

RANCANG BANGUN PROTOTYPE RUANG FERMENTASI TEMPE SECARA OTOMATIS



TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
diploma tiga (D-3) Program Studi Teknik Elektronika
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Ujung Pandang

NAUFAL HIDAYAT

32322030

MUH. RAIHAN RAMADHAN

32322038

PROGRAM STUDI D-3 TEKNIK ELEKTRONIKA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR

2025

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Rabu, 03 September 2025, tim penguji ujian sidang laporan tugas akhir telah menerima hasil ujian sidang laporan tugas akhir oleh mahasiswa Naufal Hidayat 323 22 030 dan Muh. Raihan Ramadhan 323 22 038 dengan judul “Rancang Bangun Prototype Ruang Fermentasi Tempe Secara Otomatis”.

Makassar, 03 September 2025

Tim Penguji Seminar Hasil Tugas Akhir:

- | | | |
|------------------------------------|--------------|---------|
| 1. Ir. Daniel Kambuno, M.T. | Ketua | (.....) |
| 2. Dharma Aryani, S.T., M.T., Ph.D | Sekretaris | (.....) |
| 3. Kartika Dewi, S.T.,M.T. | Anggota | (.....) |
| 4. Moh. Adnan,S.T.,M.T | Anggota | (.....) |
| 5. Ir. Kifaya, M.T. | Pembimbing 1 | (.....) |
| 6. Nur Aminah, S.T.,M.T | Pembimbing 2 | (.....) |

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir ini dengan judul **Rancang Bangun Prototype Ruang Fermentasi Tempe Secara Otomatis** oleh Naufal Hidayat 323 22 030 dan Muh. Raihan Ramadhan 323 22 038 dinyatakan layak untuk diseminarkan.

Makassar, 26 Agustus 2025

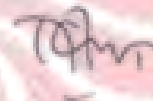
Menyetujui

Dosen Pembimbing 1,

Dosen Pembimbing 2,



Ir. Kifaya, M.T.
NIP. 19620608 198903 2 001



Nur Aminah, S.T., M.T.
NIP. 19660721 199011 2 001

Mengetahui,
Ketua Program Studi



Muh. Chaerur Rijal, S.T., M.T.
NIP. 19811007 200812 1 004

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulisan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Rancang Bangun Prototype Ruang Fermentasi Tempe Secara Otomatis” dapat diselesaikan dengan baik.

Laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat bagi mahasiswa Program Studi Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang dalam menyelesaikan studinya.

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini tidak sedikit hambatan yang penulis alami, namun berkat bantuan berbagai pihak terutama pembimbing, hambatan tersebut dapat teratasi. Pada kesempatan dan melalui lembaran ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

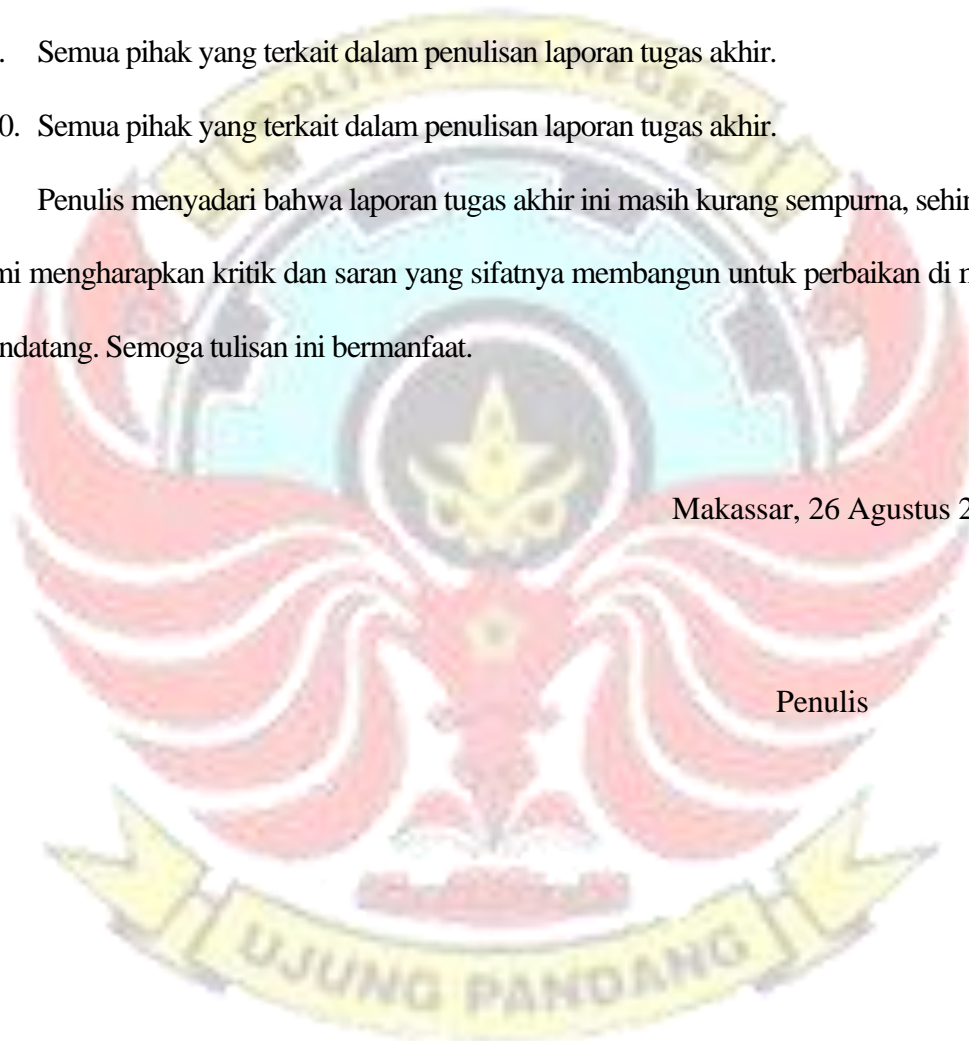
1. Kedua orang tua kami yang selalu setia mendoakan kami dan memberikan dorongan dan motivasi baik moril maupun materil.
2. Bapak Prof. Dr. Jamal., S.T., M.T. sebagai Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Bapak Ahmad Rizal Sultan, S.T., M.T., Ph.D. sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro.
4. Bapak Muh. Chaerur Rijal, S.T., M.T. sebagai Ketua Program Studi Teknik Elektronika Politeknik Negeri Ujung Pandang.
5. Ibu Ir. Kifaya, M.T. sebagai pembimbing I dan Ibu Nur Aminah, S.T., M.T. sebagai pembimbing II yang telah mencurahkan waktu dan kesempatannya untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

6. Ibu Reski Praminasari, S.T., M.T. selaku Wali Kelas 3B D3 Teknik Elektronika.
7. Bapak/Ibu Dosen Teknik Elektronika Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah membekali ilmu kepada penulis selama mengikuti proses perkuliahan.
8. Teman-teman kelas 3B Teknik Elektronika angkatan 2022 yang telah membantu dalam penyelesaian laporan tugas akhir.
9. Semua pihak yang terkait dalam penulisan laporan tugas akhir.
10. Semua pihak yang terkait dalam penulisan laporan tugas akhir.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih kurang sempurna, sehingga kami mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga tulisan ini bermanfaat.

Makassar, 26 Agustus 2025

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN PENERIMAAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
SURAT PERNYATAAN	xii
RINGKASAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Ruang Lingkup Kegiatan.....	4
1.4 Tujuan Kegiatan.....	4
1.5 Manfaat Kegiatan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Studi Literatur	6
2.2 NodeMCU ESP32.....	9
2.3 Sensor DHT22	11

2.4	Relay 2 Channel.....	13
2.5	Liquid Crystal Display (LCD) 12C 16x2	15
2.6	Module 12C	16
2.7	Step Down LM2596	18
BAB III METODE KEGIATAN		20
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	20
3.2	Alat dan Bahan.....	20
3.3	Prosedur/Langkah Kerja	22
3.4	Studi Literatur	23
3.5	Identifikasi Masalah.....	23
3.6	Perancangan.....	23
3.7	Perancangan Sistem Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	24
3.8	Perancangan Mekanik Alat.....	26
3.9	Perancangan Sistem Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	29
BAB IV HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN Error! Bookmark not defined.		
4.1	Hasil	
Error! Bookmark not defined.		
4.1.1	Hasil Pemasangan dan Perakitan Sistem Elektronik	Error!
Bookmark not defined.		
4.1.2	Hasil Perakitan Mekanik Alat.....	Error! Bookmark not defined.

4.2	Pengujian Sensor dan Alat.....	Error! Bookmark not defined.
4.2.1	Kalibrasi dan Pengujian Sensor DHT22.....	Error! Bookmark not defined.
4.2.2	Pengujian Alat	Error! Bookmark not defined.
4.3	Pengujian Hasil Fermentasi Tempe ..	Error! Bookmark not defined.
4.3.1	Proses Persiapan	Error! Bookmark not defined.
4.3.2	Proses Fermentasi Tempe	Error! Bookmark not defined.
4.3.3	Hasil Fermentasi Dengan Suhu Setpoint 32°C - 33°C	Error! Bookmark not defined.
4.3.4	Hasil Fermentasi Dengan Suhu Setpoint 34°C - 35°C	Error! Bookmark not defined.
4.3.5	Hasil Fermentasi Dengan Suhu Setpoint 36°C - 37°C	Error! Bookmark not defined.
4.3.6	Hasil Fermentasi Secara Konvensional	Error! Bookmark not defined.
4.3.7	Hasil Pengujian Keseluruhan Suhu ..	Error! Bookmark not defined.
4.3.8	Spesifikasi Alat	Error! Bookmark not defined.
BAB V PENUTUP.....		31
5.1	Kesimpulan	31
5.2	Saran	32
DAFTAR PUSTAKA		33

LAMPIRAN..... 35



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi NodeMCU ESP32 10

Tabel 2. 2 Spesifikasi Sensor DHT22 12

Tabel 2. 3 Spesifikasi LCD 16x2 15

Tabel 2. 4 spesifikasi module 12C 17

Tabel 2. 5 Step Down LM2596..... 18

Tabel 3. 1 Daftar Alat dan Bahan..... 20

Tabel 4. 1 Tabel Hasil Kalibrasi Sensor DHT22 ...**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Keseluruhan Fermentasi Tempe **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 3 Hasil Pengamatan Perbandingan Inkubator & Konvensional..... **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 4 Hasil Pengamatan Perbandingan Setpoint Suhu . **Error! Bookmark not defined.**



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 ESP32.....	9
Gambar 2. 2 Konfigurasi Pin ESP32.....	11
Gambar 2. 3 Modul Sensor DHT22.....	12
Gambar 2. 4 Konfigurasi Pin Sensor DHT22	13
Gambar 2. 5 Relay 2 Channel	14
Gambar 2. 6 Skematik Relay	14
Gambar 2. 7 LCD 16x2.....	15
Gambar 2. 8 Module 12C.....	17
Gambar 2. 9 Step Down LM2596.....	18
Gambar 3. 1 Diagram Blok Langkah Kerja	22

Gambar 3. 2 Blok Diagram	24
Gambar 3. 3 Wiring Diagram.....	25
Gambar 3. 4 Skematik Sistem.....	26
Gambar 3. 5 Perancangan Mekanik Alat	28
Gambar 3. 6 Flowchart Sistem.....	29
Gambar 4. 1 Pemasangan dan Perakitan Sistem Elektronik Error! Bookmark not defined.	
Gambar 4. 2 Hasil Perakitan Mekanik Alat	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 3 Tampilan Dalam Inkubator	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 4 Tampilan Atas Inkubator.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 5 Tampilan Belakang Inkubator.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 6 Pengujian Alat	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 7 Proses Fermentasi.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 8 Suhu 32°C - 33°C Pukul 23.00 WITA	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 9 Suhu 32°C - 33°C Pukul 13.00 WITA	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 10 Suhu 32°C - 33°C Pukul 03.00 WITA	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 11 Suhu 34°C - 35°C Pukul 20.00 WITA	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 12 Suhu 34°C - 35°C Pukul 12.00 WITA	Error! Bookmark not defined.

Gambar 4. 13 Suhu 34°C - 35°C Pukul 19.00 WITA **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 14 Suhu 36°C - 37°C Pukul 22.00 WITA **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 15 Suhu 36°C - 37°C Pukul 11.00 WITA **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 16 Suhu 36°C - 37°C Pukul 23.00 WITA **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 17 Fermentasi Konvensional Hari Pertama..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 18 Fermentasi Konvensional Hari Kedua **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 19 Fermentasi Konvensional Hari Ketiga **Error! Bookmark not defined.**



SURAT PERNYATAAN

Kami yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Naufal Hidayat / Muh. Raihan Ramadhan

NIM : 323 22 030 / 323 22 038

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam Laporan Tugas Akhir ini, yang berjudul “Rancang Bangun Prototype Ruang Fermentasi Tempe Secara Otomatis” merupakan gagasan, hasil karya kami sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka Laporan Tugas Akhir ini.

Jika pernyataan kami tersebut di atas tidak benar, kami siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.



Naufal Hidayat

323 22 030



Makassar, 26 Agustus 2025

Muh. Raihan Ramadhan

323 22 038

RANCANG BANGUN PROTOTYPE RUANG FERMENTASI TEMPE

SECARA OTOMATIS

RINGKASAN

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring suhu fermentasi tempe berbasis mikrokontroler NodeMCU ESP32. Sistem dilengkapi sensor DHT22 sebagai pengukur suhu, lampu pijar sebagai elemen pemanas, serta exhaust fan untuk sirkulasi udara. Informasi suhu ditampilkan melalui LCD I2C 16x2 guna memudahkan pemantauan. Pengujian dilakukan pada tiga rentang suhu inkubasi, yaitu 32°C–33°C, 34°C–35°C, dan 36°C–37°C, untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap durasi fermentasi, dan mutu tempe. Hasil menunjukkan bahwa suhu 34°C–35°C merupakan kondisi optimal, menghasilkan tempe dengan tekstur padat, miselium merata, dan aroma khas dalam waktu 23 jam. Suhu 32°C–33°C memerlukan waktu 28 jam menghasilkan mutu baik namun membutuhkan waktu fermentasi lebih lama, sedangkan suhu 36°C–37°C memerlukan 25 jam tanpa peningkatan mutu yang signifikan.

Kata Kunci: Fermentasi tempe, inkubator otomatis, NodeMCU ESP32, DHT22, suhu optimal, miselium, mutu tempe.



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan industri pangan di Indonesia menunjukkan perkembangan yang cukup pesat, ditandai dengan semakin beragamnya produk makanan yang tersedia di pasaran. Produk-produk tersebut tidak hanya berfungsi sebagai sumber energi, tetapi juga memiliki nilai gizi yang penting bagi kesehatan masyarakat. Salah satu produk makanan tradisional yang memiliki kandungan gizi tinggi dan telah lama dikenal oleh masyarakat Indonesia adalah tempe.

Fermentasi adalah proses biokimia di mana mikroorganisme (seperti kapang, ragi, atau bakteri) menguraikan senyawa organik, terutama karbohidrat, menjadi produk lain dengan memanfaatkan enzim yang mereka hasilkan. Tempe merupakan makanan hasil fermentasi yang dibuat dari kacang kedelai dan kapang tempe (biasanya *Rhizopus oligosporus*). Makanan ini memiliki banyak keunggulan, seperti kandungan protein nabatinya yang tinggi, kaya akan serat, vitamin B kompleks, serta senyawa antioksidan. Bahkan, beberapa penelitian menunjukkan bahwa kandungan gizi tempe hampir sebanding dengan daging, sehingga tempe sering dijadikan alternatif sumber protein yang murah dan bergizi, terutama bagi masyarakat menengah ke bawah.

Namun di balik popularitas dan manfaatnya, proses pembuatan tempe masih menghadapi berbagai tantangan, terutama yang berkaitan dengan keberhasilan fermentasi. Proses fermentasi sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor eksternal

seperti kualitas bahan baku (kedelai), mikroorganismenya (kapang), dan kondisi lingkungan (suhu, kelembaban, dan oksigen). Salah satu faktor yang paling krusial dalam fermentasi tempe adalah suhu. Suhu yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat menyebabkan pertumbuhan kapang tidak optimal, sehingga berakibat pada gagalnya proses fermentasi. Akibatnya, tempe menjadi busuk, berwarna kehitaman, berbau tidak sedap, atau tidak matang secara merata. Hal ini tentu sangat merugikan produsen, terutama pengrajin tempe skala kecil.

Saat ini, sebagian besar pengrajin tempe di Indonesia masih menggunakan metode tradisional dalam melakukan proses fermentasi. Pada kondisi cuaca dingin, mereka biasanya hanya menutupi tempe dengan kain atau bahan lainnya untuk menjaga suhu tetap hangat. Meskipun cara ini telah digunakan secara turun-temurun, metode ini bersifat manual dan tidak memberikan data suhu yang akurat. Produsen tempe tidak dapat mengetahui suhu aktual yang terjadi di dalam ruang fermentasi, sehingga sulit untuk melakukan kontrol suhu yang tepat. Ketidaktepatan suhu ini dapat menyebabkan fermentasi berjalan tidak optimal, dan pada akhirnya menurunkan kualitas tempe yang dihasilkan.

Dengan kemajuan teknologi saat ini, permasalahan tersebut dapat diatasi melalui pemanfaatan sistem otomatisasi dan pemantauan suhu secara terus-menerus. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah merancang prototipe ruang fermentasi tempe otomatis yang mampu mengontrol suhu secara stabil dan sesuai kebutuhan kapang tempe selama proses fermentasi berlangsung. Melalui sistem ini, suhu di dalam ruang inkubasi dapat dipantau dan dikendalikan secara otomatis dengan menggunakan perangkat mikrokontroler dan sensor.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring suhu fermentasi tempe berbasis mikrokontroler NodeMCU ESP32, yang dilengkapi dengan sensor DHT22 untuk mengukur suhu, lampu pijar sebagai pemanas ruangan, serta exhaust fan untuk sirkulasi udara. Dengan sistem ini, suhu fermentasi dapat dijaga tetap dalam kisaran optimal, sehingga proses fermentasi berlangsung dengan baik dan menghasilkan tempe berkualitas tinggi. Selain itu, informasi suhu ditampilkan pada layar LCD I2C 16x2, sehingga memudahkan pengguna dalam memantau kondisi ruang fermentasi.

Diharapkan, dengan adanya alat ini, pengrajin tempe dapat meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi risiko kegagalan fermentasi. Inovasi ini juga dapat menjadi langkah awal dalam modernisasi proses produksi tempe di Indonesia, tanpa menghilangkan nilai tradisional yang telah melekat kuat pada makanan ini.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang akan diselesaikan dengan laporan tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem otomatisasi ruang fermentasi tempe yang mampu memantau dan mengatur suhu agar proses fermentasi berjalan dengan baik?
2. Berapa lama waktu yang diperlukan untuk memperoleh tempe hasil proses fermentasi?

1.3 Ruang Lingkup Kegiatan

Adapun ruang lingkup batasan masalah pada penelitian ini yang ditujukan agar lebih terarah dan tidak keluar dari pokok permasalahan, yaitu:

1. Ruang fermentasi tempe pada penelitian ini dirancang dalam bentuk inkubator, dengan menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32 sebagai unit kendali utama dan sensor DHT22 sebagai alat untuk memantau suhu.
2. Lampu pijar digunakan sebagai elemen pemanas, karena dapat menghasilkan panas yang dibutuhkan untuk menjaga suhu ruang fermentasi tetap optimal.
3. Exhaust fan berfungsi untuk menurunkan suhu ruang inkubator, dengan menyirkulasikan udara panas yang dihasilkan oleh lampu pijar, sehingga suhu tetap stabil sesuai kebutuhan proses fermentasi.

1.4 Tujuan Kegiatan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun sistem otomatisasi ruang fermentasi tempe yang dapat memantau dan mengatur suhu secara otomatis untuk mendukung kelancaran proses fermentasi.
2. Menentukan lama waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan tempe yang siap konsumsi berdasarkan hasil fermentasi pada suhu terkontrol.

1.5 Manfaat Kegiatan

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi mahasiswa, dapat mengimplementasikan mikrokontroler pada inkubator fermentasi tempe.
2. Bagi Politeknik Negeri Ujung Pandang dapat dijadikan bahan referensi untuk penelitian selanjutnya.
3. Bagi Masyarakat, dapat memberikan kemudahan dalam menentukan suhu normal yang ingin dihasilkan dalam suatu ruangan tertentu.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Melakukan sebuah usaha bukan suatu hal mudah dalam menjalankan bisnis yang penuh tantangan, baik dalam hal kerugian akan modal usaha dan baik itu tentang kerusakan dalam barang yang dibuat seperti pada usaha pembuatan tempe. Tempe adalah makanan pokok yang berasal dari Indonesia yang merupakan makanan atau olahan yang dibuat dengan cara proses fermentasi atau penjamuran, tempe sendiri banyak dikonsumsi oleh sebagian masyarakat dikarenakan penuh dengan kandungan protein dan nutrisi, tempe juga baik untuk masa perkembangan bagi manusia. Dalam tahap proses pembuatan tempe dengan cara tradisional banyak mengalami sebuah kendala pada saat proses fermentasi kedelai menjadi tempe yang disebabkan oleh faktor cuaca, suhu yang terganggu, dan dapat menyebabkan produksi tempe sering mengalami penurunan yang di mana dengan cara tradisional sebagai pengatur suhu pada fermentasi tempe hanya mengandalkan sebuah kain tebal sebagai penghangat pada fermentasi tersebut oleh sebab itu produksi tempe sering terganggu yang di mana pada menjalankan usaha ini terdapat satu permasalahan yang sering dihadapi oleh pembuatan tempe.

Sebagai contohnya adalah pengusaha tempe yang bernama Toto di Kecamatan Seberang Ulu 2 yaitu sering kesulitan dalam melakukan pembuatan tempe yang dihasilkan tidak maksimal dikarenakan faktor cuaca dan pengontrolan suhu hanya mengandalkan kain tebal sebagai media penghangat dan mengakibatkan

produksi tempe berkurang. Permasalahan mengenai hal tersebut adalah pada saat proses fermentasi tempe ini sangat penting menjaga temperatur suhu dan kelembaban yang terganggu. Di mana hasil fermentasi tempe sering gagal dalam hal tersebut sangat disayangkan mengingat harga bahan baku tempe yaitu kacang kedelai yang harganya mengalami kenaikan (Arief Setiawan, 2024).

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Riko Putra Yunas, 2020) dengan judul “Sistem Kendali Suhu dan Kelembapan Pada Fermentasi Tempe”. Dari hasil penelitian tersebut penggunaan Arduino memiliki kelemahan yang di mana seperti harus memiliki komponen tambahan dan tidak bisa terkoneksi ke wifi.

Penelitian selanjutnya juga dilakukan oleh (Mujib Hidayah, 2020) dengan judul “ Automatic Room Temperature Regulator For Making Tempe For Based On Arduino With Fuzzy Logic Method. Dari hasil penelitian yang dilakukan pengatur suhu ruangan otomatis untuk pembuatan tempe berbasis Arduino dengan metode logika fuzzy ini, dengan tingkat keberhasilan precision 65% akan tetapi memiliki kelemahan dikarenakan sifat logika fuzzy yang tidak tepat dikarenakan sistem dirancang untuk data dan input yang tidak akurat, maka sistem metode ini harus diuji dan divalidasi untuk mencegah hasil yang tidak akurat.

Menurut (Riski Sinta Sari, 2021) dalam penelitian ini membahas bagaimana menjaga suhu dan kelembaban secara otomatis dengan menggunakan mikrokontroler ESP8266 yang mengontrol sensor suhu dan kelembaban menggunakan DHT11. Pada saat suhu di bawah 35°C sistem akan melakukan

tindakan otomatis berupa lampu menyala. Saat suhu di atas 35°C sistem akan melakukan tindakan otomatis fan menyala hingga suhu kembali normal. Keluaran dari sistem ini ditampilkan pada thingspeak dan dapat dilihat melalui thingsview yang bisa diakses melalui smartphone dengan memanfaatkan fitur wireless yang terdapat pada ESP8266. Pada fermentasi tempe gembus sangat di pengaruhi oleh suhu dan kelembaban ruang fermentasi.

Dalam penelitian (Anjani Diah Attaqiroh, 2023), perancangan PID dilakukan dengan tuning Ziegler-Nichols 1 atau metode kurva reaksi dengan mencari nilai dari L (waktu tunda) dan T (konstanta waktu tunda) berdasarkan hasil rekaman output. Adapun nilai L yang diperoleh yaitu sebesar 3 detik dan T sebesar 83 detik yang kemudian dimasukkan ke dalam rumus berdasarkan aturan tuning Ziegler-Nichols 1 untuk mencari nilai dari parameter PID. Adapun diperoleh nilai K_p 33,19, K_i 5,53, dan K_d 49,78. Berdasarkan nilai PID tersebut, PID mampu mengendalikan dan mempertahankan suhu pada ruang inkubator sesuai dengan setpoint yaitu 36°C yang dibuktikan pada karakteristik respons sistem diperoleh error steady state sebesar 0,2%.

Dalam penelitian (Budi Darmawan, 2022), alat optimasi fermentasi tempe ini bekerja pada suhu antara 30°C - 37°C . Alat ini menggunakan sensor DHT22 sebagai pendeteksi suhu dan kelembaban. Alat ini bekerja berdasarkan kontrol mikrokontroler arduino UNO menggunakan logika fuzzy. Jika suhu dalam ruang fermentasi lebih rendah dari nilai setting point maka lampu akan menyala, bila suhu lebih tinggi maka lampu akan mati, agar suhu yang diinginkan dapat tercapai.

2.2 NodeMCU ESP32

Mikrokontroler ESP32 dibuat oleh perusahaan bernama Espressif Systems. Salah satu kelebihan yang dimiliki oleh ESP32 yaitu sudah terdapat *Wi-Fi* dan *Bluetooth* di dalamnya, sehingga akan sangat memudahkan ketika kita belajar membuat sistem *IoT* yang memerlukan koneksi *wireless*. Mikrokontroler ESP32 memiliki keunggulan yaitu sistem berbiaya rendah, dan juga berdaya rendah dengan modul *Wi-Fi* yang terintegrasi dengan chip mikrokontroler serta memiliki *bluetooth* dengan mode ganda dan fitur hemat daya menjadikannya lebih fleksibel.

ESP32 adalah mikrokontroler yang dikenalkan oleh Espressif System merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266. Pada mikrokontroler ini sudah tersedia modul *Wi-Fi* dalam chip sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi *IoT*. ESP32 sendiri tidak jauh berbeda dengan ESP8266 yang familiar di pasaran, hanya saja ESP32 lebih kompleks dibandingkan ESP8266, cocok untuk dengan proyek yang besar.

Untuk gambar fisik ESP32 dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 ESP32

Untuk spesifikasi NodeMCU ESP32 dapat dilihat pada Tabel 2.1.

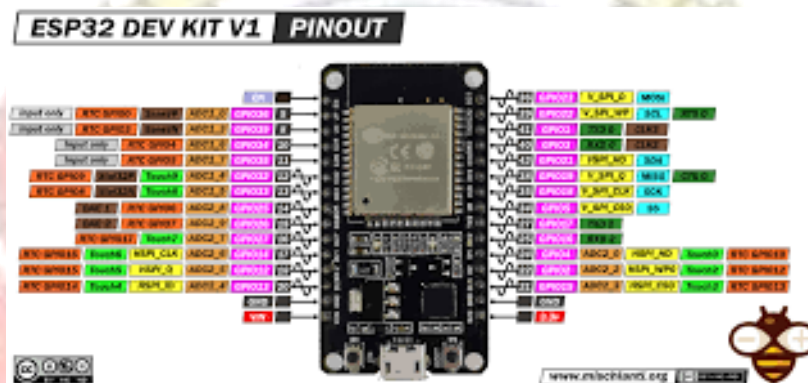
Tabel 2. 1 Spesifikasi NodeMCU ESP32

No	Nama	Spesifikasi
1.	CPU	Tensilica Xtensa LX6 32bit Dual-Core di 160/240MHz
2.	SRAM	520 KB
3.	FLASH	2 MB (max. 64MB)
4.	Tegangan	2.2V sampai 3.6V
5.	Arus Kerja	80mA
6.	Wi-fi	802.11 b/g/n
7.	Bluetooth	4.2BR/EDR + BLE
8.	UART	3
9.	GPIO	32
10.	SPI	4
11.	I2C	2
12.	PWM	8
13.	ADC	18 (12-bit)
14.	DAC	2 (8-bit)

Sumber: <https://raharja.ac.id/2021/11/16/mikrokontroler-esp32-2/>

ESP32 memiliki konfigurasi pin yang beragam untuk mendukung berbagai fungsi dalam pengembangan proyek elektronika. Fitur-fitur pada ESP32 diantaranya 18 Analog to Converter (ADC) channels, 3SPI interfaces, 3 UART interface, 2 I2C interface, 16 PWM output channel, 2 Digital to Analog Converter (DAC), 10 Capacitive sensing GPIO.

Untuk konfigurasi pin dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Konfigurasi Pin ESP32

Sumber:<https://zenhadi.lecturer.pens.ac.id/kuliah/InternetOfThings/Praktek/Praktek%20Modul%201%20Pengenalan%20ESP32.pdf>

2.3 Sensor DHT22

Sensor DHT22 merupakan sensor digital yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara. Sensor DHT22 memiliki tingkat stabilitas dan keandalan tinggi dalam jangka panjang. Sensor DHT22 menggunakan sensor kelembaban bersifat resistif dan sensor suhu berbasis NTC yang terhubung pada

mikrokontroler 8 bit. Sehingga sensor DHT22 memiliki kualitas yang sangat baik, kemampuan anti-gangguan, respon yang cepat serta biaya yang terjangkau.

Untuk gambar fisik sensor DHT22 dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Modul Sensor DHT22

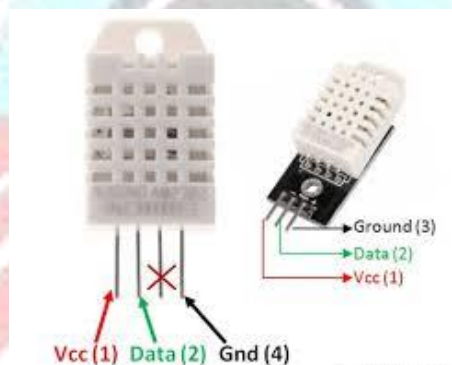
Sumber: https://eprints.utdi.ac.id/9708/3/3_193310026_BAB_II%20-%20OKTA%20VIANA%20WIDYA%20NINGSIH.pdf

Untuk spesifikasi sensor DHT22 dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Spesifikasi Sensor DHT22

No	Nama	Spesifikasi
1.	Tegangan Input	3,3 – 6 VDC
2.	Sistem Komunikasi	Serial (Single – Wire Two way)
3.	Range Suhu	-40 ⁰ C – 80 ⁰ C
4.	Range Kelembaban	0% – 100% RH
5.	Akurasi	±2 ⁰ C (temperature) ±5% RH (humidity)

Untuk urusan pin, sensor suhu dan kelembaban DHT22 terdiri dari 4 pin, tetapi yang dipakai hanya 3 pin saja. Pin pertama, VCC (Power), berfungsi sebagai sumber daya untuk sensor dan biasanya dihubungkan ke pin positif daya pada mikrokontroler. Pin kedua, Data Out, digunakan untuk mengirimkan data suhu dan kelembaban dari sensor ke mikrokontroler dan umumnya dihubungkan ke pin input digital pada mikrokontroler. Pin ketiga, Not Connected (NC), tidak memiliki koneksi dan tidak digunakan dalam konfigurasi standar. Terakhir, pin keempat adalah Ground (GND) yang berfungsi sebagai pin ground pada mikrokontroler. Untuk konfigurasi pin dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Konfigurasi Pin Sensor DHT22

Sumber: <https://www.ardutech.com/sensor-suhu-kelembaban-dht22-dan-arduino/>

2.4 Relay 2 Channel

Relay adalah perangkat elektronika yang digunakan untuk mengontrol atau mengalihkan arus listrik dalam suatu rangkaian elektronika. Relay berfungsi sebagai saklar elektrik yang dioperasikan secara otomatis oleh sinyal listrik atau

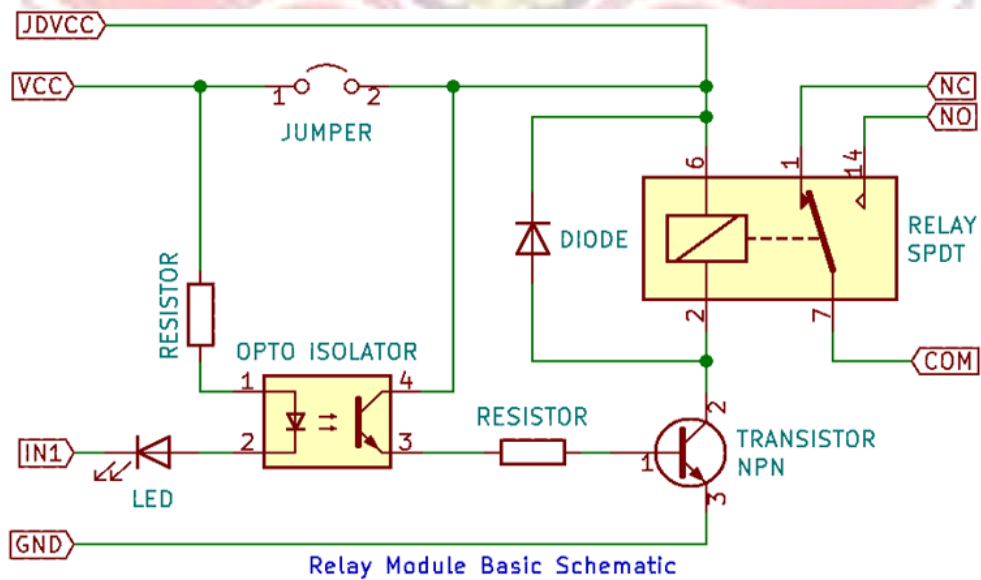
magnetik, memungkinkan arus listrik mengalir atau terputus sesuai dengan keadaan relay.

Untuk gambar fisik Relay 2 Channel dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Relay 2 Channel

Untuk Skematik Relay dapat dilihat pada Tabel 2.6.



Gambar 2. 6 Skematik Relay

Sumber: <https://components101.com/switches/5v-dual-channel-relay-module-pinout-features-applications-working-datasheet>

2.5 Liquid Crystal Display (LCD) 12C 16x2

Liquid Crystal Display (LCD) adalah salah satu jenis *display* elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap front-lit atau mentransmisikan cahaya dari back-lit. LCD berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik.

Untuk gambar fisik LCD 16x2 dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 7 LCD 16x2

Untuk spesifikasi LCD 16x2 dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Spesifikasi LCD 16x2

No	Nama	Spesifikasi
1.	Tampilan	2 Baris 16 Karakter, 5 x 8 Pixel
2.	Display Controller	HD44780 (standar industri LCD) Dilengkapi lampu latar warna biru/hijau/kuning

		Sudut pandang lebar dengan tingkat kontras yang dapat diatur dan terlihat jelas
3.	Tegangan Kerja	5V DC
4.	Dimensi Modul	80 x 36 x 12 mm
5.	Dimensi LayarTampilan	64,5 mm x 16 mm

Sumber: <https://cncstorebandunggo.blogspot.com/2019/08/lcd-character-16x2160216x021602a.html>

2.6 Module I2C

Module I2C adalah standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang didesain khusus untuk mengirim maupun menerima data. Sistem I2C terdiri dari saluran SCL (*Serial Clock*) dan SDA (*Serial Data*) yang membawa informasi data antara I2C dengan pengontrolnya. Piranti yang dihubungkan dengan sistem I2C Bus dapat dioperasikan sebagai *Master* dan *Slave*. *Master* adalah piranti yang memulai transfer data pada I2C Bus dengan membentuk sinyal *Start*, mengakhiri *transfer* data dengan membentuk sinyal *Stop*, dan membangkitkan sinyal *clock*. *Slave* adalah piranti yang dialamati master.

Untuk gambar fisik module I2C dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Module I2C

Sumber: https://eprints.utdi.ac.id/8946/3/3_173310020_BAB_II.pdf

Untuk spesifikasi module I2C dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 4 spesifikasi module I2C

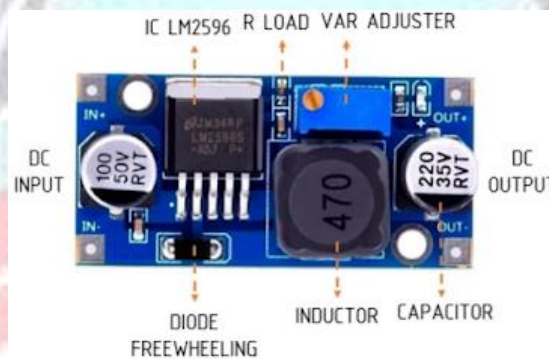
No	Nama	Spesifikasi
1.	Tegangan Kerja	+5V Mendukung protokol I2C, coding lebih singkat Dilengkapi Trimpot pengatur lampu dan kontras layar Hanya 4 pin utk pengendalian (SDA, SCL, VCC dan GND)
2.	Alamat Perangkat	0x20
3.	Ukuran	41.5x19x15.3mm

Sumber: <https://elmechtechnology.com/store/view/detail/modul-i2c-lcd-arduino>

2.7 Step Down LM2596

Modul Step Down LM2596 adalah modul penurun tegangan yang outputnya dapat diatur melalui multiturun potensiometer. Keunggulan modul step down LM2596 adalah besar tegangan output tidak berubah (stabil) walaupun tegangan input naik turun. Step Down merupakan alat yang berfungsi menurunkan daya DC dari 12V menjadi 5V 3A. Alat ini sangat berguna bila Anda memiliki adaptor daya yang memiliki output lebih besar dari yang dibutuhkan perangkat penerima.

Untuk gambar fisik Step Down LM2596 dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Step Down LM2596

Sumber: <https://electronicsbot.blogspot.com/2022/12/mengenal-modul-step-down-lm2596-fungsi.html>

Untuk spesifikasi Step Down LM2596 dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Step Down LM2596

No	Nama	Spesifikasi
1.	Jenis Tegangan	DC ke DC
2.	Tegangan Input	3.2 - 40 V

3.	Tegangan Output	1.25 - 35 V
4.	Arus Keluaran Maksimum	3A
5.	Frekuensi	65 kHz

Sumber: <https://electronicsbot.blogspot.com/2022/12/mengenal-modul-step-down-lm2596-fungsi.html>



BAB III METODE KEGIATAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Perancangan ini dilakukan di Tamalanrea, Kec. Tamalenrea, Kota Makassar, Pondok Asri 116 dan waktu perancangan dilaksanakan mulai Februari 2025 sampai dengan Agustus 2025.

3.2 Alat dan Bahan

Pada metode perancangan dan pembuatan ini diperlukan alat dan bahan untuk merakit alat sehingga tercipta sesuai dengan apa yang diinginkan, adapun alat dan bahan yang digunakan diperlihatkan pada Tabel 3.1.

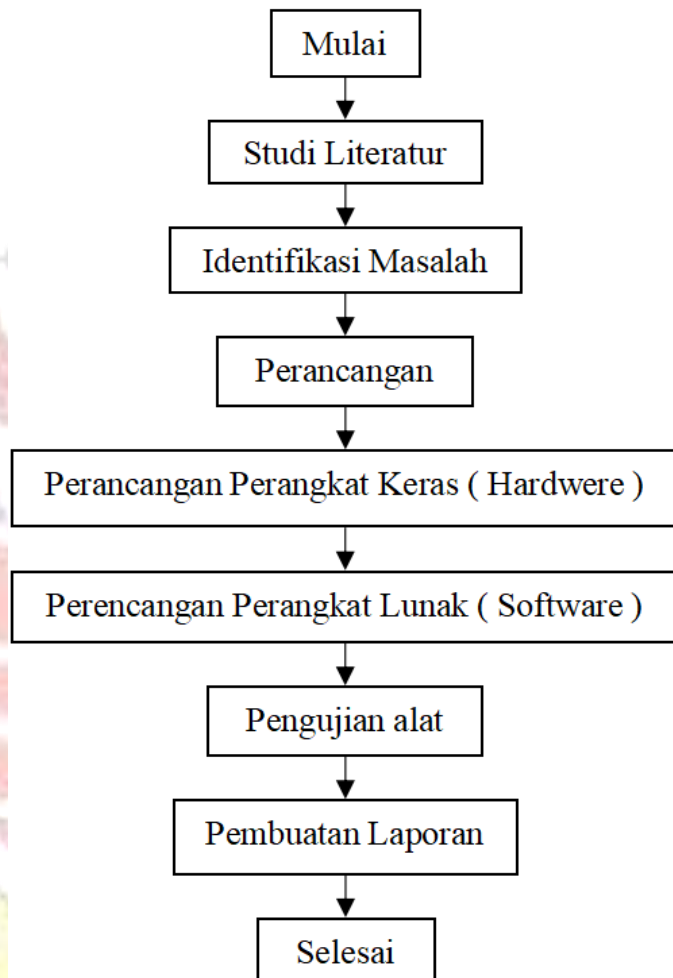
Tabel 3. 1 Daftar Alat dan Bahan

No	Nama	Spesifikasi
1.	Laptop	1 Buah
2.	Solder	1 Buah
3.	NodeMCU ESP32	1 Buah
4.	Sensor DHT22	1 Buah
5.	Relay 2 Channel	1 Buah

6.	LCD 12C 16x2	1 Buah
7.	Tang Kombinasi	1 Buah
8.	Fitting Lampu	1 Buah
9.	Bor Listrik	1 Buah
10.	Konektor DC 12V	1 Buah
11.	Exhaust fan DC 12V	1 Buah
12.	Lampu pijar 25 Watt	1 Buah
13.	Adaptor 12V 1A	1 Buah
14.	Black Box	1 Buah
15.	Thermometer Digital	1 Buah
16.	Gerinda	1 Buah
17.	Double Tip	1 Buah
18.	Baut Spacer 2 cm	8 Buah
19.	Kabel Listrik	2 Meter
20.	Kabel Jumper	Secukupnya

3.3 Prosedur/Langkah Kerja

Untuk memperoleh suatu alat yang baik, maka dibutuhkan langkah-langkah sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Diagram Blok Langkah Kerja

3.4 Studi Literatur

Dalam proses perancangan alat ini, langkah pertama yang akan dilakukan adalah mencari sebanyak mungkin data serta informasi yang sesuai dengan alat yang akan dibuat melalui media.

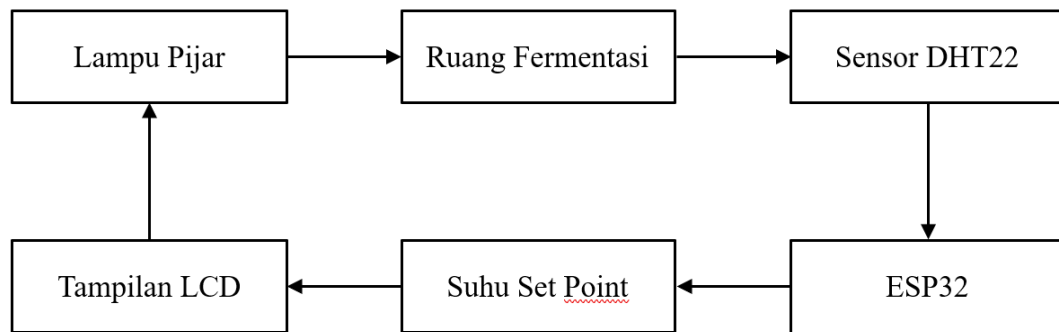
3.5 Identifikasi Masalah

Dalam pembuatan proyek tugas akhir ini tentunya terdapat masalah-masalah yang timbul. Berikut ini merupakan kemungkinan masalah yang kami hadapi dalam proses perancangan dan pembuatan alat ini adalah sebagai berikut:

1. Perancangan dan pembuatan alat
2. Pembuatan program
3. Pengujian alat

3.6 Perancangan

Dalam Rancang Bangun Prototype Ruang Fermentasi Tempe Secara Otomatis, perangkat keras yang digunakan dalam pembuatan sistem ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 2 Blok Diagram

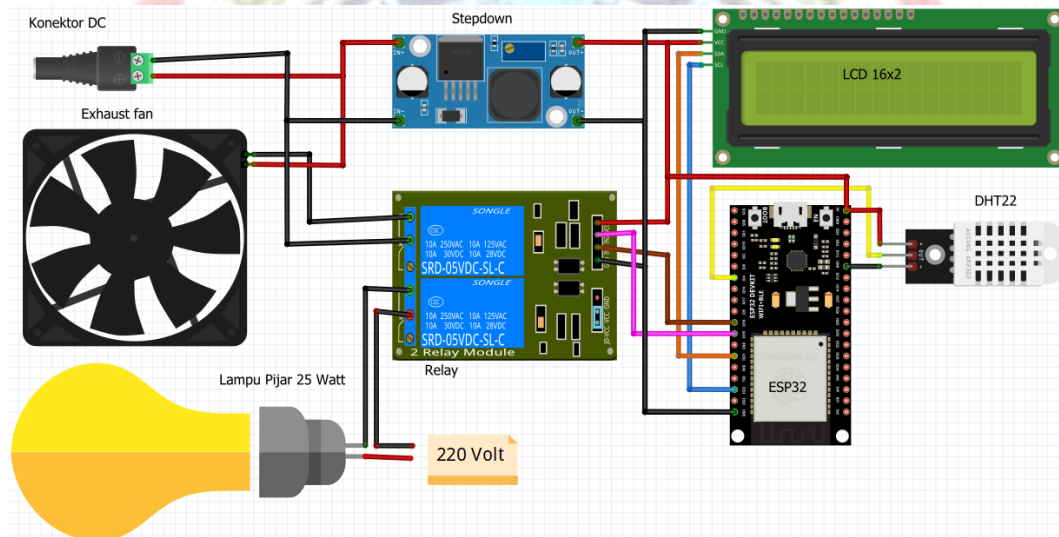
Pada perancangan ini, terdapat dua jenis perancangan yang dilakukan yaitu perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*), untuk memudahkan penulis mengetahui sistem kerja secara keseluruhan dapat dilihat pada blok diagram rangkaian pada Gambar 3.2.

3.7 Perancangan Sistem Perangkat Keras (*Hardware*)

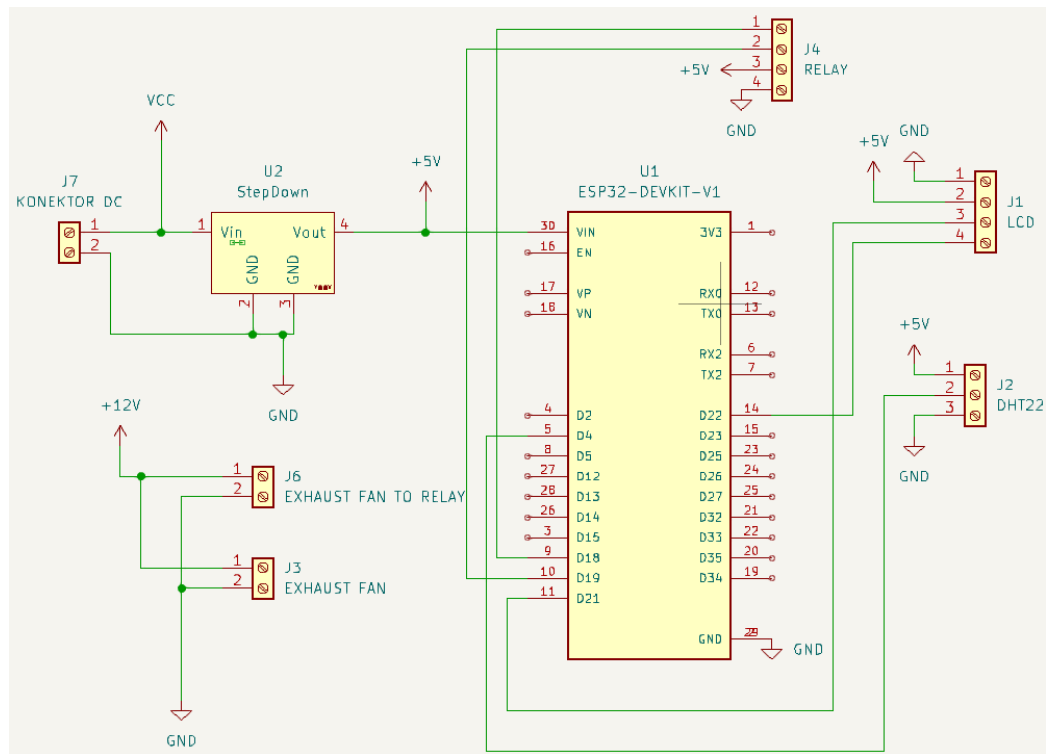
Dalam membuat Rancang Bangun Prototype Ruang Fermentasi Tempe Secara Otomatis, perangkat keras yang kami gunakan yaitu sebagai berikut:

1. ESP32 (NodeMCU) berfungsi sebagai mikrokontroler utama yang mengatur seluruh proses kerja sistem, mulai dari pembacaan sensor hingga pengendalian aktuator.
2. Stepdown LM2596 berfungsi sebagai modul penurun tegangan yang mengubah tegangan input tinggi menjadi tegangan yang sesuai dengan kebutuhan komponen.

3. Sensor DHT22 berfungsi sebagai sensor suhu yang digunakan untuk memantau kondisi lingkungan di dalam ruang fermentasi tempe.
4. LCD I2C 16x2 berfungsi sebagai media tampilan untuk menampilkan informasi suhu.
5. Relay 2 Channel berfungsi sebagai saklar elektronik yang menghubungkan atau memutus arus listrik ke perangkat.



Gambar 3. 3 Wiring Diagram



Gambar 3. 4 Skematik Sistem

3.8 Perancangan Mekanik Alat

Perancangan mekanik alat pada sistem pengendalian suhu fermentasi tempe berbasis NodeMCU ESP32 dan sensor DHT22 diawali dengan penentuan skema desain box sebagai tempat untuk pemasangan seluruh komponen elektronik. Box ini berfungsi sebagai wadah utama sekaligus sebagai pusat pengendalian suhu selama proses fermentasi tempe berlangsung. Seluruh komponen seperti mikrokontroler, sensor, modul step down, relay, dan LCD disusun secara sistematis di dalam box dengan mempertimbangkan keamanan, kemudahan perawatan, dan efisiensi ruang.

Tahap selanjutnya adalah perakitan komponen, yang bertujuan untuk menghubungkan semua bagian sistem agar dapat saling berkomunikasi dan bekerja secara terintegrasi. Perakitan dilakukan pada papan PCB yang kemudian dipasang secara kokoh di dalam box menggunakan baut agar tidak mudah bergeser. Komponen-komponen yang dirakit meliputi NodeMCU ESP32, sensor DHT22, relay 2 channel, step down LM2596, LCD I2C 16x2, lampu pijar, dan exhaust fan.

Setelah perakitan selesai, dilakukan proses pemrograman pada NodeMCU ESP32. Pemrograman ini berfungsi untuk mengatur sistem pengendalian suhu berdasarkan data yang dibaca dari sensor DHT22. Data suhu tersebut kemudian ditampilkan melalui layar LCD. NodeMCU akan memproses data suhu, membandingkannya dengan nilai setpoint yang telah ditentukan, dan memberikan perintah logika ke relay untuk mengaktifkan atau menonaktifkan aktuator (lampu pijar dan exhaust fan).

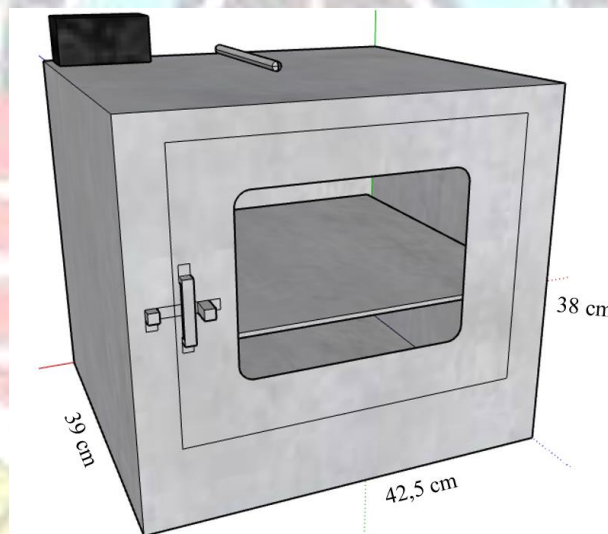
Sumber daya listrik yang digunakan dalam sistem ini berasal dari listrik PLN. Arus listrik 220V AC dialirkan melalui adaptor untuk diturunkan menjadi 12V DC, yang digunakan untuk menghidupkan exhaust fan. Selanjutnya, tegangan 12V DC diturunkan kembali menjadi 5V DC menggunakan modul step down LM2596 untuk menyuplai daya ke NodeMCU ESP32.

Pada sistem otomatisasi ruang fermentasi, nilai setpoint suhu terlebih dahulu ditentukan melalui program yang tertanam pada mikrokontroler NodeMCU. Setelah setpoint ditetapkan, sistem akan mengaktifkan relay untuk mengendalikan perangkat pemanas berupa lampu pijar serta exhaust fan yang berfungsi sebagai

sirkulator udara. Lampu pijar bekerja untuk meningkatkan suhu ruang fermentasi, sedangkan exhaust fan berperan dalam menjaga kestabilan suhu agar sesuai dengan kondisi yang telah ditentukan.

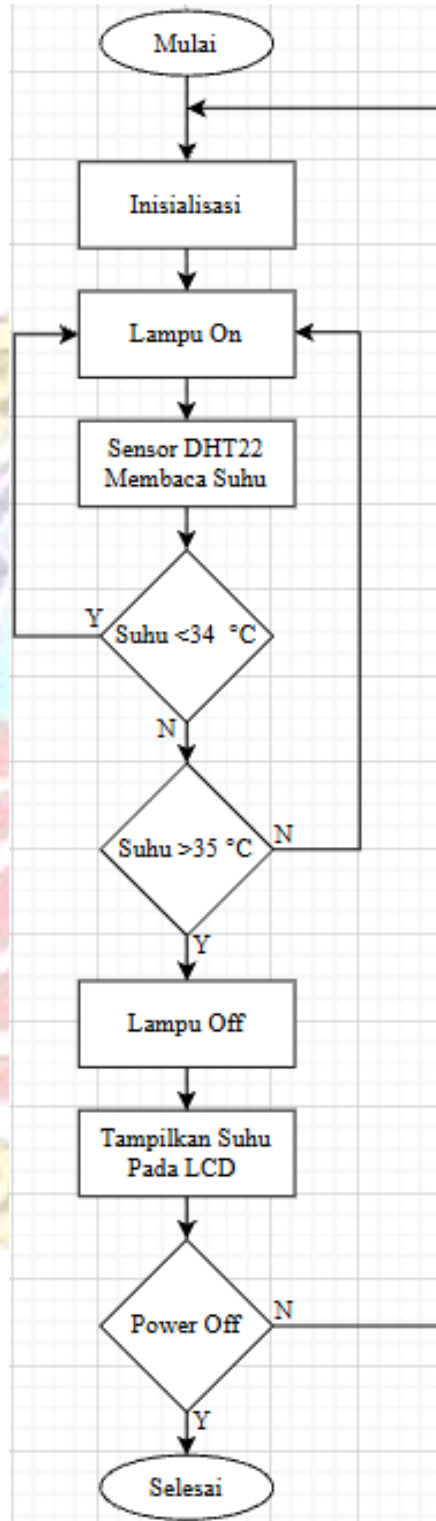
Selanjutnya, sensor DHT22 melakukan pendeteksian suhu secara berkelanjutan. Data hasil pembacaan sensor tersebut menjadi dasar bagi sistem dalam mengatur kinerja pemanas dan sirkulasi. Seluruh aktivitas pengendalian suhu dapat dipantau secara langsung melalui tampilan LCD, sehingga proses fermentasi dapat berlangsung dalam kondisi yang optimal.

Adapun perancangan mekanik alat dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Perancangan Mekanik Alat

3.9 Perancangan Sistem Perangkat Lunak (Software)



Gambar 3. 6 Flowchart Sistem

Proses kerja sistem diawali dengan menyalanya lampu pijar dan exhaust fan. Selanjutnya, sensor DHT22 melakukan pembacaan suhu di dalam ruang inkubator fermentasi. Apabila suhu di dalam inkubator belum mencapai setpoint 34°C, lampu pijar akan tetap menyala. Namun, ketika suhu melebihi setpoint 35°C, relay secara otomatis memutus arus listrik ke lampu pijar sehingga lampu pijar mati. Mekanisme ini bertujuan untuk menurunkan suhu di dalam inkubator serta menjaga kestabilan suhu sesuai kebutuhan fermentasi. Data hasil pembacaan sensor dikirimkan ke mikrokontroler NodeMCU ESP32 untuk diproses, kemudian ditampilkan pada layar LCD I2C 16x2 sehingga pengguna dapat memantau kondisi suhu secara langsung. Dengan sistem pengendalian otomatis ini, proses fermentasi tempe dapat berlangsung lebih baik, stabil, dan konsisten.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perancangan dan pengujian yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem otomatisasi ruang fermentasi tempe dirancang dengan menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler, lampu pijar sebagai elemen pemanas, serta exhaust fan sebagai pengatur sirkulasi udara. Sistem ini mampu memantau suhu sehingga proses fermentasi dapat berlangsung secara optimal sesuai dengan karakteristik suhu yang dibutuhkan. Sistem ini dapat dipantau melalui lcd dan input setpoint suhu dapat diatur melalui kipad
2. Waktu fermentasi dipengaruhi oleh suhu inkubasi. Pada suhu setpoint 32°C–33°C, proses fermentasi membutuhkan waktu selama 28 jam; pada suhu setpoint 34°C–35°C, fermentasi berlangsung selama 23 jam dan menghasilkan mutu terbaik; pada suhu setpoint 36°C–37°C, fermentasi memerlukan waktu 25 jam; sedangkan pada fermentasi konvensional, waktu yang dibutuhkan adalah sekitar tiga hari. Keberhasilan fermentasi juga dipengaruhi oleh faktor pendukung lainnya, seperti durasi perebusan kedelai serta ketepatan dalam penggunaan takaran ragi.

5.2 Saran

Untuk pengembangan alat selanjutnya, maka saran yang dapat diberikan sebagai berikut:

1. Kapasitas maksimum alat inkubator yang digunakan adalah sebanyak 20 bungkus. Untuk meningkatkan jumlah produksi, disarankan merancang oven inkubator yang lebih besar dengan tetap menjaga kestabilan suhu melalui sistem kontrol otomatis.
2. Menggunakan kedelai kuning dan ukuran tempe dipengaruhi oleh ukuran plastik, jumlah kedelai, dan takaran ragi. Disarankan agar ketiganya disesuaikan untuk memperoleh hasil fermentasi yang optimal.
3. Untuk menghindari kegagalan fermentasi, proses perebusan kedelai dilakukan selama sekitar 30 menit dan penakaran ragi perlu distandarkan. Kedelai harus cukup empuk dan ragi harus digunakan dengan takaran yang tepat agar fermentasi berlangsung baik dan menghasilkan tempe berkualitas.
4. Menggunakan lampu pijar 25 Watt sebagai pemanas untuk meningkatkan suhu ruang fermentasi, exhaust fan sebagai sirkulator udara untuk menjaga kestabilan suhu agar sesuai dengan kondisi yang telah ditentukan, dan sensor DHT22 sebagai pendeteksi suhu.
5. Diharapkan menggunakan *mist maker* untuk mengendalikan kelembaban suhu di dalam ruang fermentasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anjani Diah Attaqiroh, A. R. (2023). Sistem Pengendalian Suhu pada Inkubator Fermentasi Tempe dengan Metode Proportional Integral Derivative (PID) Secara Digital. *MITOR: Jurnal Teknik Elektro*, 1-9.
- Arief Setiawan, Y. A. (2024). Pengendali Suhu Fermentasi Tempe Berbasis NodeMCU dan Sensor DHT 22. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, 129-138.
- Budi Darmawan, B. D. (2022). RANCANG BANGUN ALAT PENGENDALI SUHU PADA FERMENTASI TEMPE BERBASIS MIKROKONTROLER. *Prosiding SAINTEK*, 1-6.
- Damayanti, P. (2023). SISTEM MONITORING SUHU DAN KELEMBABAN PADA INKUBATOR FERMENTASI TEMPE MENGGUNAKAN THINGER.IO. *Jurnal ELKON*, 1-10.
- Mujib Hidayah, E. P. (2020). Automatic Room Temperature Regulator for Making Tempe Based on Arduino with Fuzzy Logic Method. *Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 39-44.
- Riko Putra Yunas, A. B. (2020). Sistem Kendali Suhu dan Kelembaban pada Proses Fermentasi Tempe . *JURNAL TEKNIK ELEKTRO DAN VOKASIONAL*, 103-112.

Riski Sinta Sari, N. A. (2021). Temperature and Humidity Control System for Tempe Gembus Fermentation Process Based on Internet of Things. *Multidisciplinary Research*, 39-45.



LAMPIRAN

