

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 Tinjauan Pustaka

Terdapat beberapa jurnal penelitian terdahulu yang terkait, sebagai acuan dalam penelitian dan observasi saat ini. Pada jurnal terdahulu yang dilakukan oleh Atmiarsi dan Purbandini dengan judul “Implementasi Teknologi Mikrokontroler Arduino Leonardo Pada Mesin Pembuat Tempe” bertujuan untuk meneliti lamanya waktu pada alat fermentasi tempe dengan pengendalian suhu pada lampu pijar untuk mendapatkan panas ruangan. Penelitian alat ini hanya mengatur suhu pada ruangan fermentasi tanpa adanya pengatur kelembaban yang mengakibatkan hasil tempe tidak maksimal. Dengan suhu 47°C-55°C mendapatkan waktu yang lebih cepat pada saat fermentasi<sup>[8]</sup>.

Penelitian yang sama telah dilakukan Budi Darmawan, Willy Pradiyanto, I Made Budi Sukmadana, dan Syafaruddin CH dengan judul “Rancang Bangun Alat Pengendali Suhu Pada Fermentasi Tempe Berbasis Mikrokontroler”. Aspek yang diteliti pada jurnal tersebut yaitu pengendalian suhu pada ruang fermentasi yang diatur oleh lampu pijar sebagai pemanas ruang fermentasi. Suhu ruangan dikendalikan oleh Arduino uno dengan perhitungan logika *fuzzy*. Keluaran logika *fuzzy* digunakan untuk memutar motor servo yang telah dihubungkan dengan dimmer AC yang berfungsi mengatur nyala lampu untuk memanaskan ruangan. *Fan DC* dan *humidifier* digunakan untuk mengatur kelembaban ruang fermentasi. Namun waktu fermentasi yang digunakan pada penelitian ini masih relatif lama dengan memerlukan waktu 22 jam pada suhu 35°C<sup>[9]</sup>.

Penelitian selanjutnya yang telah dilakukan Mujib Hidayah, Edi Prihartono, Budi Santoso pada tahun 2020 dengan judul “*Automatic Room Temperature Regulator For Making Tempe Based on Arduino With Fuzzy Logic Method*”. Alat ini dirancang untuk mengatur kecepatan *fan* dan tingkat panas dari *heater* agar suhu ruangan pada pembuatan tempe tetap stabil, yang nantinya dapat mempengaruhi ketepatan waktu dalam proses fermentasi tempe, dan memudahkan para produsen untuk tidak perlu lagi melakukan monitoring suhu pada tempe secara berkala. Hasil dari sistem *fuzzy* nantinya keluar nilai yang akan dijadikan sebagai output PWM untuk mengendalikan kecepatan tingkat panas dari heater<sup>[10]</sup>.

Penelitian selanjutnya yang telah dilakukan pada tahun 2021 oleh Imam Riadi dan Rizal Syaefudin dengan judul “*Monitoring and Control Food Temperature and Humidity Using Internet of Things Based on Microcontroller*”. Alat ini dirancang hanya dapat memonitoring suhu dan kelembaban pada alat fermentasi berbasis *IOT* tanpa terfokus pada pedengdalian suhu dan kelembaban. Monitoring ini dapat mempermudah para peneliti dalam mengamati pertumbuhan jamur yang digunakan pada proses fermentasi tempe. Didapatkan data pengujian pada saat proses fermentasi dengan suhu 30°C-31°C selama 33 jam dalam menghasilkan tempe<sup>[3]</sup>.

Berdasarkan tinjauan pustaka diketahui terdapat perbedaan yang dapat dilihat dari beberapa aspek penelitian yang dilakukan oleh. Atmiarsi dan Purbandini data hasil monitoring menampilkan kelembaban dan suhu, akan tetapi tidak adanya pengendalian kelembaban pada alat fermentasi yang mengakibatkan ketidak maksimalan pada hasil tempe. Pada penelitian kedua dan ketiga dilakukan dengan menggunakan sensor dengan nilai keakurasian yang tinggi. Pengendalian menggunakan logika fuzzy, pada proses fermentasi ini membutuhkan waktu cukup lama sehingga alat ini kurang efektif dalam meningkatkan produktifitas pada produsen tempe. Pada penelitian keempat melakukan monitoring suhu dan kelembaban yang berbasis *Internet of Things*.

Dari beberapa aspek penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa pengembangan yang dilakukan memiliki beberapa keunggulan yaitu :

1. Penelitian pertama menggunakan Arduino Leonardo sebagai mikrokontroler.
2. Pada penelitian kedua menggunakan metode logika *fuzzy* sebagai pengendalian suhu ruang fermentasi pada lampu pijar yang diatur oleh dimmer AC. Arduino uno sebagai kontroler.
3. Pada penelitian ketiga menggunakan heater sebagai pemanas ruang dengan kendali fuzzy agar suhu ruangan pada pembuatan tempe tetap stabil, yang nantinya dapat mempengaruhi ketepatan waktu dalam proses fermentasi tempe
4. Dari penelitian tersebut, akan ada pengembangan penggunaan rak 2 tingkat dengan pipa aluminium agar panas dan kelembaban dapat diterima secara merata pada seluruh ruang fermentasi, selain itu akan dilengkapi pembacaan suhu dan kelembaban pada LCD. Pada penelitian kedua akan ditambahkan pengendalian kelembaban menggunakan *mist maker humidifier* yang diatur secara otomatis dengan *set point* yang sudah ditentukan. Penggunaan DHT 22 yang

mendekati nilai akurasi.

Terdapat beberapa perbandingan mengenai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang disajikan dan dapat dilihat pada pada Tabel 2.1.

**Tabel 2. 1 Perbandingan Jurnal**

No	Judul Penelitian	Kontroler	Hasil uraian
1.	Mesin Tempe Menggunakan Teknologi Mikrokontroler Arduino Leonardo	Arduino leonardo, DHT 22	Waktu yang diperlukan pada pertumbuhan kapang <i>R. Oligosporus</i> hanya memerlukan waktu 4-5 jam pada suhu 47°C -55°C. Namun Tidak ada kontrol kelembaban.
2.	Rancang Bangun Alat Pengendali Suhu Pada Fermentasi Tempe Berbasis Mikrokontroler	Arduino uno, DHT 22	Pengendalian suhu pada ruang fermentasi yang diatur oleh lampu pijar sebagai pemanas ruang fermentasi dengan perhitungan logika <i>fuzzy</i> . Keluaran logika <i>fuzzy</i> digunakan untuk memutar motor servo yang telah dihubungkan dengan dimmer AC yang berfungsi mengatur nyala lampu untuk memanaskan ruangan. Waktu fermentasi yang digunakan pada penelitian ini masih relatif lama dengan memerlukan waktu 22 jam pada suhu 35°C.
3.	<i>Automatic Room Temperature</i>	Arduino mega 2560, sensor	<i>Heater</i> sebagai pemanas ruangan yang

	<i>Regulator For Making Tempe Based on Arduino With Fuzzy Logic Method</i>	DHT 11, kipas, pemanas	dikontrol oleh arduino dan kipas sebagai siklus udara jika suhu pada ruang fermentasi melebihi <i>setpoint</i> . Terjadi ketidak tepatan pada sistem Ketika dilakukan percobaan ke-6. Sensor yang digunakan memiliki keakurasian pembacaan suhu hanya 2°C dan pembacaan kelembaban hanya 5%
4.	<i>Monitoring and Control Food Temperature and Humidity Using Internet of Things Based on Microcotroller</i>	Arduino Uno, ESP 8266, Sensor DHT22	Dilakukan pengujian pada saat proses fermentasi dengan suhu 30°C-31°C selama 33 jam dalam menghasilkan tempe

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Sistem Kendali

Sistem Kendali adalah kumpulan dari beberapa komponen yang terhubung satu sama lainnya, sehingga membentuk suatu tujuan tertentu yaitu mengendalikan atau mengatur suatu sistem. Dapat dikatakan sebuah sistem kendali jika sistem tersebut dapat diidentifikasi terdiri dari minimal 2 (dua) bagian utama, yaitu *plant*/proses (obyek yang dikendalikan) dan kontroller/pengendali (yang mengendalikan).

#### 2.2.1.1 Suhu

Suhu adalah besaran yang menyatakan derajat panas dingin suatu benda dan alat yang digunakan untuk mengukur suhu adalah thermometer. Dalam kehidupan sehari-hari masyarakat untuk mengukur suhu cenderung menggunakan indera peraba. Tetapi dengan adanya perkembangan teknologi maka diciptakanlah thermometer untuk mengukur suhu dengan valid<sup>[1]</sup>.

### 2.2.1.2 Kelembaban

Udara didalam lingkungan yang normal selalu menjaga kelembaban. Banyaknya molekul air di udara pada kenyataannya dapat berubah-ubah, kondisi yang dirasakan bisa terjadi seperti di suatu padang pasir atau di daerah tropis dengan tingkat kelembaban yang tinggi. Sehingga secara matematis kelembaban relatif (RH) didefinisikan sebagai perbandingan antara tekanan uap parsial dengan tekanan uap air jenuh<sup>[12]</sup>. Untuk mendapatkan besaran berupa persen maka perbandingan nilai tadi dikali 100%. Seperti pada persamaan (1).

$$RH(\%) = \frac{P \text{ uap air parsial}}{P \text{ saturasi}} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

### 2.2.2 Fermentasi

Fermentasi merupakan suatu cara pengolahan melalui proses memanfaatkan penguraian senyawa dari bahan-bahan protein kompleks. Fermentasi dalam pemrosesan bahan pangan adalah pengubahan karbohidrat menjadi alkohol dan karbondioksida atau asam amino organik menggunakan ragi, bakteri, fungi atau kombinasi dari ketiganya dibawah kondisi anaerobik. Perilaku mikroorganisme terhadap makanan dapat menghasilkan dampak positif maupun negatif, dan fermentasi makanan biasanya mengacu pada dampak positifnya<sup>[13]</sup>. Adapun manfaat fermentasi sebagai berikut :

1. Memperkaya variasi makanan dengan mengubah aroma, rasa, dan tekstur makanan.
2. Mengawetkan makanan dengan menghasilkan sejumlah asam laktat, alkohol, dan asam asetat dalam jumlah yang signifikan.
3. Memperkaya nutrisi makanan dengan menambahkan sejumlah protein, asam amino, serta vitamin.
4. Mengeliminasi senyawa anti nutrien.
5. Mengurangi waktu dan sumber daya yang diperlukan dalam proses makanan.

### 2.2.3 Tempe

Tempe adalah makanan tradisional Indonesia yang dibuat dari fermentasi terhadap biji kedelai oleh jamur *Rhizopus oligosporus*. Fermentasi tempe membutuhkan waktu beberapa hari yang biasanya dilakukan dengan suhu ruang<sup>[14]</sup>. Tempe memiliki banyak kandungan gizi. Diantaranya lemak, protein, mineral, asam fitat, karbohidrat,

ologosakarida, vitamin B12, dan sebagai isoflavon sehingga dapat menguntungkan bagi kesehatan manusia. Untuk mengetahui baik buruknya hasil tempe dapat dilihat pada nilai standarisasi mutu tempe agar layak konsumsi yang telah ditentukan oleh Badan Standarisasi Nasional. Dapat dilihat pada Tabel 2.2.

**Tabel 2. 2 Nilai Standar Mutu Tempe Kedelai<sup>[4]</sup>**

No	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
1.	Keadaan 1.1 Bau 1.2 Warna 1.3 Rasa	- - -	Normal, khas Normal (putih) Normal
2.	Kadar Protein (N x 6,25) (b/b)	%	Min. 16
3.	Kadar Serat Kasar (b/b)	%	Maks 2,5
4.	Cemaran Logam 7.1 Kadmium (Cd) 7.2 Timbal (Pb) 7.3 Timah (SN) 7.4 Merkuri (Hg)	Mg/k	Maks 0,2 Maks 0,25 Maks 40 Maks 0,03
5.	Cemaran Arsen (As)	APM/g	Maks 0,25
6.	Cemaran mikroba 9.1 Bakteri coliform 9.2 Salmonella sp	-	Maks 10 Negatif/25 g

#### 2.2.4 Proses Pembuatan Tempe

Proses produksi tempe kebanyakan dilakukan oleh industri skala kecil dan rumah tangga. Metode dalam memproduksi tempe umumnya menggunakan cara-cara yang tradisional. Artinya, masih belum menerapkan teknologi modern. Pada dasarnya, cara membuat tempe terdiri dari 2 bagian besar, yaitu proses pemasakan kedelai dan dilanjutkan dengan proses fermentasi. Pembuatan tempe kedelai meliputi perendaman, penggilingan, pencucian, perebusan, pencampuran ragi yang kemudian dibungkus, dan fermentasi. Pada proses fermentasi pembuatan tempe terjadi sebanyak dua kali, yang pertama pada saat perendaman kedelai di dalam air selama semalam. Perendaman kedelai ini terjadi pembentukan asam-asam organik seperti halnya asam laktat, dan juga asam asetat yang disebabkan oleh adanya pertumbuhan bakteri.

Hal ini juga menyebabkan kedelai dalam keadaan asam sehingga memungkinkan terjadinya fermentasi oleh jamur *Rhizopus sp*<sup>[7]</sup>. Fermentasi yang kedua terjadi pada saat setelah pemberian ragi dan pengemasan. Pada proses fermentasi inilah terbentuk hifa yang akan mengikat satu sama lain sehingga menjadikan tekstur tempe menjadi kompak dan lunak serta menjadikan warna tempe menjadi putih<sup>[15]</sup>. Dapat dilihat nilai variasi suhu dan waktu yang dibutuhkan pada proses fermentasi tempe menggunakan cara manual (konvensional pada Tabel 2.3.

**Tabel 2. 3 Variasi Suhu Dan Waktu Proses Fermentasi**<sup>[16]</sup>

Suhu	Waktu
25-27 °C	42 jam
28-30 °C	36 jam
37-38 °C	24 jam

### 2.2.5 Arduino Mega 2560

Arduino mega 2560 merupakan sebuah piranti yang terdapat sebuah ic mikrokontroler Atmega 2560. Digunakan sebagai pusat kendali pada alat ini. Beroperasi pada frekuensi 16 MHz. Board berisi 54 pin input/output digital, 16 input analog, 4 UARTs (port serial perangkat keras), koneksi USB, coakan listrik, header ICSP, dan tombol reset. Bentuk fisik dan spesifikasi dari arduino mega 2560 dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan Tabel 2.4.



**Gambar 2. 1 Arduino Mega 2560**

**Tabel 2. 4 Spesifikasi Arduino Mega 2560**<sup>[17]</sup>

Spesifikasi	Keterangan
Mikrokontroler	Atmega2560
Tegangan operasional	5V
Tegangan input	7-12 V

Teganga input (limit)	6-20 V
Pin I/O digital	15 (14 diantaranya keluaran PWM)
Pin input analog	16
Arus DC per pin I/O	40Ma
Arus DC untuk memori	50 Ma
Flash pin 3.3 V	256 KB dimana 8 KB digunakan oleh bootloader)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Kecepatan clock	16 MHz

### 2.2.6 Sensor DHT22

DHT22 adalah sensor digital yang dapat membaca nilai kelembaban dan suhu relative. Sensor DHT22 menggunakan kapasitor dan termistor untuk mengukur udara disekitarnya dan keluar sinyal pada pin DHT22 diklaim memiliki kualitas pembacaan yang baik, dinilai dari repon proses akuisisi data yang cepat dan ukurannya yang minimalis, serta dengan harga relative murah jika dibandingkan dengan dengan alat thermohyrometer. Bentuk fisik dan spesifikasi dari sensor DHT 22 dapat dilihat pada Gambar 2.2 dan Tabel 2.5.



**Gambar 2. 2 Sensor DHT22**

**Tabel 2. 5 Spesifikasi Sensor DHT22<sup>[18]</sup>**

Spesifikasi	Keterangan
Model	DHT22
Power supply	3.3-6 V DC
Sinyal Output	Sinyal Digital



Jangkauan operasi	Kelembaban 0-100%RH; Suhu -40~80°C
Akurasi	Kelembaban $\pm 2\%$ RH (Max $\pm 5\%$ RH); Suhu $\pm 0.5^\circ\text{C}$

### 2.2.7 Ultrasonic Mist Maker

*Ultrasonic mist maker* merupakan modul yang berfungsi untuk menghasilkan uap air atau kabut. Uap atau air yang dihasilkan pada *mist maker* ini tidak menguap melainkan berputar-putar dimesin. Dalam peralatan tersebut, sebuah *transduser* berupa *piezoelektrik* beresonansi 1,6MHz menghasilkan energi yang cukup tinggi sehingga molekul uap air dapat dilepas ke udara.

*Mist maker ultrasonic* yang digunakan tidak boleh aktif pada keadaan kering, sehingga alat ini membutuhkan air yang cukup untuk bekerja. Sebuah sensor *built-in* mendeteksi keberadaan air dan mengaktifkan pelat *transduser*. Transduser bergetar menyebabkan air berubah menjadi tetesan yang menguap berubah menjadi partikel kabut. Bentuk fisik dan spesifikasi dari *mist maker humidifier* dapat dilihat pada Gambar 2.3 dan Tabel 2.6.



Gambar 2. 3 *Mist Maker Humidifier*

Tabel 2. 6 Spesifikasi *Mist Maker Humidifier*<sup>[19]</sup>

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan input	24 V DC
Konsumsi daya	1.1 A
Pengkabutan	150 +100 mL/H
Frekuensi ultrasonic	2.35~2.60 MHz

### 2.2.8 Arduino Nano

Arduino nano adalah salah satu board mikrokontroler yang berukuran kecil, lengkap dan mendukung penggunaan breadboard. Arduino Nano diciptakan dengan basis mikrokontroler ATmega328. Bentuk fisik dan spesifikasi dari arduino nano dapat dilihat pada Gambar 2.4 dan Tabel 2.7.



**Gambar 2. 4 Arduino Nano**

**Tabel 2. 7 Spesifikasi Arduino Nano<sup>[20]</sup>**

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan input	3.3-5 V
Tegangan operasi	5V
Pin I/O digital	D0-D3 (6 diantaranya keluaran PWM)
Pin Input analog	A0-A7

### 2.2.9 Dimmer AC

Dimmer AC adalah sebuah rangkain komponen elektronika dari input sinyal AC yang kemudian sinyal tersebut diproses menjadi sinyal AC Phase maju dari pada sinyal AC inputan, yang menyebabkan penurunan daya (watt). Bisa disimpulkan bahwa dimmer digunakan sebagai pengatur gelap-terang cahaya lampu (redup). Bentuk fisik dan spesifikasi dari dimmer AC dapat dilihat pada Gambar 2.5 dan Tabel 2.8.



**Gambar 2. 5 Dimmer AC**

Tabel 2. 8 Spesifikasi Dimmer AC<sup>[21]</sup>

Spesifikasi	Keterangan
VCC	3.3-5V
GND	GND
Frekuensi	50/60 hz
Tegangan	220 V/110 V

### 2.2.10 Relay

Relay adalah komponen elektronika yang berupa saklar atau switch elektrik yang dioperasikan menggunakan listrik. Relay juga biasa disebut sebagai komponen elektromekanikal yang terdiri dari dua bagian utama yaitu coil atau elektromagnet dan kontak saklar atau mekanikal. Komponen relay menggunakan prinsip elektromagnetik sebagai penggerak kontak saklar, sehingga dengan menggunakan arus listrik yang kecil atau *low power*, dapat menghantarkan arus listrik yang memiliki tegangan lebih tinggi. Bentuk fisik dan spesifikasi dari relay dapat dilihat pada Gambar 2.6 dan Tabel 2.9.



Gambar 2. 6 Relay 4 Chanel

Tabel 2. 9 Spesifikasi Relay 4 Chanel<sup>[22]</sup>

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan sinyal	5 V
Beban maksimal	DC 30V/10A AC 250V/10A
Pemicu arus	5Ma
Dimensi	8 x 4.5 x 2 cm

### 2.2.11 Lampu Pijar

Lampu pijar adalah sumber cahaya buatan yang dihasilkan melalui penyaluran arus listrik melalui filamen yang kemudian memanaskan dan menghasilkan cahaya. Cahaya dari lampu pijar yang memanaskan

mempengaruhi suhu di area sekitar. Temperatur kerja filamen lampu pijar yang sangat tinggi, lambat laun akan terjadi penguapan pada filamen. Variasi resistansi ini akan menciptakan titik-titik panas pada posisi dengan nilai resistansi tinggi.. Bentuk fisik dan spesifikasi dari lampu pijar dapat dilihat pada Gambar 2.7 dan Tabel 2.10.



**Gambar 2. 7 Lampu Pijar**

**Tabel 2. 10 Spesifikasi Lampu Pijar**

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan input	220 V
Daya	3 W

### 2.2.12 Kipas DC

Kipas DC merupakan sebuah perangkat elektromagnetik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk menggerakkan kipas yang digunakan sebagai sirkulasi udara. Bentuk fisik dan spesifikasi dari kipas DC dapat dilihat pada Gambar 2.8 dan Tabel 2.11.



**Gambar 2. 8 Kipas DC**

**Tabel 2. 11 Spesifikasi Kipas DC<sup>[23]</sup>**

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan input	12 V DC
Ukuran	9 x 9 x 25 cm

### 2.2.13 LCD

LCD adalah perangkat yang berfungsi sebagai media penampil dengan memanfaatkan kristal cair sebagai objek penampil utama. LCD tentunya sudah sangat banyak digunakan untuk berbagai macam keperluan seperti media elektronik televisi, kalkulator, atau layar komputer sekalipun. LCD yang digunakan adalah LCD berukuran 16x2 dengan karakter tambahan chip module I2C untuk mempermudah programmer nantinya dalam mengakses LCD tersebut. Sebab dengan digunakannya modul I2C akan lebih memperhemat penggunaan pin arduino yang akan digunakan, dengan menggunakan modul I2C maka hanya diperlukan 4 buah pin arduino, yaitu pin SCL, pin SDA, pin VCC dan pin GND<sup>[24]</sup>. Bentuk fisik dan spesifikasi dari LCD dapat dilihat pada Gambar 2.9 dan Tabel 2.12.



**Gambar 2. 9 LCD**

**Tabel 2. 12 Spesifikasi LCD<sup>[25]</sup>**

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan	5 V DC
Ukuran	80mm x 36mm x 20mm x 66mm x 16mm
Fitur	I2C 4 Kabel

*~ Halaman ini sengaja dikosongkan ~*