

Rancang Bangun Alat Sistem Kontrol Otomatis Pada Proses Fermentasi Tempe Berbasis Mikrokontroler

I Wayan Bayu Adi Whedana^{1*}, Timur Dali Purwanto²

Fakultas Sains Teknologi, Universitas Bina Darma
Universitas Bina Darma, Indonesia

Article Info

Article history:

Received : September 23, 2023

Accepted : December 05, 2023

Published : May 31, 2024

Keywords:

Box inkubator
Fermentasi tempe
Mikrokontroler
Sensor DHT11
Sensor PH402C
Mist Maker

ABSTRACT

Tempe adalah salah satu jenis makanan hasil fermentasi yang terbuat dari kacang kedelai dengan kaya protein. Tempe dibuat dengan bahan utama yaitu biji kedelai serta beberapa bahan lain yang menunjang proses fermentasi seperti kapang. kapang *Rhizopus oligosporus* lebih populer dengan julukan jamur tempe tergabung dalam keluarga fungi *mucoraceae* dengan genus *Rhizopus*. Pada umumnya, proses pembuatan tempe masih dilakukan secara tradisional (turun-temurun) dalam skala industri kecil. Secara garis besar, tahap-tahapan penting dalam pembuatan tempe, adalah pembersihan biji kedelai, perebusan/pengukusan, pengupasan kulit, inokulasi kapang, pembungkusan, dan fermentasi. Proses fermentasi adalah tahap terpenting pada pembuatan tempe. Penelitian ini bertujuan untuk membuat suatu alat monitoring fermentasi tempe, dimana alat hasil rancangan tersebut dapat mengontrol suhu dalam inkubator pada proses fermentasi tempat menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dan dihubungkan ke beberapa perangkat mikrokontroler lainnya seperti sensor suhu, sensor kelembapan, relay, LCD layar yang di susun dalam rangkaian yang dapat terhubung dengan perangkat elektronik seperti lampu dan kipas dengan tujuan untuk mengontrol kondisi suhu. Hasil pengujian dari alat ini bahwa menggunakan alat berbasis mikrokontroler dapat membantu proses fermentasi menjadi lebih baik dimana kondisi suhu dan kelembapan terjaga. Alat fermentasi tempe mampu membuat suhu dan kelembapan stabil di *setpoint* 35°-40° C



Corresponding Author:

I Wayan Bayu Adi Whedana,
Fakultas Sains Teknologi,
Universitas Bina Darma,
Jl. Jenderal A. Yani No. 3 Palembang Sumatera Selatan, Indonesia.
Email: wayanbayuaw@gmail.com

1. PENGANTAR

Tempe merupakan makanan tradisional yang terbuat dari biji kedelai dan beberapa bahan lainnya yang diproses melalui fermentasi. Tempe sendiri merupakan sumber bahan pangan yang memiliki kandungan gizi yang bagus, dan harga yang terjangkau, sehingga memudahkan masyarakat di Indonesia sering mengkonsumsi tempe setiap harinya. Tempe selalu dijadikan menu utama oleh sebagian besar masyarakat Indonesia [1]. Teknik pembuatan tempe menyebar keseluruh Indonesia sejalan dengan penyebaran masyarakat jawa yang bermigrasi keseluruh penjurusan Nusantara [2] Tempe dibuat dengan bahan utama yaitu biji kedelai serta beberapa bahan lain yang menunjang proses fermentasi seperti kapang. kapang *Rhizopus oligosporus* lebih populer dengan julukan jamur tempe tergabung dalam keluarga fungi *mucoraceae* dengan genus *Rhizopus* [3].

Pada umumnya, proses pembuatan tempe masih dilakukan secara tradisional (turun-temurun) dalam skala industri kecil [2]. Hal inilah yang menyebabkan banyak keragaman yang ditemukan dalam proses pembuatan tempe, baik antar daerah maupun antar produsen dalam satu daerah yang sama. Secara garis besar, tahap-tahapan penting dalam pembuatan tempe, adalah : pembersihan biji kedelai, perebusan / pengukusan, pengupasan kulit, inokulasi kapang, pembungkusan, dan fermentasi.

Proses fermentasi adalah tahap terpenting pada pembuatan tempe. Pada tahap ini, dilakukan pemeraman ke delai selama 36-48 jam menggunakan laru (kapang tempe). Permasalahan yang sering terjadi pada proses fermentasi tempe saat ini adalah konsistensi dalam menjaga suhu agar tetap stabil, saat ini para

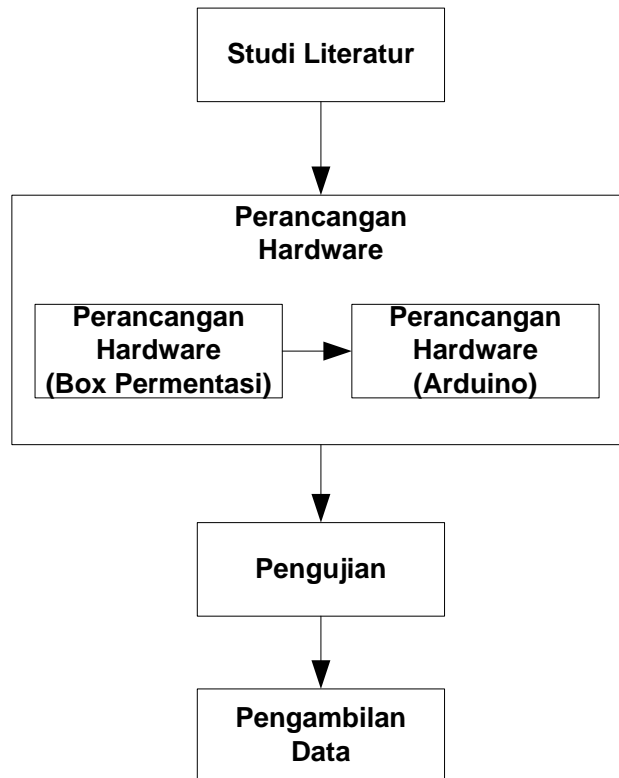
podusen tempe dalam menjaga suhu fermentasi masih menggunakan cara konvensional, misalnya pada cuaca dingin, tempe biasanya ditutupi dengan kain atau penutup lain agar suhu fermentasi tempe tetap stabil sehingga proses fermentasi tempe dapat berlangsung secara normal.

Solusi yang tepat dalam situasi seperti ini dibutuhkan suatu alat yang dapat memonitoring proses fermentasi sehingga dapat diketahui suhu dan kelembapan di dalam inkubator pembuatan tempe, dan dapat mengontrol suhu dan kelembapan secara otomatis di dalam inkubator, sehingga proses fermentasi menjadi lebih terjaga serta tepat waktu dan menghasilkan tempe yang berkualitas.

Salah satu inovasi kreatif yang dilakukan untuk merancang sebuah alat seperti membuat alat monitoring fermentasi tempe, dimana alat hasil rancangan tersebut dapat mengontrol suhu dalam inkubator pada proses fermentasi tempat menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dan dihubungkan ke beberapa perangkat mikrokontroler lainnya seperti sensor suhu, sensor kelembapan, relay, LCD layar yang di susun dalam rangkaian yang dapat terhubung dengan perangkat elektronik seperti lampu dan kipas dengan tujuan untuk mengontrol kondisi suhu.

2. METODE PENELITIAN

Dalam proses pembuatan alat, perancangan memiliki peran yang penting agar penelitian ini dapat berjalan sesuai dengan yang di rencanakan. Perancangan alat ini memiliki langkah-langkah yaitu pertama proses perancangan hardware seperti pemilihan komponen, pemasangan komponen. Selanjut nya perancangan software dengan cara menguji alat yang sudah di rangkai sebelumnya untuk memasukan program dan melihat hasil yang di berikan oleh alat tersebut.



Gambar 1 Rancangan Penelitian

Pada penelitian diatas menjelaskan beberapa tahapan sebagai berikut.

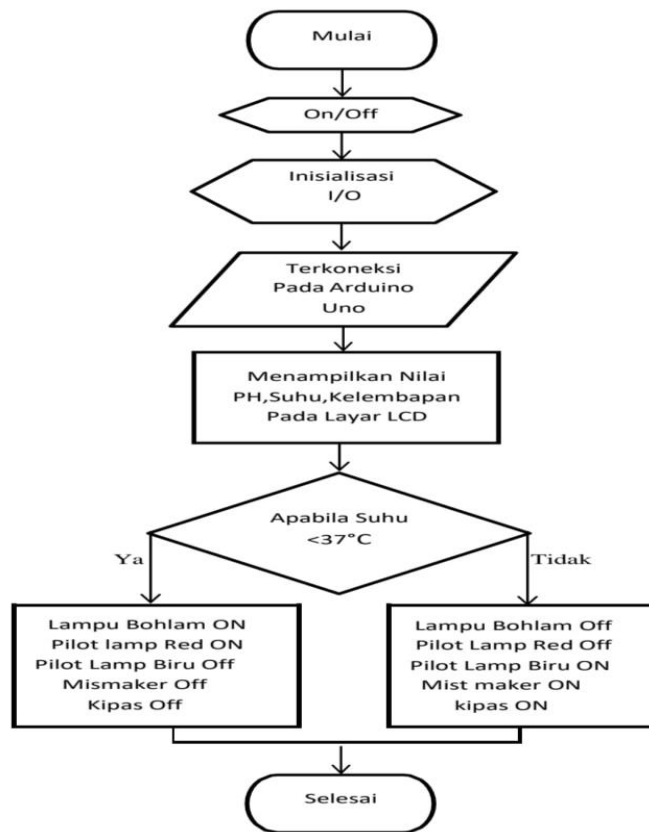
1) Studi Literatur

Studi pustaka yaitu Mencari teori dasar untuk mendukung mengenai apa yang ingin di teliti melalui jurnal penelitian, forum, buku cetak dan e-book. Studi literatur adalah mencari pendukung untuk jalan nya sebuah penelitian dengan mencari dan mengumpulkan informasi-informasi tentang apa yang di teliti. Adapun informasi pendukung yang di kumpulkan adalah mengenai rancang bangun alat sistem kontrol otomatis pada proses fermentasi tempe berbasis mikrokontroler.

2) Perancangan *Hardware*

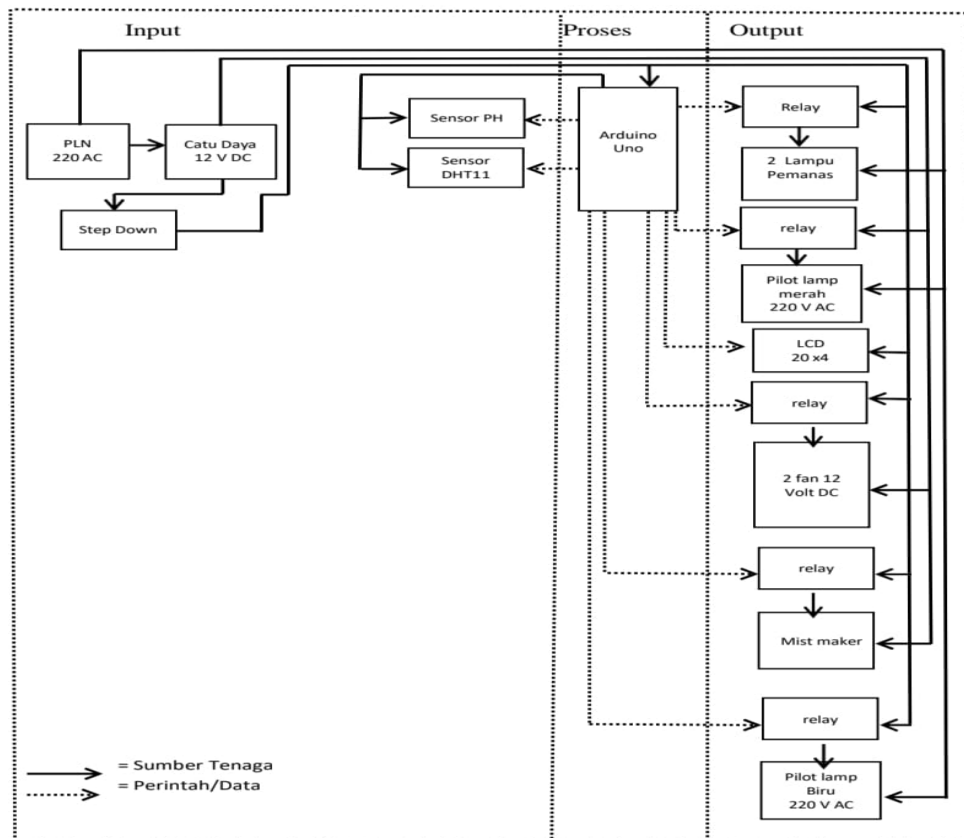
Pada saat sudah mendapat gambaran dari apa yang di teliti, Maka sampailah kepada perancangan hardware. Merancang sebuah sistem mulai dari pembuatan box permentasi, perancangan mekanik, elektrik,

sampai dengan desain produk yang akan dibuat atau dikembangkan. Berikut *flowchart* dari alat fermentase tempe.



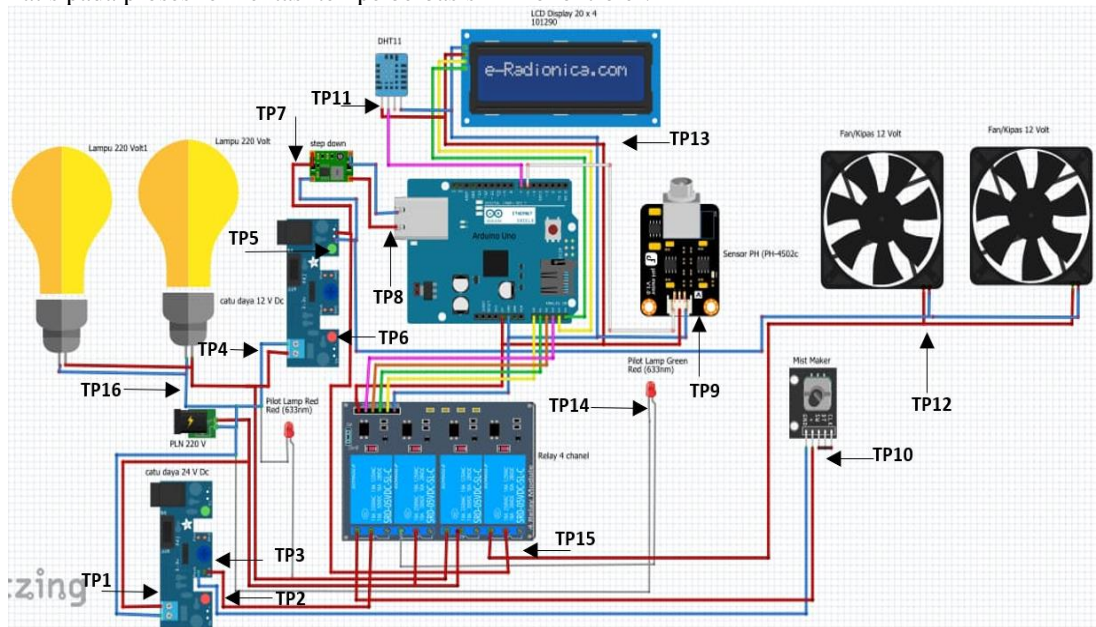
Gambar. 2 *Flowchart* Alat

Alat ini di rancang dengan menggunakan prototype terlebih dahulu untuk memastikan penggunaanya, untuk mendapatkan hasil yang sesuai di inginkan pada perancangan ini di susun menjadi 3 komponen utama yaitu input, proses serta output yang dapat di lihat diagram blok nya pada gambar di bawah ini.



Gambar. 3 Blok Diagram

Selain memiliki blok diagram, pembuatan alat monitoring ini juga memiliki desain atau rangkaian skematik dari alat yang akan dibuat. Berikut ini adalah gambar dari rangkaian skematik alat sistem kontrol otomatis pada proses fermentasi tempe berbasis mikrokontroler:



Gambar 4 Skematik Diagram

3. HASIL DAN ANALISA

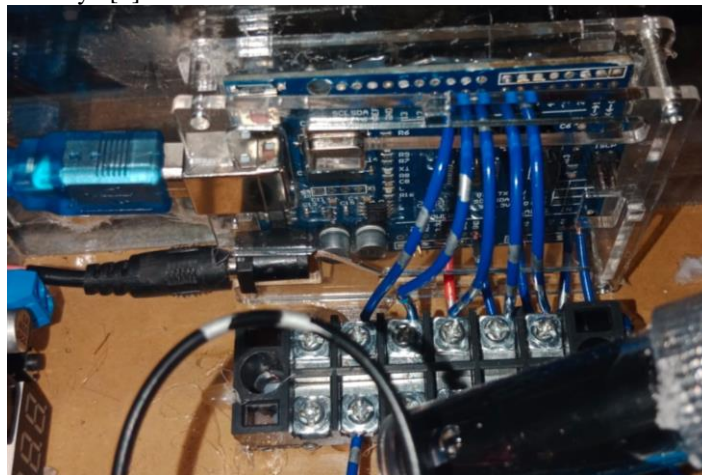
3.1. Rangkaian Perangkat Keras

Catu daya merupakan penyuplai tegangan yang berfungsi untuk memberikan arus DC (*Dirrect Current*) yang kemudian akan mengalirkan arus listrik ke rangkaian alat.



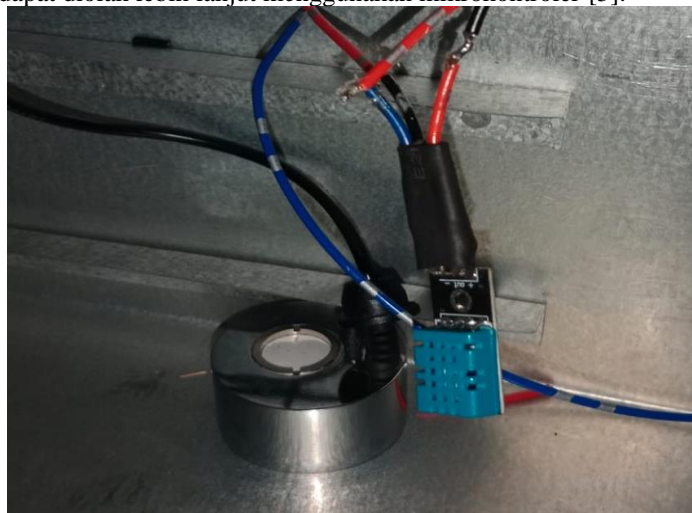
Gambar 5 Pemasangan Catu Daya

Pemasangan komponen mikrokontroler dimana komponen ini merupakan komponen pengendali dari komponen lainnya dengan memberikan perintah kepada sensor yang menempel pada perangkat mikrokontroler arduino. Arduino adalah sebuah komputer kecil yang dapat diprogram sebagai input dan output dengan bantuan alat sebagai hasilnya [4]



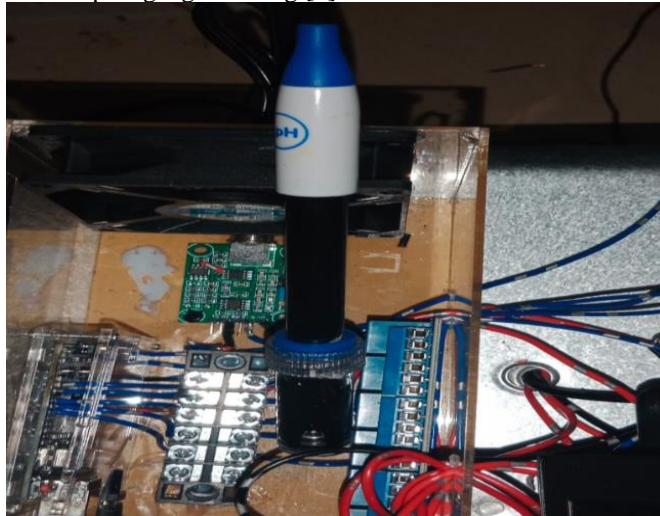
Gambar 6 Menghubungkan Arduino

Pemasangan sensor DHT11. Dimana sesnsor DHT11 merupakan sensor untuk mengetahui suhu dan kelembapan udara. Sensor ini digunakan untuk mendeteksi objek suhu dan kelembapan yang memiliki output tegangan analog yang dapat diolah lebih lanjut menggunakan mikrokontroler [5].



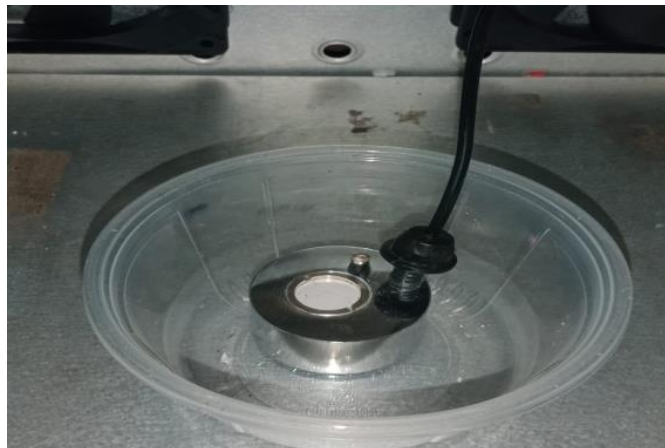
Gambar 7 Pemasangan Sensor DHT11

Pemasangan sensor PH-4502C. Dimana sensor PH-4502C merupakan sensor untuk mengetahui nilai keasaman dari tempe. Sensor pH berfungsi untuk melihat kondisi pH tempe yang ada di dalam inkubator. Hasil output dari sensor ini berupa tegangan analog [6].



Gambar 8 Pemasangan Sensor PH-502C

Pemasangan alat Ultrasonik *Mist Maker*. Dimana alat ini digunakan untuk menciptakan kabut air yang berfungsi untuk membuat udara menjadi lembap. Ultrasonik *mist maker* merupakan modul yang berfungsi untuk menghasilkan uap air atau kabut. *Mist Maker* memanfaatkan osilasi listrik pada frekuensi ultrasonik. keramik perubahan osilasi listrik menjadi osilasi mekanik, yang menciptakan kabut dan semprotan air [7]



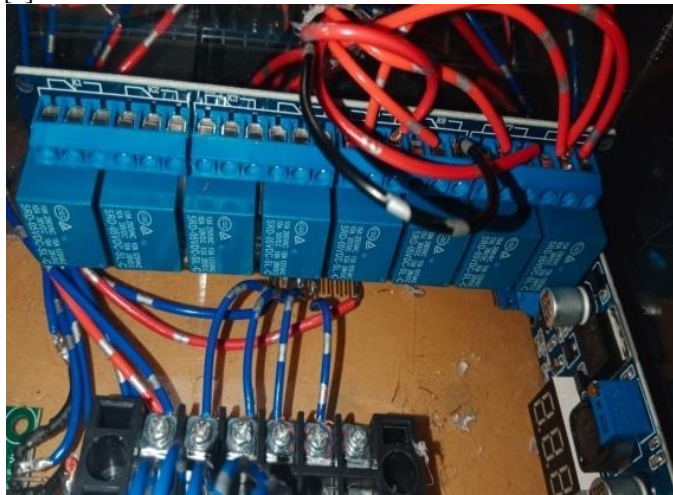
Gambar 9 Pemasangan *Ultrasonic Mist Maker*

Pemasangan LCD. LCD ini nantinya digunakan untuk menampilkan informasi nilai suhu udara, kelembapan dan PH tempe. LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama [8].



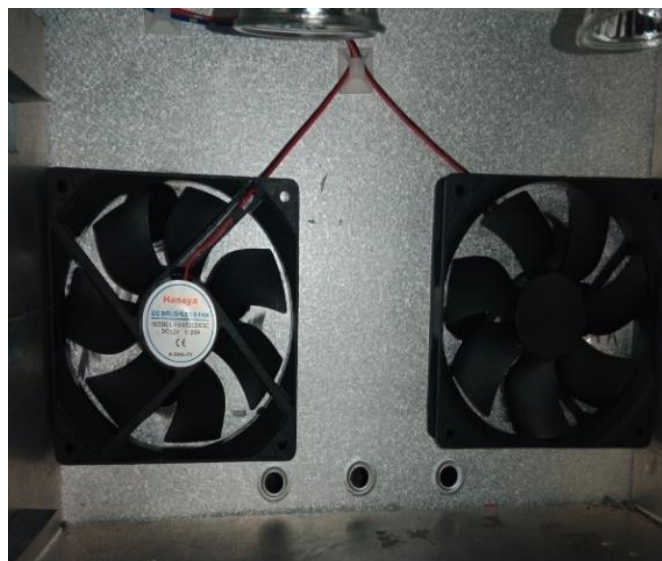
Gambar 10 Pemasangan Pilot Lamp

Pemasangan *Relay*. *Relay* digunakan untuk mengontrol arus listrik ke perangkat yang akan digunakan, perangkat yang tersambung ke *relay* ini antara lain Bohlam Lampu, Kipas DC dan *Ultrasonic Mist Maker*. Saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen *Electromechanical* (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/*Switch*) [9].



Gambar 11 Pemasangan *Relay*

Pemasangan Kipas DC. Kipas DC ini nantinya digunakan untuk menurunkan suhu dalam box fermentasi, jika kondisi suhu $>37^{\circ}\text{C}$ maka Kipas DC akan hidup, jika suhu $<37^{\circ}\text{C}$ maka Kipas DC akan mati. Kipas DC berfungsi untuk menghisap udara di dalam ruang untuk dibuang ke luar, dan pada saat bersamaan menarik udara segar di luar ke dalam ruangan [10].



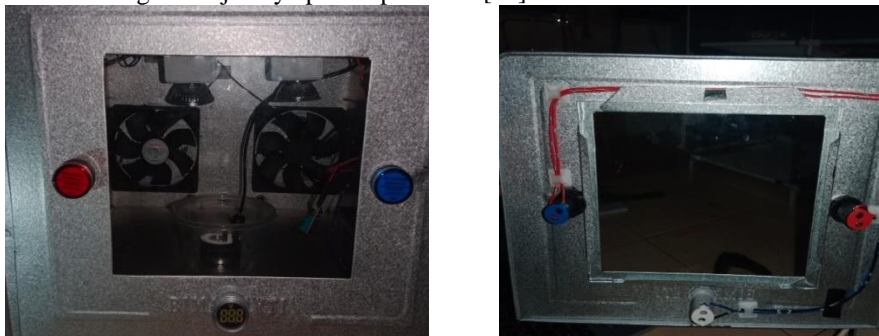
Gambar 12 Pemasangan Kipas DC

Pemasangan Lampu Bohlam. Lampu Bohlam ini nantinya digunakan untuk menaikkan suhu dalam box fermentasi, jika kondisi suhu $>37^{\circ}\text{C}$ maka Lampu Bohlam akan mati, jika suhu $<37^{\circ}\text{C}$ maka Lampu Bohlam akan hidup. Lampu bohlam adalah sumber cahaya buatan yang dihasilkan melalui penyaluran arus listrik melalui filamen yang kemudian memanans dan menghasilkan cahaya [11].



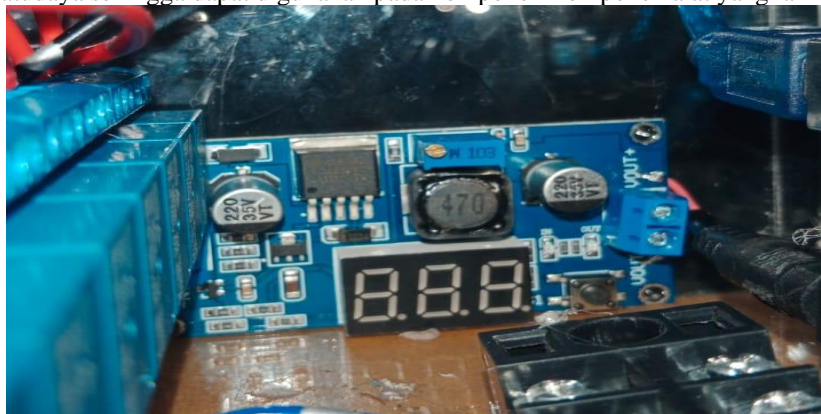
Gambar 13 Pemasangan Lampu Bohlam

Pemasangan Pilot Lamp. Pilot Lamp merupakan sebuah komponen yang berfungsi sebagai indikator pada alat rangkaian serta mengetahui jalanya proses pada alat [12].



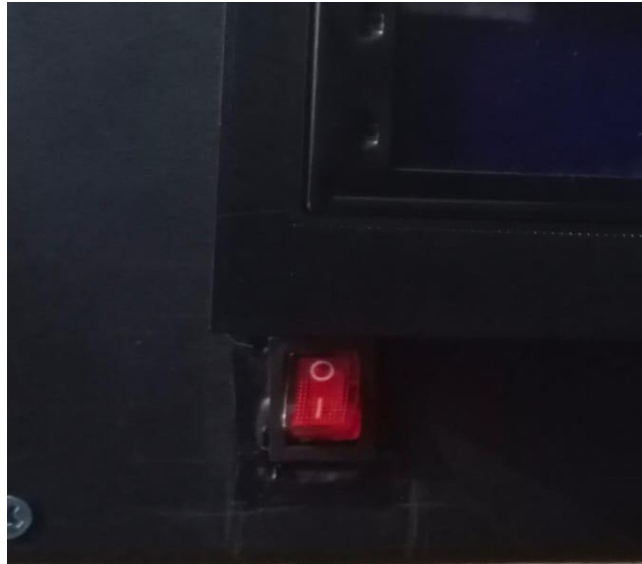
Gambar 14 Pemasangan Pilot Lamp

Pemasangan modul *Stepdown* ke catudaya 12 Volt hal ini berfungsi untuk menurunkan tegangan yang ada pada catudaya sehingga dapat digunakan pada komponen-komponen alat yang lain [13].



Gambar 15 Pemasangan *Stepdown* DC

Pemasangan Switch/Saklar yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran listrik pada alat sistem control otomatis pada proses fermentasi tempe. Saklar adalah antarmuka yang digunakan untuk on/off peralatan listrik [14].



Gambar 16 Pemasangan *Switch/Saklar*

3.2. Pengukuran

Pengukuran bertujuan untuk mengetahui berapa besar nilai dari setiap titik pengukuran alat yang dibuat, dan dengan mengetahui hasil pengukurankita dapat mengetahui keberhasilan dari alat yang kita buat. Proses dari pengukuran ini dapat mempermudah penulis untuk menganalisa serta pembahasan.

Berikut ini titik pengukuran dapat dilihat pada gambar di bawah ini:

- TP1 = Titik pengukuran pada sumber PLN.
- TP2 = Titik pengukuran tegangan keluaran dari Trafo
- TP3 = Titik pengukuran tegangan keluaran *Dioda Bridge*
- TP4 = Titik pengukuran tegangan kapasitor Elco
- TP5 = Titik pengukuran tegangan keluaran IC 7812
- TP6 = Titik pengukuran tegangan keluaran Transistor 3055
- TP7 = Titik pengukuran tegangan Step Down
- TP8 = Titik pengukuran tegangan Arduino Uno
- TP9 = Titik pengukuran tegangan sensor PH
- TP10 = Titik pengukuran tegangan Mist Maker
- TP11 = Titik pengukuran tegangan DHT 11
- TP12 = Titik pengukuran Kipas 12 Volt
- TP13 = Titik pengukuran LCD 20 X 4
- TP14= Titik pengukuran Pilot Lamp
- TP15 = Titik pengukuran Relay
- TP16 = Titik pengukuran Lampu Bohlam

3.2.1 Hasil Pengukuran

Pengujian atau pengukuran terhadap komponen dilakukan secara lima kali supaya bisa mendapatkan hasil yang akurat, selanjutnya, maka akan didapatkan hasil rata-rata dengan menggunakan dibawah ini:

$$\bar{x} = \frac{x_1+x_2+x_3+x_4+x_5}{n} = \frac{\sum x_i}{n} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

- $\frac{\sum x_i}{n}$ = Jumlah semua sampel
- X_1 = Pengukuran
- n = Jumlah Pengukuran
- \bar{x} = Harga Rata-rata

Agar dapat mengetahui besarnya persentase perbedaan atau kesalahan yang terjadi hasil pengujian atau pengukuran digunakan rumus. Mengetahui persentase kesalahan tersebut dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\% \text{ kesalahan} = \left| \frac{\text{pengukuran} - \text{perhitungan}}{\text{pengukuran}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Setelah dilakukan pengukuran pada komponen yang terdapat pada alat, maka didapati nilai hasil pengukuran. Saat melakukan pengukuran kemungkinan besar adanya kesalahn atau perbedaan dengan hasil yang didapat. Maka dari itu, diperlukan adanya pembuktian agar tahu seberapa besar persentase kesalahan yang ada.

Tabel 1 Hasil Pengukuran

No	Posisi Pengukuran	Titik Pengukuran	Satuan	Hasil ukuran					x	Keterangan
				1.	2.	3.	4.	5.		
1.	Catu Daya	(TP1) Sumber PLN	V _{AC}	218.5	218.5	218.6	218.5	218.8	218.5	Input Trafo
		(TP2) Trafo	V _{AC}	11.51	11.48	11.41	11.50	11.50	11.48	Input Dioda
		(TP3) Dioda Bridge	D _{CV}	11.45	11.49	11.45	11.45	11.47	11.46	Input Kapasitor
		(TP4) Kapasitor	I _{dc} mA	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	Arus
		(TP5) IC 7812	V _{DC}	12.50	12.50	12.50	12.45	12.46	12,48	Input Regulator
		(TP6) Transistor 3055	V _{DC}	12.53	12.51	12.53	12.52	12.52	12.52	Input Transistor
		(TP6) Transistor 3055	V _{DC}	10.31	10.31	10.31	10.29	10.22	10.28	Input Arduino
2.	Step Down	(TP7)	V _{DC}	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	Input Step Down
		(TP7)		8.45	8.45	8.46	8.47	8.45	8.46	Output Step Down
3.	Arduino	(TP8) Arduino	V _{DC}	11.52	11.51	11.52	11.51	11.52	11.52	Output Arduino
4.	Sensor PH	(TP9)	V _{DC}	4.83	4.84	4.83	4.84	4.84	4.84	Output sensor PH
5.	Mist Maker	(TP10)	V _{DC}	23.24	23.23	23.22	23.23	23.24	23.23	Output Mist Maker
6.	DHT 11	(TP11)	V _{DC}	4.92	4.93	4.92	4.92	4.93	4.92	Output DHT 11
7	Kipas12 Volt	(TP12)	V _{DC}	11.65	11.64	11.65	11.66	11.64	11.65	Kipas12 Volt
			rpm	1190.3	1190.3	1190.3	1190.3	1190.3	1190.3	
8.	LCD	(TP13)	V _{DC}	4.94	4.95	4.96	4.95	4.95	4.95	Output LCD
9	Pilot lamp	(T P1 4) Biru Merah Putih	V _{AC}	219.68	219.69	219.68	219.69	219.68	219.68	Output Pilot Lamp
				219.69	219.67	219.68	219.69	219.67	219.68	
				219.67	219.66	219.67	219.67	219.66	219.67	
10	Relay	(TP15)	V _{DC}	4,57	4,57	4,57	4,57	4,57	4,57	Output Relay
11.	LampuBohlam	(TP16)	V _{AC}	219.56	219.56	219.55	219.57	219.56	219,56	Output lampu bohlam

Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan selanjutnya dapat diambil nilai rata-rata pada setiap titik pengukuran yang telah dilakukan, hal ini memiliki tujuan untuk mengetahui nilai persentase kesalahan pada hasil pengukuran dengan menggunakan persamaan 2 diatas, dapat dicari nilai persentase kesalahan pada setiap komponen pada alat yang telah dibuat. Tabel 2 di bawah ini menunjukkan hasil perhitungan persentase kesalahan untuk setiap titik pengukuran.







Tabel 2 Hasil Pengukuran Persentase Kesalahan










No	Posisi Pengukuran	Titik Pengukuran	Datasheet (Volt)	Pengukuran (Volt)	Perhitungan (Volt)	Kesalahan %	Keterangan
1.	Catu Daya	TP1	220	218.5	-	0.06	In range
		TP2	-	11.48	11.92	0.038	In range
		TP3	-	11.46	9.43188	0.18	In range
		TP4	-	12.48	16,11	0.29	In range
		TP5	-	12.52	16,22	0.30	In range
		TP6	0 - 70	10.52	-	-	In range
2.	Step Down	TP7	3-40	12.00	-	-	In range
3.	Arduino	TP8	7 - 12	11.52	-	-	In range
4.	Sensor PH	TP9	0 - 5	4.84	-	-	In range
5.	Mist Maker	TP10	0 - 24	23.23	-	-	In range
6.	DHT 11	TP11	3-5	4.92	-	-	In range
7.	Kipas 12 Volt	TP12	0-12	11.65	-	-	In range
8.	LCD	TP13	0 - 5	4.95	-	-	In range
9.	Pilot lamp	TP14	0-220	219.68	-	-	In range
10.	Relay	TP15	0-5	4.57	-	-	In range
11.	LampuBohlam	TP16	0 - 220	219,56	-	-	In range















3.2.2 Hasil Pengujian Perbandingan Fermentasi

Dalam pengujian alat maka harus dilakukan perbandingan hasil fermentasi tempe berdasarkan waktu per jam di dalam ruang incubator menggunakan sensor DHT 11 dan pada ruang terbuka menggunakan alat temperature suhu dan kelembapan digital untuk mengetahui perbedaan hasil dari proses fermentasi.

Tabel 3 Hasil Pengujian Perbandingan Fermentasi

No	Ruang Inkubator		Ruang Terbuka	
	Jam Fermentasi & Gambar	Keterangan	Jam Fermentasi & Gambar	Keterangan
1		1. Berada pada suhu 33.40°C Kelembapan 68.80% 2. Belum Mengeluarkan Keringat		1. Berada pada suhu 28.8°C Kelembapan 72% 2. Belum Mengeluarkan Keringat
2		1. Berada pada suhu 37°C Kelembapan 62.60% 2. Mulai Mengeluarkan Keringat		1. Berada pada suhu 28.7°C Kelembapan 76% 2. Belum mengeluarkan keringat
3		1. Berada pada suhu 36.50°C Kelembapan 65.50% 2. Semakin banyak mengeluarkan keringat 3. Kedelainya terasa panas		1. Berada pada suhu 29.3°C Kelembapan 75% 2. Kedelainya belum mengeluarkan keringat

4		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu 36.90°C Kelembapan 63.30% 2. Kedelaimasihmengeluarkanke ringat 3. Kedelaiterasapanastanda-tandaakanmunculnyajamur 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu29.4°C Kelembapan 74% 2. Kedelaibelummengeluarkanke ringat
3 Jam Fermentasi	3 Jam Fermentasi			
5		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu 36.80°C Kelembapan62.00% 2. Titik-titikJamur pada kedelaimulaimuncul 3. Kedelaimasihterasapanas 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu29.1°C Kelembapan 71% 2. Kedelaibelummengeluarkanke ringat
4 Jam Fermentasi	4 Jam Fermentasi			
6		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu 37.00°C Kelembapan 62.80% 2. Keringatpada kedelaiberkurang 3. Titik-titikJamur pada kedelaimulaimerata 4. Kedelaimasihterasapanas 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu29.3°C Kelembapan 73% 2. Kedelaibelummengeluarkanke ringat 3. Kedelaimulaiterasapanas
5 Jam Fermentasi	5 Jam Fermentasi			
7		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu 36.70°C Kelembapan63.80% 2. Keringatpada kedelaiberkurang 3. Jamur pada kedelaibertambah 4. Kedelaimasihterasapanas 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu29.1°C Kelembapan 72% 2. Kedelaimulaimengeluarkanke ringat 3. Kedelaiterasapanas
6 Jam Fermentasi	6 Jam Fermentasi			
8		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu 37.20°C Kelembapan 59.70% 2. Keringatmulaiditutupijamurpada kedelai 3. Jamur sudah mulaimenyebar 4. Kedelaimasihterasapanas 5. Kedelaimulaimemadat 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu29.6°C Kelembapan 70% 2. Keringatpada kedelaimulaimerata 3. Kedelaiterasapanas
7 Jam Fermentasi	7 Jam Fermentasi			
9		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu 36.20°C Kelembapan61,30% 2. Masih adakeringatpada tempe 3. Jamur tipis sudah menutupikedelai 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu29.6°C Kelembapan70% 2. Masih munculkeringatpada kedelai 3. Tempe masihterasapanas
8 Jam Fermentasi	8 Jam Fermentasi			

10		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu 37.20°C Kelembapan 61.20% 2. Masih muncul keringat pada kedelai 3. Jamur mulai menutupi kedelai 4. Kedelai semakin padat 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu 29.6°C Kelembapan 70% 2. Masih ada Keringat pada kedelai 3. Tempe masih terasap panas
	9 Jam Fermentasi		9 Jam Fermentasi	
11		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu 36.70°C Kelembapan 63.30% 2. Masih ada keringat pada kedelai 3. Jamur sudah mulai merata menutupi kedelai 4. Tempe semakin padat 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu 29.5°C Kelembapan 70% 2. Masih terdapat keringat 3. Jamur tipis mulai tumbuh di beberapa titik 4. Tempe belum memadat 5. Tempe masih terasap panas
	10 Jam Fermentasi		10 Jam Fermentasi	
12		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu 38.00°C Kelembapan 57.10% 2. Masih ada keringat pada kedelai 3. Jamur sudah mulai terlihat jelas pada kedelai di beberapa titik 4. Tempe semakin padat 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu 29.8°C Kelembapan 68% 2. Masih terdapat keringat 3. Jamur mulai tumbuh di beberapa titik 4. Tempe belum memadat 5. Tempe masih terasap panas
	11 jam Fermentasi		11 jam Fermentasi	
13		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu 36.90°C Kelembapan 63.00% 2. Masih terdapat keringat pada kedelai 3. Jamur sudah mulai terlihat jelas pada kedelai 4. Tempe semakin padat 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu 29.7°C Kelembapan 70% 2. Masih terdapat keringat 3. Jamur mulai tumbuh di beberapa titik 4. Tempe belum memadat 5. Tempe masih terasap panas
	12 Jam Fermentasi		12 jam Fermentasi	
14		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu 37.50°C Kelembapan 59.20% 2. Masih terdapat keringat pada kedelai 3. Jamur sudah mulai menyebar pada kedelai 4. Tempe semakin padat 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu 29.9°C Kelembapan 69% 2. Masih terdapat keringat pada kedelai 3. Jamur mulai tumbuh di beberapa titik 4. Tempe belum memadat 5. Tempe masih terasap panas
	13 jam Fermentasi		13 jam Fermentasi	
15		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu 38.00°C Kelembapan 57.10% 2. Masih terdapat keringat pada kedelai 3. Jamur sudah mulai terlihat jelas pada kedelai di beberapa titik Dan Tempe semakin padat 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu 29.8°C Kelembapan 68% 2. Masih terdapat keringat 3. Jamur mulai tumbuh di beberapa titik 4. Tempe belum memadat 5. Tempe masih terasap panas
	14 Jam Fermentasi		14 Jam Fermentasi	
16		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu 37.80°C Kelembapan 59.30% 2. Masih terdapat keringat pada kedelai 3. Jamur semakin menyebar pada kedelai 4. Tempe semakin padat 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu 30.3°C Kelembapan 69% 2. Masih terdapat keringat 3. Jamur mulai tumbuh di beberapa titik 4. Tempe belum memadat 5. Tempe masih terasap panas
	15 jam Fermentasi		15 jam	

17		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu 36.40°C Kelembapan62.50% 2. Masih terdapatkeringat pada kedelai 3. Jamur sudah meyebar di kedelaitetapimasihadititikybelum di tutupijamur 4. Tempesemakinpadat 	Fermentasi		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu30.4°C Kelembapan 69% 2. Masih terdapatkeringat 3. Jamur mulai terlihat jelas di kedelai 4. Tempe mulaimemadat 5. Tempe masihterasapanas
18		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu 37.80°C Kelembapan60.60% 2. Masih terdapatkeringat pada kedelai 3. Warna Jamur sudah mulai terlihat jelas pada kedelai 4. Tempe semakin padat 	16 jam Fermentasi		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu30.5°C Kelembapan70% 2. Masih terdapatkeringat 3. Jamur mulai merata tumbuh pada kedelaitetapi warnajamur tipis 4. Tempe semakin padat 5. Tempe masihterasapanas
19		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu 35.60°C Kelembapan61.00% 2. Masih terdapatkeringattetapi sudah mulaiberkurang pada kedelai 3. Jamur sudah semakinterlihat jelas pada kedelai 4. Tempesemakinpadat 	17 jam Fermentasi		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu30.5°C Kelembapan72% 2. Masih terdapatkeringat 3. Jamur sudah menyabartetapibelum terlihat jelas 4. Tempe semakin padat 5. Tempe masihterasapanas
20		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu 36.90°C Kelembapan62.70% 2. Keringat sudah berkurangtetapimasih terdapat sedikitkeringatpada kedelai 3. Jamur sudahmerata dan terlihat jelaspada kedelai 4. Tempesemakinpadat 	18 Jam Fermentasi		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu30.9°C Kelembapan71% 2. Masih terdapatkeringat 3. Jamur tumbuh merata di beberapabagiantetapitidak terlihat lutebal 4. Tempe semakin padat di beberapabagian 5. Tempe masihterasapanas
21		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu 36.80°C Kelembapan70% 2. Sudah tidak terdapat Keringat pada kedelai 3. Jamur sudah merata menutupi kedelai dan jamur terlihat lebih tebal 4. Tempemenjadi padat 	19 jam Fermentasi		<ol style="list-style-type: none"> 1. Berada pada suhu31.1°C Kelembapan86% 2. Masih terdapatkeringat pada bagian kedelai yang ditumbuhkan jamur di bagian yang tidak terlihat lutebal 3. Jamur tumbuh tebal di beberapabagian 4. Tempe sudah padat dan terdapat bagian yang belumpadat
22		<p>Sudah bisa di potong menjadi beberapabagian dan tempetidak hancur sebagitand empesudah jadi.</p>	20 jam Fermentasi		<p>Tempe bisa di potongtetapisaat mengenaibagi antempe yang belum merata ditumbuhkan jamur akan hancur.</p>
<p>Hasil fermentasi Tempe</p>				<p>Hasil fermentasi Tempe</p>	

3.3. Pembahasan

Dari pengukuran, perhitungan, datasheet dan pengujian sistem makadapat di Analisa, sebagaiberikut:

1. Di titik pengukuran 1 adalah pengukuran catu daya yang merupakan sumber utama tegangan dari alat ini. Dalam pengukuran yang ada pada catu daya adalah trafo, dioda, kapasitor, ic 7805 dan transistor. Dari hasil pengukuran catu daya diberi tegangan 12 V didapatkan hasil pengukuran rata – rata adalah 11,48 V dengan persentase kesalahannya adalah 0,60%. Dengan demikian catu daya tersebut dianggap baik dan dapat digunakan, karena batas toleransi error adalah 2% dan catu daya ini tidak melebihi batas toleransi [15].
2. Pengujian sensor PH-4502C pada saat pencampuran ragi dengan kedelai diluar box ruang nkubator di lakukan sebanyak 4 kali hingga mendapatkan nilai keasaman kualitas baik dengan nilai perbandingan pengujian akhir menggunakan sensor PH-4502C mendapatkan nilai 5.92 sedangkan menggunakan PH Meter mendapatkan nilai 5.94 dengan kualitas keasaman baik. Jika sudah mendapatkan nilai kualitas keasaman yang baik maka kedelai yang di campur ragi sudah bisa di bungkus dan di masukkan di dalam ruang inkubator untuk melalui proses fermentasi menjadi tempe.
3. pengujian sensor DHT 11 diatas jika suhu dibawah 37°C maka secara otomatis sistem mengontrol meghidupkan lampu bohlam untuk memanaskan area di dalam ruang box inkubator, sistem juga secara otomatis mematikan kipas DC dan Mist maker. Apabila suhu berada di atas >math>37^{\circ}\text{C}</math> maka sistem secara otomatis mengontrol mematikan lampu bohlam, sistem juga secara otomatis menghidupkan kipas DC dan mist maker untuk menjaga kelembapan area didalam ruang box inkubator.
4. Perbandingan hasil fermentasi tempe berdasarkan waktu per jam didalam ruang inkubator dan ruang terbuka untuk mengetahui perbedaan hasil dari proses fermentasi tempe.pada parameter ruang incubator fermentasi tempe pertumbuhan jamur mulai terlihat setelah 4 jam didalam ruang incubator fermentasi tempe, dimulai dari tumbuhnya jamur yang merata pada kacang kedelai dan kepadatan tempe yang baik karena di penuhi jamur yang merata. Pada kondisi ruang terbuka jamur tempe berkembang lebih lama terlihat pada parameter data pada table diatas membutuhkan waktu selama 10 jam untuk jamur tumbuh pada kacang kedelai dan 9 jam sebelumnya kedelai masih mengeluarkan keringat yang akan berubah menjadi jamur.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil dan pembahasan tentang “Rancang Bangun Alat Sistem Kontrol Otomatis Pada Proses Fermentasi Tempe Berbasis Mikrokontroler” dapat disimpulkan sebagai berikut .:

1. Tujuan pembuatan alat untuk memudahkan perajin tempe dalam mengontrol dan mengendalikan otomatis suhu dan kelembapan dalam ruang box fermentasi agar tetap stabil di 37°C .
2. Mikrokontroler Arduino Uno berfungsi mengolah data dari sensor serta memproses data tersebut untuk mengontrol dan mengendalikan lampu bohlam, kipas DC dan mist maker sebagai pengontrol suhu dan kelembapan dalam ruang box fermentasi. Dan semua data dari nilai sensor PH dan sensor DH 11 akan di tampilkan pada layer LCD Display.
3. Berdasarkan hasil penelitian saat uji coba, bahwa suhu dan kelembapan saling berdampingan. Semakin tinggi suhu maka semakin rendah kelembapan dan begitupun sebaliknya semakin rendah suhu maka semakin tinggi kelembapannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Gunawan and S. Sukardi, “Rancang Bangun Pengontrolan Suhu dan Kelembapan pada Proses Fermentasi Tempe Berbasis Internet of Things,” *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 1, no. 2, pp. 168–173, Nov. 2020, doi: 10.24036/jtein.v1i2.63.
- [2] A. Alvina, D. H. Hamdani, and A. Jumiono, “PROSES PEMBUATAN TEMPE TRADISIONAL,” *Jurnal Ilmiah Pangan Halal*, vol. 1, no. 1, Sep. 2019, doi: 10.30997/jiph.v1i1.2004.
- [3] I. wayan Redi Aryanta, “MANFAAT TEMPE UNTUK KESEHATAN,” *Widya Kesehatan*, vol. 2, no. 1, pp. 44–50, May 2020, doi: 10.32795/widyakesehatan.v2i1.609.
- [4] K. Fatmawati, E. Sabna, Y. Irawan, T. Informatika, and S. Hang Tuah Pekanbaru, “RANCANG BANGUN TEMPAT SAMPAH PINTAR MENGGUNAKAN SENSOR JARAK BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO.”
- [5] A. D. Putra and S. Suaidah, “TEKNOLOGI PENGENDALI PERANGKAT ELEKTRONIK MENGGUNAKAN SENSOR SUARA,” *Jurnal Teknologi dan Sistem Tertanam*, vol. 2, no. 2, p. 46, Aug. 2021, doi: 10.33365/jtst.v2i2.1341.
- [6] R. Adikusuma and B. R. Suteja, “Pengolahan Data Sensor Arduino dengan Buzzer dan Relay pada Vertikal Hidroponik,” 2020.

- [7] D. Iswahyudi, I. Anshory, and J. Jamaaluddin, “Rancang Bangun Alat Pengontrol Kelembaban Udara Pada Budidaya Jamur Menggunakan Arduino Uno Dan Ultrasonik Mist Maker,” *Jurnal Elektronika, Listrik, Telekomunikasi, Komputer, Informatika, Sistem Kontrol (J-Eltrik)*, vol. 2, p. 28, May 2020, doi: 10.30649/j-eltrik.v2i1.46.
- [8] A. Amarudin, D. A. Saputra, and R. Rubiyah, “RANCANG BANGUN ALAT PEMBERI PAKAN IKAN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER,” *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kendali dan Listrik*, vol. 1, no. 1, pp. 7–13, Jul. 2020, doi: 10.33365/jimel.v1i1.231.
- [9] M. R. Hidayat, C. Christiono, and B. S. Sapudin, “PERANCANGAN SISTEM KEAMANAN RUMAH BERBASIS IoT DENGAN NodeMCU ESP8266 MENGGUNAKAN SENSOR PIR HC-SR501 DAN SENSOR SMOKE DETECTOR,” *KILAT*, vol. 7, no. 2, pp. 139–148, Nov. 2018, doi: 10.33322/kilat.v7i2.357.
- [10] H. Basri *et al.*, “Prototype Alat Pengereng Ikan Asin untuk Nelayan Berbasis IOT,” 1672, doi: 10.18196/mt.v4i.
- [11] B. Ardi Pramono, R. Nur Kundono, and J. Soekarno Hatta, *RANCANG BANGUN AUTOMASI LAMPU RUMAH DENGAN PERINTAH SUARA BERBASIS MIKROKONTROLLER NODEMCU*, 5th ed. 2018. [Online]. Available: www.ifttt.com
- [12] Kemal Arya Pandu Wicaksana, “Simulasi Smart Monitoring Penggunaan Daya Reaktif Pada Pabrik Dan Mekanisme Overload Shedding Pada Motor Induksi Yang Terintegrasi Dalam Iot Menggunakan Ubidots,” Universitas Diponegoro, Semarang, 2021. Accessed: May 07, 2024. [Online]. Available: https://eprints2.undip.ac.id/id/eprint/13023/1/TA_Kemal%20Arya%20Panduan%20Wicaksana.pdf
- [13] D. A. Siregar and H. Hambali, “Alat Pembasmi Hama Tanaman Padi Otomatis Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Tegangan Kejut Listrik,” *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 1, no. 2, pp. 55–62, Oct. 2020, doi: 10.24036/jtein.v1i2.17.
- [14] G. Agung Ayu Putri and N. Made Ika Marini Mandenni, “Desain Saklar Otomatis Untuk Kontrol Peralatan Listrik di Bangunan,” *Jurnal Ilmiah Merpati (Menara Penelitian Akademika Teknologi Informasi)*, p. 12, Apr. 2019, doi: 10.24843/JIM.2019.v07.i01.p02.
- [15] A. Akhyar. Ir. P. M. T. Dr. Ir. Erni Yudaningsy MT., “Sistem Pengaturan Kecepatan Motor DC Pada Alat Penyiram Tanaman Menggunakan Kontoler PID,” *Jurnal Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Brawijaya*, vol. 2, no. 4, 2014.