi yang di lakukan oleh perajin tempe saat ini adalah cara tradisional, dimana kedelai yang telah di beri ragi diletakkan begitu saja dengan kondisi terbungkus plastik tanpa memperhatikan suhu dan kelembapan serta kondisi di lingkungan sekitar tempat fermentasi tempe, sedangkan suhu dan kelembapan yang optimum untuk membantu proses fermentasi tempe adalah antara 30°C - 36°C dan 60%-70%. Penggantian metode tradisional yang diusulkan menggunakan teknologi optimalisasi suhu dan kelembapan saat proses fermentasi tempe, dengan lampu sebagai pemanas di dalam alat inkubasi dan kipas untuk meratakan suhu di dalam alat serta mengontrol sirkulasi udara agar suhu dan kelembapan tetap stabil. Sehingga waktu yang dibutuhkan untuk proses fermentasi lebih optimal dan kualitas tempe yang dihasilkan lebih maksimal.

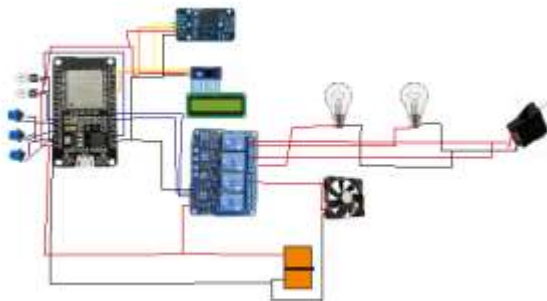
Tujuan yang ingin dicapai dari hasil penelitian ini adalah membuat sebuah alat yang dapat mengontrol dan mengoptimalkan suhu dan kelembapan pada proses fermentasi tempe yang terhubung dengan smartphone sehingga perajin tempe dapat memantau kestabilan suhu dan kelembapan selama proses fermentasi berlangsung. Penggunaan kendali suhu dan kelembapan diharapkan dapat mempertahankan kondisi optimal sehingga diperoleh kualitas tempe yang baik dengan proses fermentasi lebih cepat.

## **METODE PENELITIAN**

Metode penelitian menggunakan sistem kendali proporsional, data yang dihasilkan merupakan suhu dan kelembapan dari hasil pengukuran sensor DHT 22. Aktuator berupa kipas dengan fungsi menjaga suhu dan kelembapan agar merata dalam mesin inkubator. Lampu berfungsi menghasilkan panas dalam mesin inkubator. Data yang diperoleh merupakan hasil pengujian perubahan suhu dan kelembapan terhadap proses perubahan waktu. Selama proses fermentasi berlangsung Inkubator akan menjaga suhu 30°C - 36°C dan kelembapan 60%-70% (tanpa memperhitungkan faktor di luar inkubator) karena gangguan terhadap perubahan suhu dan kelembapan berasal dari dalam inkubator itu sendiri dan proses fermentasi kedelai.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem dibuat dan dirancang meliputi beberapa bagian yakni rancang bangun perangkat keras meliputi mikrokontroler ESP32, sensor suhu dan kelembapan (DHT 22), relay, *push button*, proses kerja diatur secara otomatis melalui RTC timer dan program dari sisi software yang meliputi aplikasi Arduino IDE serta *Platform BLYNK App* sebagai aplikasi yang digunakan untuk memantau kestabilan suhu dan kelembapan selama proses fermentasi berlangsung.. Cara kerja secara lengkap dari sistem pengendali suhu dan kelembapan inkubator tempe ditunjukkan pada gambar 1 dan gambar 2.



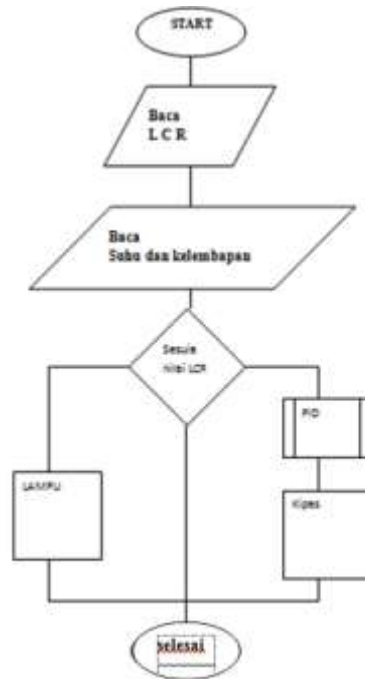
Gambar 1. Rangkaian Pengendali Suhu dan Kelembapan Inkubator Tempe



Gambar 2. Rangkaian Lengkap Pengendali Suhu dan Kelembapan Inkubator Tempe

Keterangan gambar:

1. Mikrokontroler ESP32, sebagai pusat kendali seluruh kerja komponen.
2. RTC, sebagai perangkat untuk mendapatkan data waktu terkini.
3. Relay, digunakan sebagai saklar aktuator.



Gambar 3. Diagram Alir Kendali Suhu dan Kelembapan Inkubator Tempe

Gambar 3. Menjelaskan diagram kerja dari sistem inkubator tempe mulai dari pembacaan kondisi awal, proses kerja sampai selesai.

### Rancang Bangun Perangkat Keras

Pada rancang bangun perangkat keras terdiri dari beberapa rangkaian yang saling berkaitan untuk mengontrol kondisi suhu dan kelembapan pada mesin fermentasi tempe. Terdapat beberapa indikator untuk mengetahui kualitas tempe yang dihasilkan setelah melalui proses fermentasi dengan alat, antara lain banyak jamur yang dihasilkan, aroma tempe, tekstur, rasa tempe, serta waktu yang dibutuhkan untuk fermentasi dari kedelai hingga menjadi tempe yang siap jual.



Gambar 4. Inkubator *Box* Tempe

### Kendali Operasional

Jenis Kendali Operasional yang digunakan adalah *Push button*, di mana kendali operasional ini digunakan untuk mengatur waktu fermentasi dan menghentikan waktu fermentasi secara manual. *Push button* yang digunakan sebanyak 3 buah, yaitu tombol L (Left/Kiri), C (Center/Tengah), dan R (Right/Kanan). Setiap *push button* memiliki data pengiriman dengan bentuk yang berbeda. Data tersebut digunakan sebagai acuan mikrokontroler dalam membedakan perintah dan eksekusi tombol.



Gambar 5. *Push button* pada Kendali Operasional

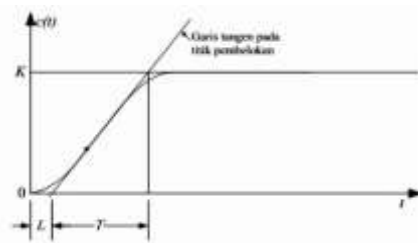
Pada gambar 5 menunjukkan *Push button* yang digunakan untuk kendali operasional mesin fermentasi tempe. Setiap tombol memiliki fungsi ganda untuk kendali operasional tergantung pada kebutuhan pengguna saat menggunakan mesin fermentasi. Fungsi-fungsi tersebut akan dijelaskan pada tabel 1 berikut ini :

Tabel 1  
 Fungsi *Push button* pada Kendali operasional

TOMBOL	KETERANGAN
L	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Digunakan untuk memberikan pilihan apakah proses fermentasi dimulai atau tidak.</li> <li>2. Digunakan untuk menambah waktu fermentasi dalam hitungan jam.</li> <li>3. Digunakan untuk menyimpan waktu fermentasi yang telah di tetapkan pengguna.</li> <li>4. Digunakan untuk mengakhiri proses fermentasi tempe secara manual.</li> </ol>
C	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Digunakan untuk menampilkan menu konfigurasi waktu fermentasi</li> <li>2. Digunakan untuk memberikan pilihan apakah pengaturan waktu disimpan atau tidak.</li> <li>3. Digunakan untuk menjalankan perintah mulai fermentasi pada mesin.</li> </ol>
R	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Digunakan untuk menambah waktu fermentasi dalam hitungan menit.</li> <li>2. Digunakan untuk membatalkan pengaturan waktu yang telah ditetapkan pengguna.</li> <li>3. Digunakan untuk membatalkan perintah mulai fermentasi pada mesin.</li> <li>4. Digunakan untuk menampilkan pilihan apakah proses fermentasi akan di akhiri secara manual atau tidak.</li> </ol>
C+L	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Digunakan untuk mengurangi waktu fermentasi dalam hitungan jam.</li> </ol>
C+R	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Digunakan untuk mengurangi waktu fermentasi dalam hitungan menit</li> </ol>

### Perancangan Kontroler Proporsional

Gain proporsional diperoleh dengan menggunakan metode *Ziegler-Nichols*. Ziegler dan Nichols menyarankan penentuan nilai-nilai  $K_p$ ,  $T_i$  dan  $T_d$ , seperti pada kurva S yang ditunjukkan gambar 6 [2] [3] [5] [6] [7] [8].



Gambar 6. Kurva S Penguatan Proporsional

Waktu tunda dan konstanta waktu ditentukan dengan menggambar sebuah garis tangen pada titik pembelokan dari kurva S. Persamaan matematika ditunjukkan pada persamaan 1.

$$\frac{U(s)}{V(s)} = \frac{K\theta^{-Ls}}{Ts+1} \tag{1}$$

Kurva berbentuk S pada gambar 6 dapat diidentifikasi sebagai delay  $L$  dan Konstanta waktu  $T$ . Konstanta waktu dan delay ditentukan dengan menggambar sebuah garis tangen pada titik pembelokan dari kurva S, dan menentukan perpotongan antara garis

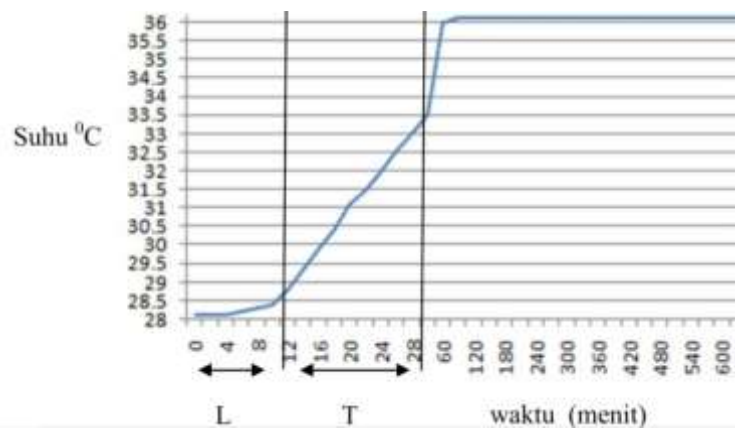
Tabel 2  
 Fungsi pada Kendali Proporsional

Tipe controller	$K_p$	$T_i$	$T_d$
Proporsional	$\frac{T}{L}$	$\infty$	0

Tabel 3  
 Perubahan suhu dan kelembapan

NO	WAKTU (menit)	DATA BACA SENSOR	
		SUHU (°C)	KELEMBAPAN (%)
1	0	28,1	77,6
2	2	28,1	77,6
3	4	28,1	76,4
4	6	28,2	75,4
5	8	28,3	74,3
6	10	28,4	72,2
7	12	28,8	71

NO	WAKTU (menit)	DATA BACA SENSOR	
		SUHU (°C)	KELEMBAPAN (%)
8	14	29,4	70
9	16	29,9	69
10	18	30,4	69
11	20	31,1	68,3
12	22	31,5	67,4
13	24	32	66,7
14	26	32,5	66,2
15	28	33	65
16	30	33,5	64,1
17	60	36	63
18	90	36,1	61,7
19	120	36,1	60,5



Gambar 7. Kurva S Penguatan Proporsional pada Inkubator Tempe

L= 12 menit

T= 16 menit, maka

$$\text{jadi nilai } K_p = \frac{T}{L} = \frac{16}{12} = \frac{4}{3} = 1.3$$

## SIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan beberapa pengujian yang telah di lakukan sebelumnya, maka dapat di ambil beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Sistem dapat mengontrol dan menstabilkan nilai suhu dan kelembapan sesuai dengan batas minimal dan batas maksimal yang telah di tentukan. Nilai suhu dan kelembapan selama proses fermentasi di dalam inkubator tidak di pengaruhi oleh

suhu dan kelembapan di luar perangkat inkubator sehingga kestabilan kelembapan dapat terkontrol sesuai dengan kestabilan suhu selama proses fermentasi berlangsung.

2. Suhu terbaik untuk fermentasi pada penelitian ini berada di antara 33-36°C dengan kelembapan rata-rata sebesar 61% dalam waktu  $\pm 12.5$  jam, dengan gain proporsional 1.3 diperoleh tempe dengan bentuk, aroma dan rasa normal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, J., Dewanti, I. E., & Kurnianto, D. (2017). Prototipe Pendingin Perangkat Telekomunikasi Sumber Arus Dc Menggunakan Smartphone. *Media Elektrika*, 13-29.
- Azima, F. (2017). *Rancang Bangun Alat Sistem Kontrol Suhu dan Kelembapan untuk Optimasi Proses Pembuatan Tempe Dengan Menggunakan Fuzzy Logic (Skripsi)*. Sumatera Barat: Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang.
- Hiththoh, M. (2016). *Rancang Bangun Alat Sistem Kontrol Suhu dan Kelembapan Dengan Menggunakan Mikrokontroller Untuk Optimasi Proses Pembuatan Tempe pada Industri Rumah Tangga*. Sumatera Barat: Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang.
- Marni, D. (2017). *Rancang Bangun Alat Pengendali Suhu dan Kelembapan Pada Proses Fermentasi Tempe Berbasis Mikrokontroller*. Sumatera Barat: Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang.
- Putri, R. S., Fanani, M. I., Kurniawan, I. I., Damawan, E. P., Sugiarto, K. I., & Istiadi. (2018). Penerapan Teknologi Pengendali Fermentasi Tempe Bagi Usaha Krudel Lariso Kelurahan Purwantoro Kota Malang. *Ciastech*, 353-361.
- Shurtleff, W., & Aoyagi, A. (February 27, 2014). *The Book of Tempeh: A Cultured Soyfood*. English: CreateSpace Independent Publishing Platform; Professional edition.
- Sirait, E. (2016). *Alat Pengendali Otomatis Kelembapan dan Suhu pada Proses Fermentasi Tempe Menggunakan Sensor DHT11*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Wahyudi, A. (2018). Pengaruh Variasi Suhu Ruang Inkubasi Terhadap Waktu Pertumbuhan Rhizopus Oligosporus Pada Pembuatan Tempe Kedelai. *Universitas PGRI Palembang, III*, 37-44.
- Widodo, A. M., & Sukarni. (2019). Rancang Bangun Alat Kendali Suhu dan Kelembapan Untuk Optimasi Proses Pembuatan Tempe. *CYBER-TECHN*, 95-104.