



Perancangan Prototipe Alat Inkubator Fermentasi Berbasis Mikrokontroler Arduino Untuk Meningkatkan Kualitas Dan Efisiensi Produksi

Syahrul Ramadhan^{1*}, Aji Kusumastuti Hendrawan², Fathurohman³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap, Jalan Kemerdekaan Barat No.17 Kesugihan, Cilacap,, Indonesia

*Corresponding author: syahrullramadhann0@gmail.com

ARTICLE INFORMATION

Received : 30 Oktober 2024
Revised : 4 Juli 2025
Accepted : 2 Agustus 2025
Available online : 30 September 2025

KATA KUNCI

Tempe,
Fermentasi,
Inkubator,
Suhu dan Kelembaban,
Perototipe

ABSTRAK

Tempe merupakan makanan tradisional masyarakat Indonesia dibuat melalui proses fermentasi biji kedelai menggunakan jenis jamur *Rhizopus*. Namun, proses fermentasi seringkali terpengaruh oleh ketidakstabilan suhu dan kelembaban akibat perubahan cuaca yang mengakibatkan kualitas tempe yang dihasilkan tidak optimal. Penelitian ini bertujuan untuk merancang prototipe alat inkubator fermentasi tempe yang dapat menjaga suhu dan kelembaban pada suhu dan kelembaban yang ideal selama proses fermentasi, sehingga dapat mengoptimalkan produksi menjaga konsistensi kualitas serta efisiensi. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan pendekatan kuantitatif. Metode ini dipilih untuk mengevaluasi efektivitas prototipe alat inkubator fermentasi tempe berbasis mikrokontroler Arduino dalam meningkatkan kualitas dan efisiensi produksi tempe. Prototipe inkubator ini berhasil menjaga kondisi suhu dan kelembaban optimal untuk proses fermentasi tempe. Prototipe alat inkubator fermentasi tempe berbasis mikrokontroler Arduino ini mampu mengontrol suhu dan kelembaban secara stabil, dengan suhu tetap di kisaran 34-35 °C dan kelembaban 55-60%. Proses fermentasi menggunakan prototipe ini memangkas waktu 18jam lebih cepat dibandingkan dengan metode konvensional yang membutuhkan waktu 42 jam. Dengan kualitas tempe yang dihasilkan dari proses fermentasi menggunakan prototipe menunjukkan konsistensi yang baik, dengan tekstur yang kompak, warna putih merata, aroma yang khas, dan tingkat kebersihan yang lebih tinggi.

I. PENDAHULUAN

Tempe merupakan salah satu makanan tradisional masyarakat Indonesia yang sangat populer karena harganya terjangkau dan mengandung banyak protein. Tempe merupakan makanan yang dibuat dengan memfermentasi biji kacang kedelai atau beberapa jenis kacang lainnya dengan difermentasi menggunakan beberapan jenis kapang atau jamur *rhizopus sp* seperti *rhizopus oligasporus*, *rhizopus oryzae*, *rhizopus stolonifer* (kapang roti), atau

rhizopus arrhizus. Penyebutan jenis kapang ini di kenal dengan sebutan ragi tempe [16]. Kapang *rhizopus sp* pada tempe masuk dalam keluarga genus jamur *saprofit*. Karakteristik jamur tempe berbentuk seperti kapas yang hidup dalam tempe dengan membentuk nifa yang berbentuk seperti rambut-rambut kapas [2].

Home Industri tempe Azizah adalah salah satu produsen kecil skala rumahan dengan memproduksi tempe per hari mecapai 80 sampai dengan 90 bungkus tempe dengan metode konvensional yang beralamat

di Jl. Serayu Raya RT02/RW03 Desa Kesugihan Kidul, Kecamatan Kesugihan. Proses pembuatan tempe dengan cara konvensional, meliputi perendaman kedelai, penggilingan, pencucian, perebusan, pendinginan, pemberian ragi, pembungkusan, dan fermentasi. Proses fermentasi adalah salah satu bagian penting dari pembuatan tempe, sebab menjadi salah satu proses penentu kualitas tempe yang dihasilkan. Proses fermentasi dipengaruhi oleh suhu, kelembaban, dan lama waktu fermentasi. Pada suhu 25-30 °C dibutuhkan waktu fermentasi selama 42 jam, sedangkan pada suhu 35-38°C memerlukan 24 jam untuk menghasilkan tempe dengan kualitas yang baik. [10].

Namun, ketika suhu dan kelembaban tidak stabil akibat perubahan cuaca, kualitas tempe yang dihasilkan dapat terpengaruh. Proses fermentasi yang tidak sempurna dapat mengakibatkan tempe berwarna menghitam, berbau, dan tekstur tidak kompak. *Home* industri tempe Azizah mengatasi masalah tersebut dengan memberikan penutup berupa kain atau sejenisnya yang bertujuan menjaga suhu dan kelembaban saat proses fermentasi berlangsung. Namun, terdapat kekurangan pada cara tersebut produsen tidak dapat mengetahui suhu dan kelembaban tempe yang sedang di fermentasi. Sehingga cara tersebut kurang efektif untuk menjaga suhu dan kelembaban untuk pertumbuhan jamur.

Dari masalah yang ada di atas, penulis memiliki gagasan untuk membuat prototipe alat inkubator fermentasi tempe sebagai solusi menjaga kualitas dan mempercepat proses fermentasi. Prototipe alat inkubator fermentasi ini merupakan alat yang dapat mengatur suhu dan kelembaban saat proses fermentasi tempe berlangsung agar tetap stabil. Perancangan membuat alat inkubator fermentasi tempe dengan menciptakan lingkungan yang optimal untuk perkembangan jamur tempe.

Prototipe alat inkubator fermentasi ini berbentuk kotak persegi dengan ukuran 50 x 50 cm dengan sistem kerja menampilkan dan mengatur suhu dan kelembaban pada ruang inkubator. Dengan menggunakan sensor DHT11 yang bertugas membaca dan mengukur suhu dan kelembaban. Data yang didapat akan ditampilkan melalui LCD dan diproses oleh mikrokontroler Arduino untuk kemudian disesuaikan dengan perintah yang sudah ditanamkan. Dengan data yang diproses mikrokontroler menentukan keadaan lampu pemanas dan kipas apakah akan menyala atau akan mati sesuai dengan program. Dengan prototipe alat Inkubator fermentasi tempe ini diharapkan dapat menjaga tingkat suhu dan kelembaban secara akurat pada saat proses fermentasi tempe berlangsung untuk mengoptimalkan proses produksi pada *Home* Industri tempe Azizah guna menjaga konsistensi kualitas dan efisiensi produksi tempe di segala kondisi cuaca.

II. METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan jenis kuantitatif. Metode ini dipilih untuk mengevaluasi efektifitas prototipe alat inkubator fermentasi tempe berbasis mikrokontroler Arduino dalam meningkatkan kualitas dan efisiensi produksi tempe.

Penelitian dilakukan selama tiga bulan pada bulan Juli 2024 s.d. Oktober 2024. Bertempat di rumah penulis di Jl. Kebon Jambu, Desa Kesugihan Kidul, Kecamatan Kesugihan dan di tempat produsen *home* industri tempe Azizah bertempat di Jl. Serayu Raya, Desa Kesugihan Kidul, Kecamatan Kesugihan. Pada penelitian ini yang menjadi populasi adalah hasil produksi tempe yang menggunakan prototipe alat incubator fermentasi dan produksi tempe menggunakan metode konvensional oleh *home industry* tempe Azizah.

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa langkah yaitu melakukan studi literatur, observasi, perancangan, pembuatan, eksperimen dan pengujian, pengambilan dan analisis data, kesimpulan, penyusunan laporan. langkah-langkah penelitian dijelaskan sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Mencari informasi dan teori dasar yang mendukung penelitian, termasuk jurnal penelitian, ebook, dan informasi lain yang berkaitan dengan prototipe pengendalian suhu dan kelembaban berbasis mikrokontroler Arduino.

2. Perancangan Prototipe

Tahapan ini merupakan perancangan *hardware* dan *software* berdasarkan hasil studi literatur dan observasi.

3. Pembuatan Prototipe

Pada tahap ini peneliti merakit prototipe alat sesuai dengan desain yang telah ditetapkan pada tahap perancangan dan menggunakan sistem *software* untuk mengatur sistem kerja.

4. Eksperimen dan Pengujian

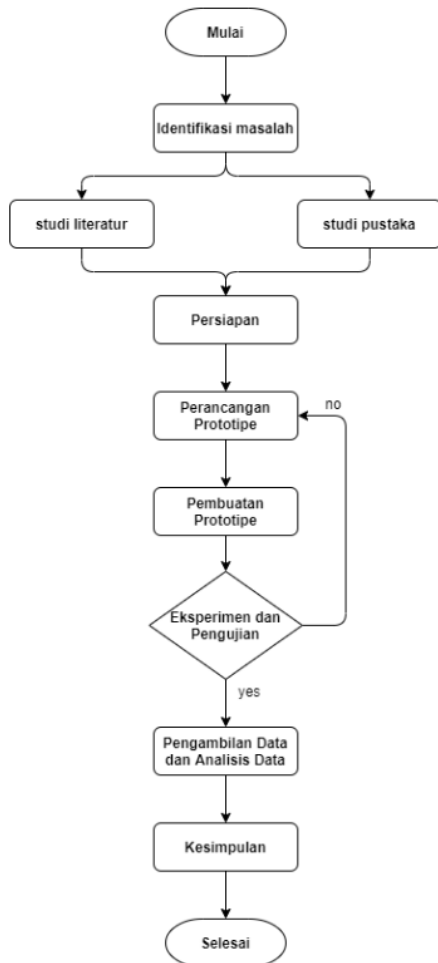
Tahapan ini digunakan untuk mencoba dan menguji prototipe yang telah dibuat. Jika hasil pengujian tidak sesuai dengan yang diharapkan, maka akan kembali ke tahap perancangan alat.

5. Pengambilan Data dan Analisis Data

Pada tahap pengambilan data penulis mencatat hasil suhu dan kelembaban pada proses fermentasi berlangsung. dan mengukur kualitas hasil fermentasi dengan parameter warna, tekstur, dan aroma pada proses fermentasi metode konvensional dan menggunakan prototipe inkubator. Dan mencatat hasil waktu proses fermentasi tempe secara *realtime*. Kemudian menganalisis data yang telah diperoleh dengan

bantuan software Microsoft Excel untuk menarik kesimpulan.

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode pengamatan, uji kualitas dan lama waktu fermentasi. Pengolahan data dilakukan dengan cara membandingkan kualitas dan efisiensi proses fermentasi dari prototipe alat incubator fermentasi tempe dengan proses fermentasi tanpa menggunakan prototipe alat inkubator fermentasi.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perancangan

Pada bab ini hasil perancangan prototipe alat inkubator fermentasi tempe berbasis mikrokontroler Arduino. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi produksi tempe melalui kontrol suhu dan kelembaban yang lebih akurat dengan menggunakan sensor DHT11. Beberapa hal yang akan dibahas diantaranya adalah perancangan, pembuatan prototipe, eksperimen dan pengujian, pengambilan data dan analisis data.

Alat dan Bahan

Alat yang dibutuhkan untuk penelitian:

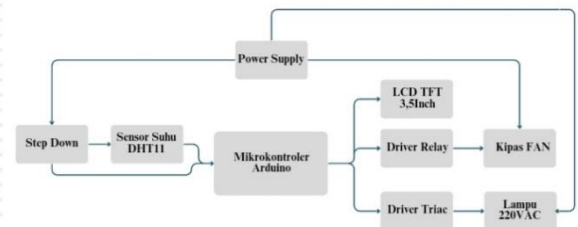
- a. Laptop
- b. Solder
- c. *Hygrometer Digital*
- d. Aplikasi Arduino IDE

Komponen bahan yang digunakan pada penelitian:

- a. Arduino Uno R3 Atmega328
- b. Sensor DHT11
- c. Kipas Fan DC 12V
- d. *Power supply*
- e. *Step down* DC-DC
- f. *Relay module* 5V dan 12V
- g. Lampu AC 220V
- h. LCD 16x2 I2C
- i. Kabel jumper
- j. Kotak inkubator: Dimensi kotak inkubator (p×l×t) 50cm×50cm×50cm. Bahan kerangka yang digunakan adalah triplek 3mm.
- k. Kotak tempat sirkuit: Dimensi kotak tempat sirkuit (p×l×t) 50cm×20cm×35cm. Bahan kerangka yang digunakan adalah triplek 3mm.

Perancangan Elektrik

Input pada alat ini adalah menggunakan sensor DHT11 digunakan untuk mengukur tingkat suhu dan kelembaban ruang inkubator fermentasi tempe. Untuk *output* dari prototipe alat inkubator fermentasi ini adalah LCD, Lampu bohlam, Kipas fan. Blok diagram prototipe alat inkubator fermentasi tempe ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Desain Sistem

Penelitian ini menggunakan mikrokontroler Arduino Uno R3 sebagai pengendali utama, Arduino digunakan untuk mengontrol suhu ruang pada inkubator fermentasi tempe agar suhu tetap stabil untuk proses fermentasi tempe. Ada beberapa rangkaian yang akan dibuat yaitu rangkaian *power supply*, *step down*, *relay*, LCD, sensor DHT11, Arduino uno, kipas, lampu. Semua rangkaian pada program agar suhu ruangan inkubator tetap stabil yaitu antara suhu 33°C – 38°C.

Perancangan Perangkat Lunak

Sistem ini dimulai dengan mengirimkan suplai daya ke mikrokontroler Arduino melalui step down. Program yang akan dimasukan ke mikrokontroler Arduino ini akan mengatur suhu yang akan

mempengaruhi kondisi lampu dan kipas. Suhu dapat di atur dari set point minimum 33°C ke set point maksimum 38°C. Dengan bantuan sensor DHT11 sebagai pendeteksi suhu dan kelembaban, dapat membantu mendeteksi data secara *real time* yang ada dalam ruang inkubator yang nantinya akan digunakan oleh mikrokontroler Arduino untuk menentukan proses fermentasi berjalan sesuai dengan program yang telah di masukan. Penulisan program menggunakan aplikasi Arduino IDE dengan bahasa pemrograman dan memverifikasi pada aplikasi untuk mengecek apakah program tersebut terdapat kesalahan dalam penulisan. Ketika program berjalan maka LCD menampilkan suhu dan kelembaban yang ada pada ruang inkubator.

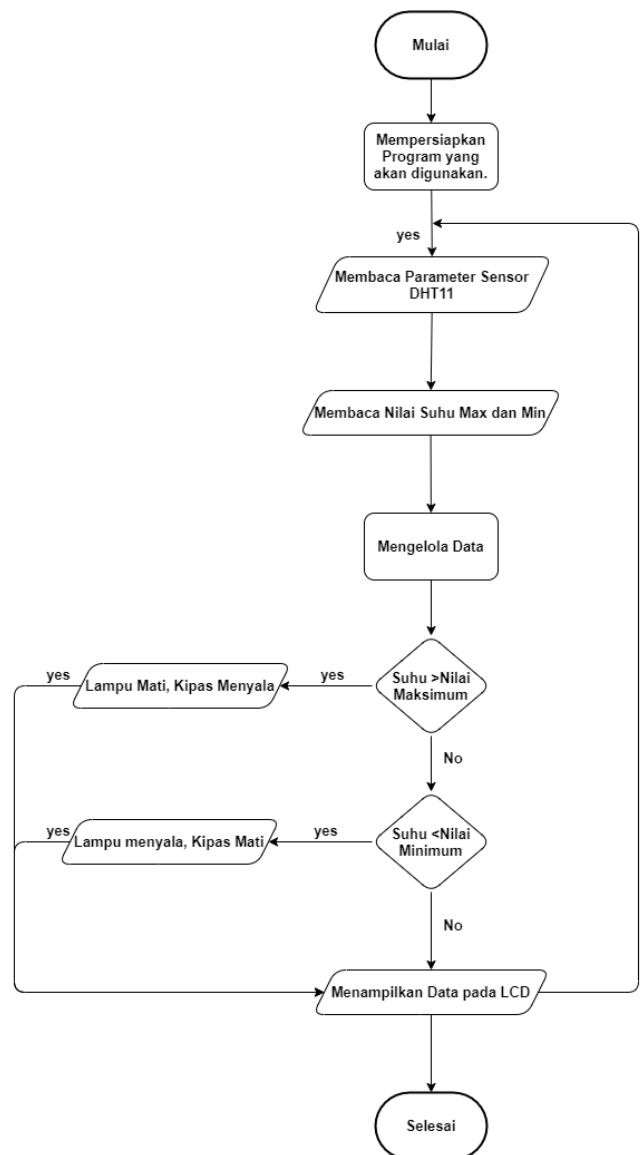
Berikut adalah proses kerja pengukuran suhu dan kelembaban pada prototipe alat inkubator fermentasi tempe, Diagram alir dapat ditunjukkan pada Gambar 3.

- Kondisi 1 jika suhu kurang >33°C maka lampu akan menyala dan kipas akan mati.
- Kondisi 2 jika suhu >33°C dan <36°C maka lampu akan menyala dan kipas akan mati.
- Kondisi 3 jika suhu >36°C dan <38°C maka lampu akan menyala dan kipas akan menyala.
- Kondisi 4 jika suhu >38°C maka lampu akan mati dan kipas akan menyala.

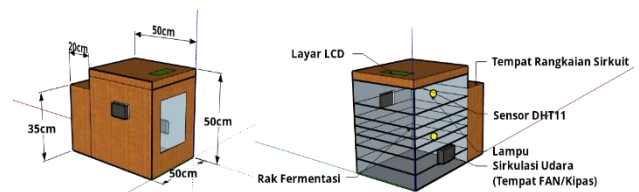
Perancangan Perangkat Keras

a. Perancangan perangkat keras merupakan bagian penting dalam pembuatan prototipe alat inkubator fermentasi tempe berbasis mikrokontroler Arduino ini dilakukan untuk menghindari kesalahan-kesalahan yang terjadi saat perakitan. Pada bagian ini berisi model desain inkubator fermentasi tempe dengan ukuran kotak tempat sirkuit 50cm x 20cm x 35cm dan kotak inkubator berukuran 50cm x 50cm x 50cm. Dengan membuat dua desain alternatif prototipe alat inkubator fermentasi untuk mengetahui desain mana yang dapat menjaga nilai suhu dan kelembaban paling optimal.

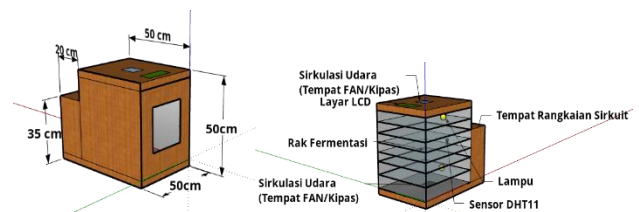
b. Dalam perancangan desain alat membutuhkan bantuan *software* yang dapat mendesain gambar tiga dimensi. Dan untuk desain tiga dimensi menggunakan bantuan *google sketchup* untuk mendesain alat inkubator fermentasi tempe ini yang di tunjukkan pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 3. Diagram Alir Perancangan



Gambar 4. Desain Prototipe Inkubator A



Gambar 5. Desain Prototipe Inkubator B

Penjelasan dari masing-masing komponen desain prototipe inkubator A dan B:

- Layar LCD berfungsi menampilkan nilai suhu pada ruangan inkubator fermentasi tempe.
- Rak fermentasi digunakan untuk tempat meletakkan tempe pada alat inkubator.

- c. Sirkulasi udara dan tempat kipas Fan DC 12V digunakan untuk tempat keluar masuknya udara dan kipas sebagai pendinginan suhu ruang inkubator.
- d. Lampu berfungsi sebagai sumber panas pada ruang inkubator.
- e. Tempat sirkuit digunakan sebagai tempat rangkaian sirkuit atau modul penggerak inkubator fermentasi tempe.
- f. Sensor DHT11 berfungsi sebagai pembaca suhu dan kelembaban pada ruang inkubator fermentasi.

2. Pembuatan Prototipe

Perakitan rangkaian desain prototipe ini meliputi koneksi antara kotak inkubator dengan komponen mikrokontroler arduino, sensor DHT11, lampu, kipas, LCD, dan *power supply*.

Desain prototipe inkubator fermentasi tempe ini membutuhkan beberapa langkah penting, yaitu:

a. Pembuatan kotak inkubator

Pembuatan kotak inkubator menggunakan bahan papan triplek dengan tebal 3mm dengan alasan mudah ditemukan dan harganya terjangkau. Kotak inkubator memiliki diameter 50x50x50 cm dan kotak sirkuit 50x20x35 cm dengan dua desain alternatif A dan desain alternatif B dengan perbedaan penempatan pendingin dan sensor DHT11. Desain alternatif A menempatkan kipas pada bagian samping kanan dan kiri inkubator dan sensor ditempatkan dibagian atas. Desain alternatif B menempatkan kipas pada bagian atas dan bawah inkubator dan sensor DHT11 ditempatkan pada bagian belakang inkubator.

b. Pemasangan Sensor

Pemasangan sensor suhu dan kelembaban ditempatkan di dalam inkubator untuk memantau kondisi lingkungan inkubator. Nilai sensor yang terbaca oleh sensor DHT11 memiliki selisih keakuratan 2°C dengan suhu pada ruang terbuka.

c. Pemasangan Lampu Pemanas Dan Kipas Pendingin

Lampu dan kipas dipasang didalam prototipe inkubator yang disambungkan dengan relay yang disambungkan pada pin 7 untuk pendingin dan pin 8 untuk lampu pada mikrokontroler.

d. Pemasangan LCD

Pemasangan LCD menjadi penampil nilai suhu dan kelembaban pada lingkungan inkubator dengan memasang pin A4 dan A5 pada mikrokontroler.

e. Pemasangan Mikrokontroler

Mikrokontroler dihubungkan pada semua komponen melalui kabel *jumper* dan menghidupkannya dengan menyambungkan daya dari *power supply* dengan daya 220V akan

diturunkan dengan *step down* menjadi 7,5V agar mikrokontroler dapat bekerja dengan stabil.

f. Pengujian Awal Inkubator

Pengujian awal dilakukan untuk memastikan semua komponen berfungsi dengan baik sebelum pengambilan data dan analisis data fermentasi tempe.

Perakitan Komponen Prototipe

Rangkaian komponen pada prototipe alat inkubator yang mencakup seluruh komponen yang terpasang pada prototipe alat inkubator fermentasi tempe:



Gambar 6. Pemasangan Power Suplay

Power supply sebagai penyuplay daya kepada prototipe dari daya 220V menjadi output keluaran 120V supaya tetap stabil dan kemudahan akan akan mengalirkan daya listrik ke rangkaian komponen alat.



Gambar 7. Pemasangan Stepdown

Pemasangan modul *stepdown* ke power suplay 12V. Modul ini berfungsi untuk menurunkan tegangan output *power supply* menjadi 7,5V agar dapat menghidupkan mikrokontroler supaya tidak kelebihan daya dan mengakibatkan panas pada mikrokontroler.



Gambar 8. Pemasangan Mikrokontroler Arduino

Pemasangan komponen mikrokontroler yang berfungsi sebagai komponen pengendali dari komponen-komponen yang lainnya dengan memasukan program pada mikrokontroler yang berfungsi sebagai output dan input dengan bantuan alat sebagai hasilnya.



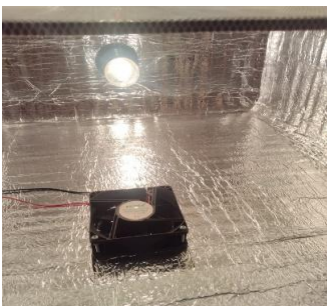
Gambar 9. Pemasangan Relay

Pemasangan relay pada prototipe alat inkubator digunakan sebagai saklar otomatis mengontrol arus listrik dari *power supply* kepada komponen yang digunakan pada pernakat yang tersambung kepada relay seperti pendingin (kipas fan) dan pemanas (lampu) pada prototipe. Relay tersambung kepada mikrokontroler pada pin 7 analog untuk pendingin (kipas fan) sedangkan pada pin 8 analog untuk pemanas (lampu) untuk mengatur menghidupkan dan mematikan komponen pemanas ataupun pendingin.



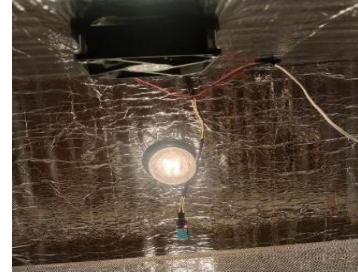
Gambar 10. Pemasangan Sensor DHT11

Pemasangan sensor DHT11 yang merupakan sensor mengukur suhu dan kelembaban pada ruangan inkubator. Sensor ini memiliki output tegangan analog yang dapat diolah lebih lanjut menggunakan mikrokontroler yang kemudian menampilkan informasi pada LCD.



Gambar 1. Pemasangan Kipas

Pemasangan kipas fan DC sebagai pendingin yang berfungsi untuk menurunkan suhu pada ruangan inkubator. Dengan menyambungkan kepada relay yang sudah tersambung pada mikrokontroler dengan memberikan perintah apabila suhu $>38^{\circ}\text{C}$ maka kipas fan akan hidup dan jika suhu $<34^{\circ}\text{C}$ maka kipas akan mati.



Gambar 2. Pemasangan Lampu

Pemasangan lampu yang berfungsi sebagai pemanas untuk menaikkan suhu pada ruangan inkubator. Disambungkan pada relay dengan perintah apabila suhu $>33,5^{\circ}\text{C}$ maka lampu akan hidup, dan jika keadaan suhu $<38,5^{\circ}\text{C}$ maka lampu akan mati.



Gambar 3. Pemasangan LCD

Pemasangan LCD ini digunakan untuk menampilkan informasi dari sensor DHT11 tentang suhu dan kelembaban pada ruangan inkubator. LCD ini disambungkan pada pin digital pada mikrokontroler yaitu pada pin 5,5V, GND, A4, dan A5.

Implementasi Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan untuk mengendalikan sistem di tulis dalam bahasa perograman C+ dengan menggunakan aplikasi Arduino IDE.

Berikut adalah pembahasan pada program prototipe alat inkubator fermentasi tempe:

a. Menentukan Pin Mikrokontroler

Menentukan pin berfungsi untuk mikrokontroler arduino dapat menjalankan perintah dengan tepat.

b. Batasan Suhu

Batasan suhu diterapkan supaya dapat menjaga suhu dan kelembaban pada inkubator tetap pada suhu yang diinginkan.

c. Kondisi Relay

Perintah untuk relay pada saat kondisi prototipe dihidupkan, yaitu dengan perintah pada kondisi awal relay lampu dihidupkan dan relay kipas mati.

d. Perintah Kinerja Alat

Dengan menetapkan perintah untuk relay lampu apabila suhu inkubator < set point minimal maka lampu akan menyala, dan suhu inkubator kurang dari set point maksimal lampu akan mati. Begitu pun dengan kondisi relay kipas pada keadaan suhu inkubator > set poin fan kipas akan menyala, dan pada saat suhu inkubator lebih dari set point fan maka pendingin akan mati.

e. Tampilan LCD

Pada tampilan LCD akan menampilkan Temp dengan simbol °C untuk tampilan suhu. Dan Hum dengan simbol % untuk tampilan kelembaban.

3. Eksperimen dan Pengujian Prototipe

Eksperimen dan pengujian yaitu dengan membandingkan proses fermentasi menggunakan dua desain prototipe alat inkubator fermentasi yaitu desain alternatif A, desain alternatif B, dan proses fermentasi yang terjadi di luar inkubator. pengambilan data dimana pada pengujian dan eksperimen dilakukan untuk mengetahui kinerja dari perangkat keras dan perangkat lunak apakah dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan.

Pengujian prototipe alat inkubator fermentasi tempe akan dilakukan dengan membandingkan kualitas dan efisiensi proses fermentasi dari prototipe alat inkubator fermentasi tempe dengan proses fermentasi tanpa menggunakan prototipe alat inkubator fermentasi tempe.

Eksperimen prototipe

Eksperimen prototipe alat inkubator fermentasi tempe berbasis mikrokontroler Arduino yang akan dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

a. Pengaturan Kondisi Awal

Yaitu dengan mengatur awal suhu pada prototipe dengan mengatur suhu minimum 33°C dan suhu maksimum 38°C pada kedua prototipe inkubator yaitu desain alternatif A dan desain alternatif B.

b. Memonitoring Suhu Dan Kelembaban

Suhu dan kelembaban di dalam inkubator fermentasi tempe akan dipantau terus-menerus selama proses fermentasi berlangsung.

c. Pengambilan Data

Pengambilan data fermentasi tempe dengan interval waktu tertentu untuk mengevaluasi perkembangan proses fermentasi tempe.

b. Pengujian Prototipe

Pengujian dilakukan dengan menempatkan prototipe alat inkubator fermentasi tempe pada lingkungan kontrol dan kemudian mengukur kinerja sistem dalam menjaga suhu dan kelembaban sesuai dengan yang diinginkan. Data pengujian diambil sebanyak 4 kali selama proses fermentasi berlangsung di dalam prototipe alat inkubator fermentasi menggunakan sensor DHT11 dan proses fermentasi di luar prototipe alat inkubator dengan bantuan alat digital *hygrometer* untuk mengetahui perbedaan suhu dan kelembaban proses fermentasi berlangsung.

4. Hasil Pengujian dan Analisis Data

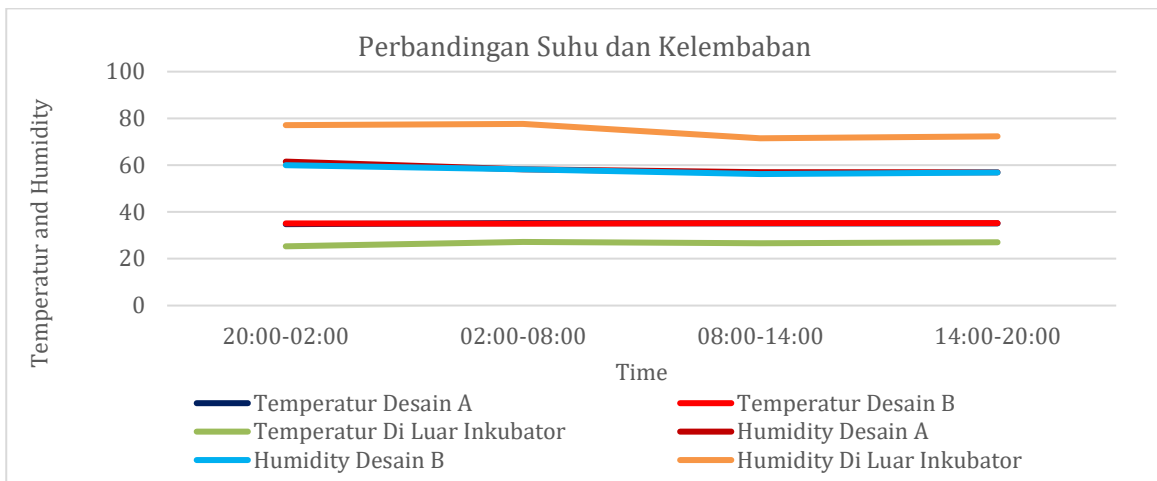
Dalam pengujian prototipe ini data suhu dan kelembaban proses fermentasi tempe berdasarkan lama waktu fermentasi di dalam ruangan inkubator menggunakan sensor DHT11 dengan dua desain alternatif prototipe alat inkubator dan pada ruang terbuka menggunakan alat digital *hygrometer* untuk mengetahui perbedaan suhu dan kelembaban dari proses fermentasi.

Hasil pengumpulan data yang telah dilakukan dengan melakukan 4 kali pengambilan data. kemudian diambil nilai rata-rata per enam jam data yang sudah dilakukan, hal ini bertujuan untuk mengetahui nilai presentase perbandingan pada hasil pengukuran suhu dan kelembaban pada proses fermentasi menggunakan prototipe alat inkubator desain alternatif A, prototipe alat inkubator desain alternatif B dan proses fermentasi di luar inkubator. Tabel dibawah ini menunjukkan rata-rata pada proses fermentasi pada enam jam pengukuran, ditampilkan pada tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Fermentasi

Keterangan	20:00-02:00	02:00-08:00	08:00-14:00	14:00-20:00
Temperatur Desain A	32	35,2	33,8	35,2
Humidity Desain A	62	82	60	65
Temperatur Desain B	33	36,5	32	37
Humidity Desain B	60	77	58	67
Temperatur Di Luar Inkubator	26	27	26	27
Humidity Di Luar Inkubator	68	83	78	84
Temperatur Desain A	34	34	34,4	37,6
Humidity Desain A	51	64	50	61
Temperatur Desain B	34	37,2	33	37,5

Humidity Desain B	50	61	49	63	56	59	51	64
Temperatur Di Luar Inkubator	26	26,3	25,6	26,1	25,6	27,1	26,6	27,1
Humidity Di Luar Inkubator	79	81	81	82	76	82	76	78
Temperatur Desain A	33,6	36,5	34,3	37,2	35	37,4	34,3	36,3
Humidity Desain A	58	58	50	60	50	58	53	60
Temperatur Desain B	34,1	36,4	33,5	35,7	33,3	36,7	34,1	36,5
Humidity Desain B	56	63	54	60	49	59	58	58
Temperatur Di Luar Inkubator	24,7	25,4	23,4	25,3	25,3	26,5	26,8	26,8
Humidity Di Luar Inkubator	70	73	71	73	63	71	74	74
Temperatur Desain A	33,6	36,7	34,1	37,1	33,5	36,2	34,1	36,4
Humidity Desain A	56	67	56	61	54	61	54	57
Temperatur Desain B	34,1	37	34,1	37	34,3	36,2	34,3	37,3
Humidity Desain B	53	60	53	63	52	60	52	58
Temperatur Di Luar Inkubator	23,1	24,6	23,3	24,9	24,4	27,3	26,1	27,3
Humidity Di Luar Inkubator	72	76	73	77	65	77	65	73



Gambar 4. Grafik Perbandingan Hasil Fermentasi





Hasil pengujian menunjukkan bahwa kedua desain prototipe alat inkubator yaitu pada desain alternatif A dan desain alternatif B dapat menjaga suhu dan kelembaban dibandingkan dengan proses fermentasi di luar prototipe alat inkubator dalam rentang waktu setiap enam jam proses fermentasi pada suhu kurang lebih 34-35°C dan kelembaban kurang lebih 50-60%. Dan perbandingan pada prototipe alat inkubator desain alternatif A dan desain alternatif B tidak berpengaruh pada kualitas dan efisiensi pada produk tempe.

Kualitas Tempe Yang Dihasilkan

Indikator kualitas tempe yang baik yaitu berwarna putih merata, berbau khas, dan memiliki tekstur yang kompak. Dengan pengambilan data sebanyak 4 kali proses fermentasi dengan masing-masing prosesnya menggunakan 4 tempe. Hasil dari pertumbuhan jamur pada proses fermentasi yang terjadi pada tempe dengan melakukan pengamatan pada rentan waktu enam jam.

Tabel 2. Hasil Kualitas Tempe

Waktu	Tem dan Hum Prototipe	Keterangan desain A	Keterangan desain B	Tem dan Hum Di Luar Prototipe	Keterangan
20:00-02:00		Tem 34,7°C Hum 61,5% Tempe berembun	Tem 35,1°C Hum 60% Tempe berembun		Tem 25,3°C Hum 77,1% Tempe masih mentah
02:00-08:00		Tem 35,2°C Hum 58,2% Mulai tumbuh jamur	Tem 34,9°C Hum 58,1% Mulai tumbuh jamur		Tem 27,1°C Hum 77,6% Tempe mulai hangat

08:00- 14:00		Tem 35,1°C Hum 57% jamur tumbuh merata	Tem 35,2°C Hum 56,2% jamur tumbuh merata		Tem 26,6°C Hum 71,5% Tempe berembun
14:00- 20:00		Tem 35°C Hum 56,9% Tempe sudah matang	Tem 35,2°C Hum 56,8% Tempe sudah matang		Tem 27°C Hum 72,3% Jamur mulai tumbuh

Pada tabel diatas menghasilkan kualitas tempe pada saat proses fermentasi menggunakan dua desain prototipe alat inkubator yaitu desain alternatif A dan desain alternatif B menunjukan kualitas yang jauh lebih baik dibandingkan dengan metode konvensional. Prototipe alat inkubator fermentasi tempe berbasis mikrokontroler Arduino ini mampu menjaga kondisi suhu dan kelembaban optimal untuk proses fermentasi dalam rentang suhu dan kelembaban yang ideal, sekitar suhu 34-35 °C dengan kelembaban 50-60 %. Dengan hasil tempe memiliki tekstur yang lebih kompak, warna yang putih merata, dan aroma yang lebih khas.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis tentang perancangan prototipe alat inkubator fermentasi tempe berbasis mikrokontroler Arduino untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi tempe dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berhasil merancang prototipe alat inkubator fermentasi tempe dengan menggunakan mikrokontroler Arduino yang mampu mengontrol dan menjaga suhu dan kelembaban pada ruang inkubator tetap stabil di suhu 34-35°C dengan relatif kelembaban 55-60%.
2. Proses fermentasi dengan menggunakan prototipe alat inkubator fermentasi tempe memangkas waktu lebih cepat 18 jam dibandingkan dengan proses fermentasi dengan metode konvensional yang membutuhkan waktu 42 jam dengan kualitas tempe tetap konsisten.
3. Tempe yang dihasilkan dari proses fermentasi menggunakan prototipe alat inkubator fermentasi tempe menghasilkan tempe dengan kualitas yang konsisten dengan tekstur yang kompak, berwarna putih merata, aroma yang lebih khas, dan tempe yang lebih higienis.

REFERENSI

- [1] Abdurrohman, R. M. (2023). Prototipe Monitoring Suhu Dan Kelembapan Secara Realtime. *Journal ICTEE*, 4(2), 29. <https://doi.org/10.33365/jictee.v4i2.3158>
- [2] Budiono, R. A. (2016). Aktifitas Fermentasi Tempe Saga Pohon (*Adenantha pavonina* L.). *[Skripsi]*, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Neg.
- [3] Candra, J. E., & Syafrianto, H. (2022). Prototipe Pengontrolan Suhu Otomatis Pada Inkubator Penetas Telur Menggunakan Arduino Uno. *Jurnal Desain Dan Analisis Teknologi*, 1(1), 51–58. <https://doi.org/10.58520/jddat.v1i1.20>
- [4] Darmawan, B., Pradiyanto, W., Made, I., Sukmadana, B., & Ch, S. (2022). Prosiding Saintek Rancang Bangun Alat Pengendali Suhu Pada Fermentasi Tempe Berbasis Mikrokontroler. *LPPM Universitas Mataram*, 4.
- [5] Dewantoro, G., Hartini, S., & Waluyo, A. H. (2015). Alat Optimasi Suhu dan Kelembaban untuk Inkubasi Fermentasi dan Pengeringan Pasca Fermentasi. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 11(3). <https://doi.org/10.17529/jre.v11i3.2245>
- [6] Dwika, H. T. (2022). Sistem Kendali Dan Monitoring Menggunakan Aplikasi Blynk Dan Mikrokontroler WEMOS D1 R2 Berbasis Interner Of Think pada Pembuatan Tempe. *Skripsi, Teknik Pertanian Universitas Lampung*, 8.5.2017, 2003–2005.
- [7] Edar, A. N. (2021). Pengaruh Suhu dan Kelembaban Terhadap Rasio Kelembaban dan Entalpi (Studi Kasus: Gedung UNIFA Makassar). *LOSARI Jurnal Arsitektur Kota Dan Pemukiman*, 6(2), 102–114. <https://doi.org/10.33096/losari.v6i2.307>
- [8] Gunawan, G., & Fatimah, T. (2020). Implementasi Sistem Pengaturan Suhu Ruang Server Menggunakan Sensor DHT11 dan Sensor PIR Berbasis Mikrokontroler.

- Edumatic Jurnal Pendidikan Informatika*, 4(1), 101–110.
<https://doi.org/10.29408/edumatic.v4i1.2165>
- [9] Harlina, S., & Rizaldy, A. (2019). Rancang Bangun Sistem Pengendalian Suhu Kelembaban Dan Cahaya Pada Rumah Walet Berbasis Mikrokontroler. *Sisyem Informatike Dan Teknologi Informasi*, 8(2), 131–140.
- [10] Mukhoyaroh, H., Kesehatan, S., & Merauke, Y. (2015). *Pengaruh Jenis Kedelai, Waktu Dan Suhu Pemeraman Terhadap Kandungan Protein Tempe Kedelai* (Vol. 2, Issue 2).
- [11] Najmurokhan, A. (2018). *Prototipe Pengendali Suhu Dan Kelembaban Untuk Cold Storage Menggunakan Mikrokontroler Atmega328 Dan Sensor Dht11*.
<https://doi.org/10.24853/jurtek.10.1.73-82>
- [12] Nakhoda, Y. I., Soetedjo, A., & S, P. O. (2020). Rancang Bangun Alat Proses Fermentasi Kedelai Menggunakan Kendali Suhu dan Kelembaban untuk Produksi Tempe Skala Kecil. *Jurnal Aplikasi Sains Teknologi Nasional*, 01(01), 14–18.
- [13] Nuroctavia, A. F., Murtono, A., & Priyadi, B. (2021). Sistem Kendali Suhu Dan Kelembaban Pada Proses Fermentasi Tempe Dengan Metode Pid. *Jurnal Elektronika Dan Otomasi Industri*, 8(3), 261.
<https://doi.org/10.33795/elk.v8i3.304>
- [14] Prihatmoko, D. (2016). Perancangan Dan Implementasi Pengontrol Suhu Ruangan Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal SIMETRIS*, Vol 7(No 1), 117–122.
- [15] Saleh, M., & Haryanti, M. (2017). Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Relay. *Jurnal Teknologi Elektro*, 8(2806–9479), 181–186.
- [16] Santoso, R. pria. (2022). *Inkubator Tempe Berbasis IOT*. 1–20.
<http://eprints.ums.ac.id/98645/>
- [17] Sari, A. R. (2021). Sistem Kontrol Suhu dan Kelembaban Pada Prototype Ruangan Dengan Metode Fuzzy Sugeno Menggunakan Mikrokontroler WEMOS D1 Berbasis Internet Of Things (IoT). *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*, 3(2), 6.
- [18] Suknia, S. L., & Rahmania, T. puri ducha. (2018). Proses Pembuatan Tempe Home Industry Berbahan Dasar Kedelai (Glycine max(L.)Merr) Dan Kacang Merah (Phaseolus vulgaris L.) DI Candiwesi, Sala Tiga. In *Atlas of Cardiac Surgical Techniques* (pp. 479–488).
<https://doi.org/10.1016/B978-0-323-46294-5.00028-5>
- [19] Suryanti Putri, R., Ifan Fanani, M., Indra Kurniawan, I., Purna Okta Danawan, E., & Inur Firman Sugiarto, K. (2018). Penerapan Teknologi Pengendali Fermentasi Tempe Bagi Usaha Krudel Lariso Kelurahan Purwantoro Kota Malang. *Seminar Nasional Hasil Pengabdian (CIASTECH 2018)*, 353–361.
- [20] Wijanarko, D., & Hasanah, S. (2017). Monitoring Suhu Dan Kelembaban Menggunakan Sms Gateway Pada Proses Fermentasi Tempe Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Informatika Polinema*, 4(1), 49. <https://doi.org/10.33795/jip.v4i1.144>
- [21] Yunas, R. P., & Pulungan, A. B. (2020). Sistem Kendali Suhu dan Kelembaban pada Proses Fermentasi Tempe. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, 6(1), 103.
<https://doi.org/10.24036/jtev.v6i1.106943>