



Tempeh Fermentation Monitoring System in Real Time Using Android-Base Fuzzy Inference System Tsukamoto Model

Rindy*¹, Bambang Pramono², Isnawaty³

^{1,2,3}Informatics Engineering Department, Universitas Halu Oleo

e-mail: *¹Rindy@gmail.com, ²bambangpramono09@gmail.com, ³ isnawaty@uho.ac.id

Abstrak

Jurnal ini dibuat bertujuan untuk merancang dan membangun sistem *monitoring* fermentasi tempe yang mengatur suhu dan kelembaban otomatis berbasis *Android*. Sistem ini menerapkan logika *fuzzy Tsukamoto* dengan menggunakan intensitas suhu dan kelembaban sebagai parameter sistem. Perangkat yang digunakan untuk mendukung sistem ini di antaranya adalah *NodeMCU ESP32* sebagai *mikrokontroler* dan penghubung ke internet, dan sensor *DHT22* sebagai sensor suhu dan kelembaban. *Output* yang dikeluarkan melalui pemanas dan kipas yang diatur dengan *Pulse Width Modulation*. Data yang diperoleh sensor diunggah ke *database* melalui internet. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan penulis dapat menarik kesimpulan yaitu pembuatan alat *monitoring* suhu dan kelembaban tempe sangat membantu para produsen tempe dalam *monitoring* suhu dan kelembaban tempe secara *real-time*. Suhu fermentasi tempe yang dihasilkan berkisar antara 30-36°C dengan kelembaban antara 60-70 %RH. Dengan adanya sistem alat *monitoring* suhu dan kelembaban otomatis produsen tempe dapat melakukan fermentasi tempe lebih cepat menjadi 16 jam.

Kata kunci— Fermentasi Tempe, Internet of Things, Monitoring Suhu dan Kelembapan

Abstract

This journal was created with the aim of designing and building a tempeh fermentation monitoring system that regulates temperature and humidity automatically based on Android. This system applies Tsukamoto fuzzy logic by using temperature and humidity intensity as system parameters. The devices used to support this system include the NodeMCU ESP32 as a microcontroller and connection to the internet, and the DHT22 sensor as a temperature and humidity sensor. The output is issued through a heater and fan which is regulated by Pulse Width Modulation. The data obtained by the sensors is uploaded to a database via the internet. Based on the results of the research that has been carried out, the author can draw the conclusion that making a temperature and humidity monitoring tool for tempeh really helps tempe producers in monitoring tempeh temperature and humidity in real-time. The tempeh fermentation temperature produced ranges from 30-36°C with humidity between 60-70%RH. With an automatic temperature and humidity monitoring system, tempeh producers can ferment tempeh faster, up to 16 hours.

Keywords—3-5 keywords, Algorithm A, B algorithms, complexity

1. PENDAHULUAN

Tempe adalah sumber makanan yang memiliki kandungan nutrisi yang sangat baik dan memiliki harga yang terjangkau, dengan harganya yang terjangkau memudahkan masyarakat di Indonesia mengonsumsi tempe setiap hari. Tempe adalah makanan fermentasi kedelai yang berasal dari pulau Jawa di Indonesia yang telah berusia minimal ratusan tahun [1].

Tempe difermentasi dengan jamur *Rhizopus oligosporus*, fermentasi tempe memerlukan jangka waktu beberapa hari atau lebih. Tempe merupakan sumber protein yang hemat biaya yang dapat digunakan sebagai pengganti daging, karena tempe mengandung berbagai nutrisi penting yang terkait dengan berbagai manfaat kesehatan yang sangat mengesankan untuk tubuh manusia salah satunya termasuk penurunan risiko penyakit jantung dan stroke, osteoporosis, kanker, dan gangguan pencernaan. Dengan mengonsumsi tempe maka dapat membantu menurunkan berat badan, selain itu juga dapat meredakan gejala rasa sakit saat haid. Semua manfaat kesehatan yang telah disebutkan disebabkan karena kandungan lemak dalam tempe yang rendah [2].

Ada banyak industri pengolahan kedelai di Indonesia dikarenakan banyaknya permintaan akan tempe, selain itu untuk memproduksi tempe membutuhkan biaya produksi yang ringan dan bahan baku yang cukup mudah ditemukan. Akan tetapi ada beberapa permasalahan yang sering ditemukan dalam produksi tempe salah satunya yaitu cuaca yang sering berubah, perubahan cuaca yang tidak terduga dapat mempengaruhi proses fermentasi tempe yang membutuhkan waktu berbeda-beda sekitar 30-36 jam (Irwandi, Wawancara Personal, 2022) mempengaruhi kualitas tempe yang dibuat. Saat musim hujan biasanya produsen tempe menggunakan ragi lebih banyak dari musim panas karena cuaca yang dingin membutuhkan lebih banyak ragi saat proses fermentasi. Produsen tempe juga masih tidak mengetahui secara pasti suhu dan kelembaban yang baik dalam proses produksi tempe.

Proses pemeraman atau proses fermentasi tempe dimaksudkan untuk memberikan waktu bagi kapang untuk tumbuh. Tempo fermentasi yang baik terjadi pada suhu 25°C-38°C [3].

Namun, jika suhu tempe tetap berada pada suhu rendah, proses fermentasi akan membutuhkan waktu yang lebih lama sehingga mengakibatkan penurunan nilai beberapa enzim pada suhu tersebut. Suhu optimal untuk *R. oligosporus* adalah 32°C-35°C dan *R. Oryzae* memiliki suhu optimal 35°C [4]. Dengan kelembaban berkisar 60%-70% RH [5].

Suhu dan kelembaban yang tepat saat fermentasi tempe dapat mengurangi lamanya waktu fermentasi tempe menjadi 16-18 jam saja. Suhu dan kelembaban tempe bisa dipantau oleh produsen tempe dengan menggunakan sensor dan hasilnya dapat dipantau menggunakan *smartphone Android* secara *Real-Time* melalui koneksi internet. Dengan pesatnya perkembangan teknologi saat ini, perkembangan pengguna internet di Indonesia semakin pesat, banyak perangkat yang bisa dikendalikan oleh komputer sehingga banyak hal yang dapat dipantau dari jarak jauh dari berbagai perangkat.

Monitoring diartikan sebagai langkah untuk menilai apakah proses fermentasi tempe yang dilakukan sudah sesuai dengan rencana, mengidentifikasi masalah yang akan timbul agar dapat segera diatasi, menilai apakah pola kerja dan manajemen yang digunakan sudah sesuai untuk mencapai tujuan, dan untuk menentukan apakah ada hubungan antara kegiatan dan tujuan untuk membuat kemajuan [6].

Logika *fuzzy* digunakan sebagai dasar pemikiran untuk menentukan suhu dan juga kelembaban yang dijadikan sebagai *input* pada aplikasi Tempress (*Tempe Fermentation Monitoring System*) dan *outputnya* adalah pemanas dan kipas yang akan menyala atau mati yang kemudian akan mempengaruhi suhu dan kelembaban tempe yang sedang difermentasi. Metode *fuzzy Tsukamoto* adalah metode yang digunakan untuk data sensor yang non-biner dan non-linier [7], yang bertujuan untuk memutuskan untuk mengeluarkan perintah untuk mengatur pemanas udara dan juga kipas berdasarkan suhu dan kelembaban udara saat proses fermentasi tempe. Logika *fuzzy* merupakan penyempurnaan dari logika *Boolean* yang memperkenalkan konsep kebenaran parsial. Sementara logika klasik menyatakan bahwa segala sesuatu dapat dinyatakan dalam biner (0 atau 1, hitam atau putih, ya atau tidak), logika *fuzzy* menggantikan

kebenaran *Boolean* dengan tingkat kebenaran[8], [9].

Pulse width modulation adalah teknik yang mengontrol kecepatan kipas dan pemanas dengan memvariasikan frekuensi relatif terhadap tegangan. Frekuensi rendah dan tegangan rendah mengurangi kecepatan sementara frekuensi dan tegangan tinggi meningkatkan kecepatan[10].

Android menjadi sistem operasi dengan pangsa pasar yang besar[11]. Sangat banyak orang yang menggunakan android saat ini.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan tersebut, maka dibuat penelitian dengan judul “*Sistem Monitoring Fermentasi Tempe Secara Real Time Menggunakan Metode Fuzzy Inference System Model Tsukamoto Berbasis Android*”. Alat monitoring fermentasi tempe otomatis dibuat untuk membantu produsen tempe menggunakan jumlah ragi yang tetap, mengontrol dan mempercepat proses fermentasi tempe yang sangat bergantung kepada perubahan cuaca. Alat *monitoring* fermentasi tempe ini menggunakan jaringan *Internet of Things* (IoT) sehingga bisa diakses dari manapun dan kapanpun pada saat *memonitoring* proses fermentasi tempe melalui aplikasi *Android*.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Komponen yang Digunakan

2.1.1 *NodeMCU*

ESP32 merupakan mikrokontroler yang diperkenalkan oleh *Espressif System* yang merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266. Mikrokontroler ini memiliki beberapa pin *input* dan *output* yang dapat digunakan, sehingga memudahkan dalam membangun sistem yang menggunakan.

2.1.2 Sensor Suhu dan Kelembaban DHT-22

Sensor DHT-22 merupakan alat yang mampu memonitor dan dapat menjadi sistem kontrol suhu dan kelembaban ruangan fermentasi tempe. Sensor DHT 22 memiliki kualitas membaca yang sangat baik, respons cepat terhadap akuisisi data proses dan ukuran minimalis dan harga yang relatif murah[13]. Sensor ini memiliki kalibrasi yang presisi dengan kompensasi suhu sekitar yang dapat disesuaikan dengan nilai koefisien yang disimpan dalam memori OTP onboard [14].

2.1.3 Air Heater

Pemanas listrik (electric heater) banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari, baik di rumah-rumah maupun pada peralatan dan mesin industri. Bentuk dan jenis pemanas listrik berbeda-beda tergantung dari fungsi, tempat pemasangan dan media pemanasnya. Panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas listrik ini diperoleh melalui kawat atau resistor kawat.

2.1.4 Kabel Jumper

Kabel Jumper Wire adalah kabel yang biasanya digunakan untuk penghubung antara perangkat sensor, breadboard, mikrokontroler dan media transmisi penghantar listrik maupun signal-signal dari sensor [15].

2.1.5 LCD

TFT LCD (Thin Film Transistor Technology) adalah jenis unit tampilan yang paling umum di perangkat seluler. TFT-LCD menawarkan kualitas gambar yang baik dan resolusi yang lebih tinggi dibandingkan dengan layar LCD generasi sebelumnya. Sayangnya, jenis layar ini tidak mampu menahan cahaya langsung dari sinar matahari [16].

2.1.6 Kipas DC 12V

Kipas digunakan untuk mendinginkan tempe yang akan dibuat menggunakan alat. Pada alat ini digunakan kipas DC yang dipakai memiliki tegangan sebesar 12V DC dan arus sebesar 0,08 A [17].

2.2 Fuzzfication

Fuzzifikasi adalah proses mengubah suatu satuan masukan dari bentuk tegas (*crisp*) menjadi *Fuzzy* (variabel linguistik). Himpunan tegas atau *crisp* juga sering disebut sebagai himpunan klasik. Set ini memiliki batas yang jelas, tidak ada ketidakpastian dalam menentukan atau menetapkan batas-batas dari set [18]. Berikut adalah table himpunan Fuzzy dari Tempres :

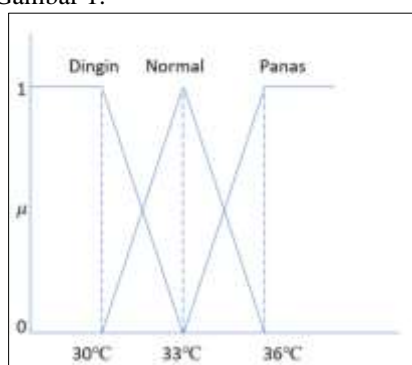
Tabel 1 Pembentukan Himpunan Fuzzy

Variabel	Himpunan	Parameter
Suhu	Dingin	<30°C
	Normal	30°C-36°C
	Panas	>36°C
Kelembaban	Rendah	<60%RH
	Normal	65%RH-70%RH
	Tinggi	>70%RH

Pemanas	Mati	0-63,75
	Lambat	63,75-127,5
	Normal	127,5-191,25
	Cepat	191,25-255
Kipas	Mati	0-63,75
	Lambat	63,75-127,5
	Normal	127,5-191,25
	Cepat	191,25-255

2.2.1 Fungsi Keanggotaan Variabel Suhu

Variabel suhu dibagi menjadi 3 yaitu Dingin, Normal dan Panas. Variabel suhu menggunakan bentuk kurva trapesium dan kurva segitiga, Gambar himpunan fuzzy untuk variabel suhu ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Suhu

Fungsi keanggotaannya yaitu :

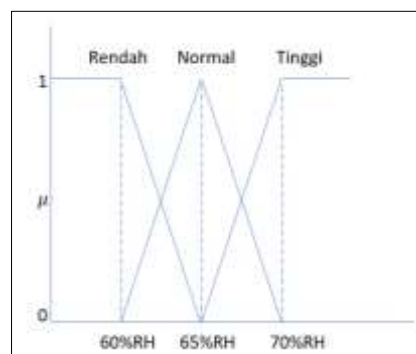
$$\mu_{Dingin}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 30 \\ \frac{33-x}{33-30} & 30 \leq x \leq 33(1) \\ 0, & x \geq 33 \end{cases}$$

$$\mu_{Normal}(x) = \begin{cases} \frac{36-x}{36-33} & 33 \leq x \leq 36 \\ \frac{x-30}{33-30} & 30 \leq x \leq 33(2) \\ 0, & 30 \leq x \\ 0, & x \geq 36 \end{cases}$$

$$\mu_{Panas}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 33 \\ \frac{x-33}{36-33} & 33 \leq x \leq 36(3) \\ 1, & x \geq 36 \end{cases}$$

2.2.2 Fungsi Keanggotaan Variabel Kelembaban

Variabel kelembaban dibagi menjadi 3 yaitu Rendah, Normal, dan Tinggi. Variabel kelembaban menggunakan bentuk kurva trapesium dan kurva segitiga, Gambar himpunan fuzzy untuk variabel kelembaban ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Kelembaban
Fungsi Keanggotaannya yaitu:

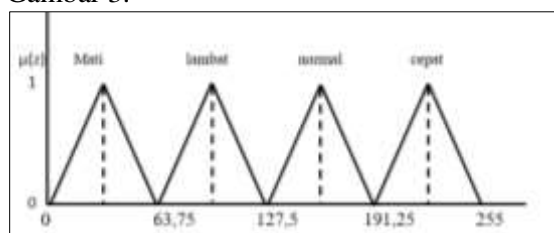
$$\mu_{Rendah}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 60 \\ \frac{65-x}{65-60} & 60 \leq x \leq 65(4) \\ 0, & x \geq 65 \end{cases}$$

$$\mu_{Normal}(x) = \begin{cases} \frac{70-x}{70-65} & 65 \leq x \leq 70 \\ \frac{x-60}{65-60} & 60 \leq x \leq 65(5) \\ 0, & 60 \leq x \\ 0, & x \geq 70 \end{cases}$$

$$\mu_{Tinggi}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 65 \\ \frac{x-65}{70-65} & 65 \leq x \leq 70(6) \\ 1, & x \geq 70 \end{cases}$$

2.2.3 Himpunan Fuzzy Variabel Pemanas

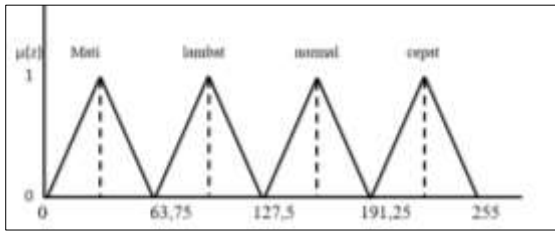
Pada variabel pemanas didefinisikan empat himpunan fuzzy yaitu mati, lambat, normal, dan cepat. Gambar himpunan fuzzy untuk variabel pemanas ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Pemanas

2.2.4 Himpunan Fuzzy Variabel Kipas

Pada variabel kipas didefinisikan empat himpunan fuzzy yaitu mati, lambat, normal, dan cepat. Gambar himpunan fuzzy untuk variabel kipas ditunjukkan pada Gambar 4.16.



Gambar 4. Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Kipas

$$= \min (\mu_{SuhuDingin}[32] \cap \mu_{KelembabanRendah}[61])$$

$$= \min (0,3;0,8)$$

$$= 0,3$$

Lihat himpunan Pemanas Cepat:

$$z = z_{max} - \alpha predikat(z_{max} - z_{min})$$

$$Z1 = 255 - 0,3(63.75)$$

$$Z1 = 235.88$$

Lihat himpunan Kipas Mati:

$$y = y_{max} - \alpha predikat(y_{max} - y_{min})$$

$$y1 = 63.75 - 0,3(63.75)$$

$$y1 = 44.63$$

[R2] IF Suhu Dingin AND Kelembaban Normal THEN

Pemanas Normal, Kipas Mati

$$\alpha - predikat_1 = \mu_{SuhuDingin} \cap \mu_{KelembabanNormal}$$

$$= \min (\mu_{SuhuDingin}[32] \cap \mu_{KelembabanNormal}[61])$$

$$= \min (0,3;0,2)$$

$$= 0,2$$

Lihat himpunan Pemanas Normal:

$$z = z_{max} - \alpha predikat(z_{max} - z_{min})$$

$$Z2 = 191.25 - 0,2(63.75)$$

$$Z2 = 178.5$$

Lihat himpunan Kipas Mati:

$$y = y_{max} - \alpha predikat(y_{max} - y_{min})$$

$$Y2 = 63.75 - 0,2(63.75)$$

$$Y2 = 51$$

[R3] IF Suhu Dingin AND Kelembaban Tinggi THEN

Pemanas Lambat, Kipas Mati

$$\alpha - predikat_1 = \mu_{SuhuDingin} \cap \mu_{KelembabanTinggi}$$

$$= \min (\mu_{SuhuDingin}[32] \cap \mu_{KelembabanTinggi}[61])$$

$$= \min (0,3;0)$$

$$= 0$$

Lihat himpunan Pemanas lambat:

$$z = z_{max} - \alpha predikat(z_{max} - z_{min})$$

$$Z3 = 127.5 - 0(63.75)$$

$$Z3 = 127.5$$

Lihat himpunan Kipas Mati:

$$y = y_{max} - \alpha predikat(y_{max} - y_{min})$$

$$Y3 = 63.75 - 0(63.75)$$

$$y3 = 63.75$$

[R4] IF Suhu Normal AND Kelembaban Rendah THEN

Pemanas Cepat, Kipas Mati

$$\alpha - predikat_1 = \mu_{SuhuNormal} \cap \mu_{KelembabanRendah}$$

$$= \min (\mu_{SuhuNormal}[32] \cap \mu_{KelembabanRendah}[61])$$

$$= \min (0,6;0,8)$$

$$= 0,6$$

Lihat himpunan Pemanas cepat:

$$z = z_{max} - \alpha predikat(z_{max} - z_{min})$$

$$Z4 = 255 - 0,6(63.75)$$

$$Z4 = 216.75$$

Lihat himpunan Kipas Mati:

$$y = y_{max} - \alpha predikat(y_{max} - y_{min})$$

$$Y4 = 63.75 - 0,6(63.75)$$

$$Y4 = 25.50$$

Lihat himpunan Kipas Mati:

$$y = y_{max} - \alpha predikat(y_{max} - y_{min})$$

$$Y4 = 63.75 - 0,6(63.75)$$

$$Y4 = 25.50$$

[R5] IF Suhu Normal AND Kelembaban Normal THEN

Pemanas Normal, Kipas Mati

$$\alpha - predikat_1 = \mu_{SuhuNormal} \cap \mu_{KelembabanNormal}$$

$$= \min (\mu_{SuhuNormal}[32] \cap \mu_{KelembabanNormal}[61])$$

$$= \min (0,6;0,2)$$

$$= 0,2$$

Lihat himpunan Pemanas Normal:

$$z = z_{max} - \alpha predikat(z_{max} - z_{min})$$

$$Z5 = 191.25 - 0,2(63.75)$$

$$Z5 = 178.5$$

Lihat himpunan Kipas Mati:

$$y = y_{max} - \alpha predikat(y_{max} - y_{min})$$

$$Y5 = 63.75 - 0,2(63.75)$$

$$y5 = 51.0$$

[R6] IF Suhu Normal AND Kelembaban Tinggi THEN

Pemanas Mati, Kipas Lambat

$$\alpha - \text{predikat}_1 = \mu_{\text{SuhuNormal}} \cap \mu_{\text{KelembabanTinggi}}$$

$$= \min(\mu_{\text{SuhuNormal}} [32] \cap \mu_{\text{KelembabanTinggi}} [61])$$

$$= \min(0,6;0)$$

$$= 0$$

Lihat himpunan Pemanas Mati:

$$z = z_{\text{max}} - \alpha \text{predikat}(z_{\text{max}} - z_{\text{min}})$$

$$Z6 = 63.75 - 0(63.75)$$

$$Z6 = 63.75$$

Lihat himpunan Kipas Lambat:

$$y = y_{\text{max}} - \alpha \text{predikat}(y_{\text{max}} - y_{\text{min}})$$

$$y6 = 127.5 - 0(63.75)$$

$$y6 = 5$$

[R7] IF Suhu Panas AND Kelembaban Rendah THEN

Pemanas Mati, Kipas Normal

$$\alpha - \text{predikat}_1 = \mu_{\text{SuhuPanas}} \cap \mu_{\text{KelembabanRendah}}$$

$$= \min(\mu_{\text{SuhuPanas}} [32] \cap \mu_{\text{KelembabanRendah}} [61])$$

$$= \min(0;0,8)$$

$$= 0$$

Lihat himpunan Pemanas Mati:

$$z = z_{\text{max}} - \alpha \text{predikat}(z_{\text{max}} - z_{\text{min}})$$

$$Z7 = 63.75 - 0(63.75)$$

$$Z7 = 63.75$$

Lihat himpunan Kipas Mati Normal:

$$y = y_{\text{max}} - \alpha \text{predikat}(y_{\text{max}} - y_{\text{min}})$$

$$Y7 = 191.25 - 0(63.75)$$

$$y7 = 191.25$$

[R8] IF Suhu Panas AND Kelembaban Normal THEN

Pemanas Mati, Kipas Normal

$$\alpha - \text{predikat}_1 = \mu_{\text{SuhuPanas}} \cap \mu_{\text{KelembabanNormal}}$$

$$= \min(\mu_{\text{SuhuPanas}} [32] \cap \mu_{\text{KelembabanNormal}} [61])$$

$$= \min(0;0,2)$$

$$= 0$$

Lihat himpunan Pemanas Mati:

$$z = z_{\text{max}} - \alpha \text{predikat}(z_{\text{max}} - z_{\text{min}})$$

$$Z8 = 63.75 - 0(63.75)$$

$$Z8 = 63.75$$

Lihat himpunan Kipas Mati Normal:

$$y = y_{\text{max}} - \alpha \text{predikat}(y_{\text{max}} - y_{\text{min}})$$

$$Y8 = 191.25 - 0(63.75)$$

$$Y8 = 191.25$$

[R9] IF Suhu Panas AND Kelembaban Tinggi THEN

Pemanas Mati, Kipas Cepat

$$\alpha - \text{predikat}_1 = \mu_{\text{SuhuPanas}} \cap \mu_{\text{KelembabanTinggi}}$$

$$= \min(\mu_{\text{SuhuPanas}} [32] \cap \mu_{\text{KelembabanTinggi}} [61])$$

$$= \min(0;0)$$

$$= 0$$

Lihat himpunan Pemanas Mati:

$$z = z_{\text{max}} - \alpha \text{predikat}(z_{\text{max}} - z_{\text{min}})$$

$$Z9 = 63.75 - 0(63.75)$$

$$Z9 = 3$$

Lihat himpunan Kipas Mati Cepat:

$$y = y_{\text{max}} - \alpha \text{predikat}(y_{\text{max}} - y_{\text{min}})$$

$$Y9 = 255 - 0(63.75)$$

$$Y9 = 63.75$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hardware

Berikut adalah gambar rangkaian hardware yang digunakan dalam pembuatan alat Temperess:



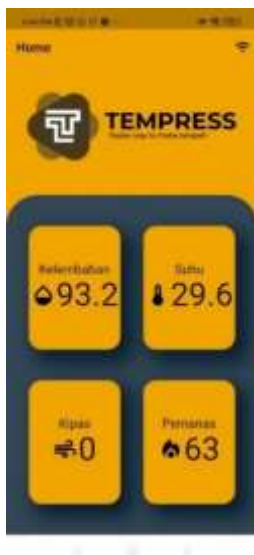
Gambar 5 Rangkaian Hardware dari Dalam Box



Gambar 6 rangkaian Hardware pada Rak Fermentasi

3.2 Software

Perancangan user interface adalah tahapan pembuatan antarmuka yang akan digunakan pada pembangunan aplikasi Tempress. Ada tiga bagian yaitu halaman home, halaman Wifi-Setting, dan halaman monitoring.



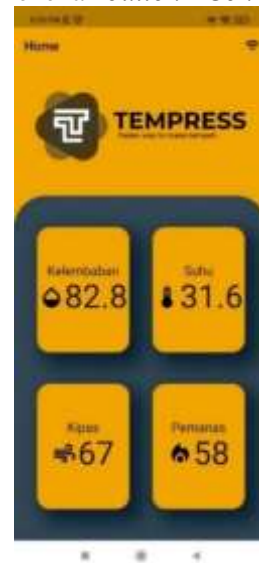
Gambar 7 Tampilan Halaman Home

Pada tampilan ini akan menampilkan tampilan *Home*. Tampilan *home* merupakan tampilan awal pada sebuah aplikasi *android* yang digunakan pada Tempress.



Gambar 8 Tampilan Halaman Wifi-Setting

Pada halaman ini *user* akan memasukkan kode SSID, BSSID, dan *Password*. Akan tetapi jika *user* menekan *button* “Use Current WiFi” maka SSID dan BSSID akan otomatis terisi sehingga *user* hanya perlu mengisi *Password WiFi*. Dan menekan *button* “Connect”.



Gambar 9 Tampilan Halaman Monitoring

Pada halaman ini *user* dapat melihat data yang dikirim dari database untuk ditampilkan ke dashboard agar memudahkan *user* untuk melakukan monitoring terhadap fermentasi tempe.

3.3 Testing

Pengujian Tempress terdiri atas 4 jenis pengujian, antara lain :

3.3.1 Pengujian Sensor Suhu DHT-22

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap keakuratan dari kinerja sensor DHT22 tabel sebagai berikut :

Tabel 2 Pengujian Sensor Suhu DHT-22

Pengujian Ke-	Suhu Sensor	Suhu Termometer	Hasil
1	32.0 °C	31.8 °C	Terbaca/sesuai
2	31.6 °C	32.2 °C	Terbaca/sesuai
3	31.9 °C	32.3 °C	Terbaca/sesuai
4	33.2 °C	33.1 °C	Terbaca/sesuai



Gambar 10 Grafik Perbandingan Suhu Sensor dan Termometer

$$\%error = \frac{\text{Suhu termometer} - \text{Suhu Sensor}}{\text{Suhu termometer}} \times 100\% \quad (7)$$

Perhitungan

$$\%error = \frac{31.8 - 32}{31.8} \times 100\%$$

$$\%error = 0.006\%$$

Dari pengujian keakuratan sensor suhu DHT22 didapatkan bahwa dari 5 pengujian yang dilakukan hasil erornya yaitu 0.0402%.

3.3.2 Pengujian Sensor Kelembaban DHT-22

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap tingkat keakuratan dari kinerja sensor DHT22 Pada tabel sebagai berikut :

Tabel 3. Pengujian Sensor Kelembaban DHT22

Pengujian ke-	Kelembaban sensor	Kelembaban higrometer	Hasil
1	79	80	Terbaca/sesuai

2	65	67	Terbaca/sesuai
3	60	61	Terbaca/sesuai
4	70	72	Terbaca/sesuai
5	80	83	Terbaca/sesuai



Gambar 10. Grafik Perbandingan Kelembaban Sensor dan Higrometer

$$\%error = \frac{\text{Kelembaban higrometer} - \text{Kelembaban Sensor}}{\text{Kelembaban higrometer}} \times 100\% \quad (8)$$

Perhitungan

$$\%error = \frac{80 - 79}{80} \times 100\%$$

$$\%error = 0.012\%$$

Dari pengujian keakuratan sensor kelembaban DHT22 didapatkan bahwa dari 5 pengujian yang dilakukan hasil erornya yaitu 0.0245%.

3.3.3 Pengujian Kualitas Tempe yang Dhasilkan

Pada tahap ini dilakukan pengujian tempe yang dibuat dengan Tempress. Kualitas tempe tergantung dari bahan baku dan jenis benih atau kultur starter yang digunakan. Jenis inokulum memainkan peran penting dalam produksi tempe, karena mempengaruhi kualitas tempe [20].

Hasil pengujian tempe dari Tempress memiliki rasa warna dan bentuk yang sama dengan tempe biasa. Berikut tampilan tempe yang dibuat dengan Tempress. Untuk perbandingan kecepatan proses fermentasi tempe dengan menggunakan Tempress dapat dilihat pada gambar.



Gambar 11 Perbandingan Tempe yang Menggunakan Temperess Selama 16 Jam (Bawah) dan Tempe Biasa (Atas)

4. KESIMPULAN

Dari penelitian dan pembahasan “Sistem Monitoring Fermentasi Tempe Secara *Real Time* Menggunakan Metode *Fuzzy Inference System* Model Tsukamoto Berbasis Android”. Dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- (1). Pembuatan alat *monitoring* suhu dan kelembaban tempe sangat membantu para produsen tempe dalam *monitoring* suhu dan kelembaban tempe secara *real-time*.
- (2). Suhu fermentasi tempe yang dihasilkan berkisar antara 30-36°C dengan kelembaban antara 60-70 %RH.
- (3). Dengan adanya sistem alat *monitoring* suhu dan kelembaban otomatis produsen tempe dapat melakukan fermentasi tempe lebih cepat menjadi 16 jam.

5. SARAN

Saran untuk peneliti selanjutnya untuk pengembangan alat ini dengan menggunakan metode yang berbeda agar dapat mengetahui hasil dari temperess lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen ataupun teman saya yang telah memberi dukungan financial terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Putra Yunas and A. Basrah Pulungan, “Sistem Kendali Suhu dan Kelembaban pada Proses Fermentasi Tempe,” *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, vol. 6, Jan. 2020, [Online]. Available: <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/jtev/index>
- [2] A. Tahir, M. Anwar, H. Mubeen, and S. Raza, “Evaluation of Physicochemical and Nutritional Contents in Soybean Fermented Food Tempeh by *Rhizopus oligosporus*,” *J Adv Biol Biotechnol*, vol. 17, no. 1, pp. 1–9, Feb. 2018, doi: 10.9734/jabb/2018/26770.
- [3] A. D. Ahnan-Winarno, L. Cordeiro, F. G. Winarno, J. Gibbons, and H. Xiao, “Tempeh: A semicentennial review on its health benefits, fermentation, safety, processing, sustainability, and affordability,” *Compr Rev Food Sci Food Saf*, vol. 20, no. 2, pp. 1717–1767, Mar. 2021, doi: 10.1111/1541-4337.12710.
- [4] H. Setyawan, “Pengaturan Suhu Dan Kelembaban Proses Fermentasi Tempe Berbasis Arduino Mega,” Universitas Brawijaya, Malang, 2015.
- [5] R. Suryanti Putri, M. Ifan Fanani, I. Indra Kurniawan, E. Purna Okta Danawan, and K. Inur Firman Sugiarto, “Penerapan Teknologi Pengendali Fermentasi Tempe Bagi Usaha Krudel Lariso Kelurahan Purwantoro Kota Malang,” *Conference on Innovation and Application of Science and Technology (CIASTECH 2018)*, 2018.
- [6] A. Kusnandar and T. Widodo, “Rancang Sistem Monitoring Air Layak Konsumsi Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto Berbasis Android,” Sleman, 2019.
- [7] I. Efendi, D. Puspitasari, and I. A. Mahsudi, “Implementasi Monitoring Air Bersih Pada Aquarium Ikan Koi Dengan NodeMCU ESP8266 Menggunakan Metode Tsukamoto,” *Seminar Informatika Aplikatif (SIAP)*, 2020.
- [8] A. Qur’ania and D. I. Verananda, “Tsukamoto fuzzy implementation to identify the pond water quality of koi,” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Feb. 2017, vol. 166, no. 1, doi: 10.1088/1757-899X/166/1/012018.
- [9] A. Riansyah and D. Kurniadi, “Fuzzy Tsukamoto Implementation on Internet of Things to Control Flooding,” *TRANSFORMATIKA*, vol. 17, no. 2, pp. 171–176, 2020.

- [10] M. T. Richardson, v. Patterson, and A. Parchment, "Microcontroller Based Space Vector Pulse Width Modulation Speed Control of Three-phase Induction Motor," *SoutheastCon 2021*, pp. 1–6, 2021.
- [11] V. Lakovic, "Crisis Management of Android Botnet Detection Using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System," *Annals of Data Science*, vol. 7, no. 2, pp. 347–355, Jun. 2020, doi: 10.1007/s40745-020-00265-1.
- [12] Dewi Ayu Nur Wulandari, Titin Prihatin, Arfhan Prasetyo, and Nita Merlina, "A Comparison Tsukamoto and Mamdani Methods in Fuzzy Inference System for Determining Nutritional Toddlers," *International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM)*, pp. 1–7, 2018, Accessed: Oct. 25, 2022. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8674248&isnumber=8674047>
- [13] Yunaldi and Yohandri, "Automatic Chicken Eggs Hatcher Using DHT 22 Sensor and DC Motor Gearbox Based On Arduino," *Pillar of Physic*, vol. 14, no. 2, pp. 97–103, 2021, doi: 10.24036/11632171074.
- [14] N. A. Amrullah, "Alat Kontrol Suhu dan Kelembaban Otomatis Pada Ruang Budidaya Jamur Tiram Berbasis ATmega32," Universitas 17 Agustus 1945, Surabaya, 2018. [Online]. Available: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/DHT22.pdf>
- [15] Sunaryo and E. S. R. Atmaja, "Atap Otomatis Tanaman Hidroponik Berbasis Mikrokontroler ATmega89s20T," *Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Komputer*, vol. 3, no. 1, 2017.
- [16] M. Darwis, "Penambahan Fitur Tampilan LCD dan Micro SD Card Reader pada mesin Laser Engraver and Cutter di Laboratorium Pengemudian Listrik," *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*, vol. 2, no. 1, pp. 2654–251, 2020.
- [17] A. Rizaldi, "Rancang Bangun Pengontrol Suhu dan Kelembaban Pada Proses Fermentasi Tempe Menggunakan Kontroler Proporsional," Universitas Brawijaya, Malang, 2018.
- [18] S. Widaningsih, "Analisis Perbandingan Metode Fuzzy Tsukamoto, Mamdani dan Sugeno dalam Pengambilan Keputusan Penentuan Jumlah Distribusi Raskin di Bulog Sub. Divisi Regional (Divre) Cianjur," *Jurnal Informatika dan Manajemen STMIK*, vol. 11, no. 1, 2017.
- [19] E. Meilan, "Rancang Bangun Aplikasi Kanopi Otomatis Berbasis Android Menggunakan Logika Fuzzy Tsukamoto," Universitas Halu Oleo, Kendari, 2020.
- [20] S. Rizal, M. E. Kustyawati, Murhadi, and U. Hasanudin, "The growth of yeast and fungi, the formation of β -glucan, and the antibacterial activities during soybean fermentation in producing tempeh," *Int J Food Sci*, vol. 2021, 2021, doi: 10.1155/2021/6676042