

Sistem Kendali Suhu dan Kelembaban pada Proses Fermentasi Tempe

Riko Putra Yunas¹, Ali Basrah Pulungan²

Program Studi Elektro Industri Jurusan Teknik Elektro, Universitas Negeri Padang

Jalan Prof. Dr. Hamka – UNP – Air Tawar – Padang 25131, Indonesia

e-mail : rikoyunas@gmail.com

Abstrak

Pembuatan tempe konvensional membutuhkan waktu fermentasi 30 hingga 48 jam untuk merubah tempe mentah menjadi tempe masak. Lamanya proses fermentasi pembuatan tempe ini mengakibatkan tidak optimalnya hasil dari produksi tempe. Sehingga dibutuhkanlah alat yang dapat mempercepat dan mengoptimalkan proses produksi pembuatan tempe. Alat optimasi fermentasi tempe ini bekerja pada suhu antara 30°C - 37°C. Pada kondisi tersebut, waktu fermentasi tempe mentah menjadi tempe matang membutuhkan waktu 18 jam dengan kriteria uji warna normal, bau normal, dan rasa normal. Miniatur ruang optimasi proses pembuatan tempe ini menggunakan sensor DHT11. Alat ini bekerja berdasarkan kontrol mikrokontroler arduino Mega2560. Optimasi besar suhu dan kelembaban dilakukan tiga skema yang digunakan untuk menentukan besar suhu dan fan serta posisi sensor. 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.

Abstract

Conventional Tempe making requires a fermentation period of 30 to 48 hours to convert raw tempe into cooked tempeh. The duration of the fermentation process has resulted in an optimal result of Tempe production. So it needs a tool that can accelerate and optimize the production process of Tempe making. This fermented Tempe optimization tool works at temperatures between 30 ° C-37 ° C. In such condition, the time of fermentation of raw tempe into ripe Tempe takes 18 hours with normal color test criteria, normal smell, and normal flavor. Miniature space optimization of this Tempe making process uses the DHT11 sensor. This tool works on the control of the Arduino Mega2560 Microcontroller. The large optimization of temperature and humidity is done three schemes used to determine the large temperature and fan as well as the position of the sensor. If the temperature in the fermentation chamber is lower than the point setting value then the lamp will turn on, when the temperature is higher then the lamp will die, so that the desired temperature can be achieved.

Keywords: Temperature Control System Tools, Fermentation Optimization, Arduino MEGA2560 Microcontroller

PENDAHULUAN

Tempe adalah makanan tradisional yang berasal dari Indonesia dengan kandungan gizi yang sangat baik. Tempe dibuat dengan bahan utama yaitu biji kedelai serta beberapa bahan lain yang menunjang proses fermentasi seperti beberapa jenis kapang *Rhizopus oligosporus*, *Rh. oryzae*, *Rh. stolonifer* (kapang roti), atau *Rh. arrhizus*. Tempe selalu dijadikan menu utama oleh sebagian besar masyarakat Indonesia [1]. Oleh karena itu terdapat peluang bisnis yang dimanfaatkan oleh para industri rumahan untuk memproduksi dan memasarkan tempe itu sendiri. Namun sering timbul permasalahan pada saat pembuatan tempe dimana musim yang suhu dan kelembaban yang tidak menentu. Biasanya jika cuaca baik proses fermentasi tempe cara tradisional membutuhkan waktu 2 hari 1 malam / sekitar 30 jam dan terkadang produsen tempe tidak dibekali pengetahuan yang pasti tentang suhu dan kelembaban yang bagus dalam proses fermentasi tempe. Oleh karena itu dibutuhkan suatu alat yang dapat mengatasi masalah tersebut.

Beberapa studi mengenai proses fermentasi tempe dengan sistem kendali suhu dan kelembaban otomatis telah banyak dilakukan, seperti dalam sistem kendali suhu dan kelembaban untuk optimasi pembuatan tempe dengan sensor suhu SHT11, alat ini menggunakan *water heater* (pemanas air). Namun alat ini masih memiliki kekurangan, yaitu tidak memberikan pengaruh yang signifikan pada kelembaban tempe [2]. Studi lainnya seperti rancang bangun alat sistem kontrol suhu dan kelembaban fermentasi tempe menggunakan sistem *fuzzy logic*, sistem ini membutuhkan waktu fermentasi yang lama sekitar 20 jam [3]. Selanjutnya studi tentang sistem kontrol suhu dan kelembaban menggunakan mikrokontroler dengan LCD Blue Led Display [4]. Alat fermentasi sejenis juga pernah dibuat, yaitu inkubator fermentasi kulit singkong menggunakan sensor SHT11, studi ini dilengkapi keypad dan LCD 4 X 20 sebagai *User Interface* dimana pengguna harus selalu mengontrol alat sampai proses fermentasi selesai, sehingga menyulitkan pengguna dalam pengoperasian alat tersebut [5].

Berdasarkan uraian permasalahan pada kendali suhu dan kelembaban seperti dijelaskan diatas, maka dilakukan pengembangan dan inovasi kendali suhu dan kelembaban pada proses fermentasi tempe. Alat ini dilengkapi dengan TFT *TouchScreen Display* HMI sebagai pemantauan dan pengatur suhu pada proses fermentasi, sehingga proses fermentasi tempe dapat berjalan dengan baik.

LANDASAN TEORI

Alat ini dirancang menggunakan metode sistem loop tertutup (Closed Loop) dimana operator akan mengontrol sistem agar tetap stabil pada keadaan yang diinginkan. Jadi sensor DHT11 sebagai pembaca suhu dan kelembaban memberikan *feedback* untuk proses pengontrolan. Untuk mengatur suhu didalam inkubator digunakan lampu 300 W. Kipas 12 V DC digunakan untuk mengatur kelembaban didalam ruangan inkubator agar terjaga sesuai dengan setpoint. Arduino Mega2560 sebagai pusat pengontrolan dari driver lampu dan kipas itu sendiri, ketika suhu dalam ruang fermentasi lebih rendah dari nilai *setpoint* maka lampu akan hidup, bila suhu lebih tinggi maka lampu akan mati sampai suhu yang diinginkan tetap tercapai.

A. Sensor DHT 11 (Digital Humidity and Temperature)

Sensor DHT11 merupakan modul sensor yang berfungsi sebagai sensing suhu dan kelembaban dengan keluaran/output tegangan analog yang diproses lebih lanjut menggunakan mikrokontroler. Sensor ini termasuk jenis elemen resistif seperti alat pengukur suhu yaitu NTC. Kelebihan dari sensor ini dibandingkan sensor lainnya yaitu dari segi sensitifitas pembacaan data yang lebih responsif dan kecepatan dalam hal sensing objek suhu dan kelembaban, serta data yang terbaca sensor tidak mudah terinterferensi.

Sensor DHT11 ini sangat akurat dalam pembacaan suhu dan kelembaban karna sensor ini didukung fitur kalibrasi. Data yang telah dikalibrasi tersebut disimpan pada memori program OTP yang disebut juga dengan koefisien kalibrasi [6]. Gambar 1 menunjukkan bentuk dari sensor DHT11:



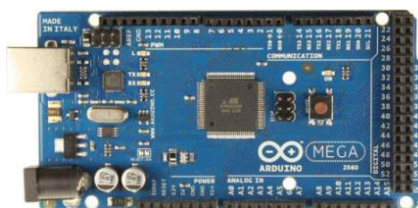
Gambar 1. Sensor DHT 11

Tabel 1. Karakteristik Sensor DHT11:

Tegangan kerja	3,5 – 5 volt DC
Jumlah Pin	4 buah (VCC, NC, <i>Ground</i> , Data)
Resolusi Kelembaban	16 bit data (25°C ±2°C)
Resolusi Suhu	16 bit data (25°C ±2°C)

B. Pengenalan Arduino

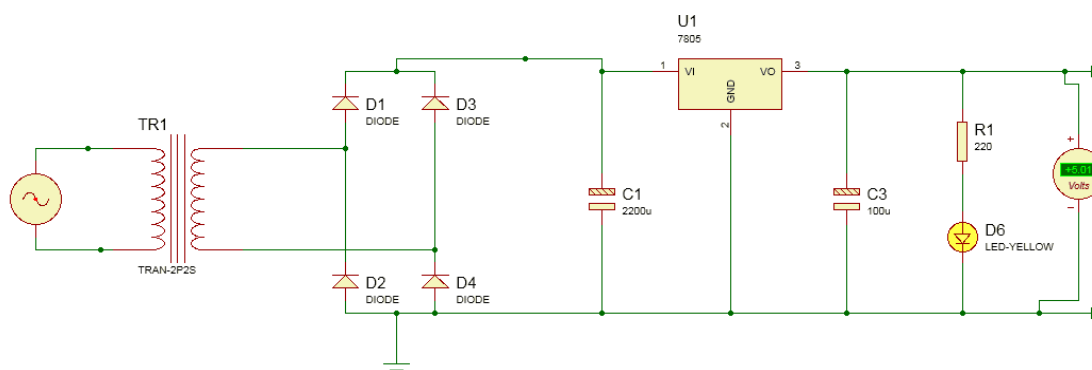
Untuk pusat kendali dari alat ini menggunakan Arduino Mega 2560. Arduino Mega 2560 merupakan sebuah piranti yang terdapat sebuah ic mikrokontroler Atmega 2560 [7]. Untuk menjalankan adruino ini dibutuhkan sebuah aplikasi yang bernama IDE (*Integrated Develpoment Environment*) yang merupakan sebuah pemograman berbahasa C++ yang dapat mengontrol adruino itu sendiri. Gambar 2 merupakan bentuk dari Adruino Mega :



Gambar 2. Board Arduino Mega

C. Catu Daya

Catu daya atau yang lebih dikenal dengan trafo berfungsi untuk menurunkan dan menaikkan tegangan [8]. Untuk Tegangan catudaya yang dibutuhkan alat ini yaitu 5v dan 12v, maka pada alat ini digunakan trafo jenis step-down. Pada gambar 3 merupakan skematik rangkaian catudaya yang akandigunakan :



Gambar 3. Skematik Rangkaian Catudaya

D. Pemanas dan Fan

Lampu pijar merupakan pemanas dan sumber cahaya yang didapat melalui aliran arus listrik pada filamen yang terdapat pada lampu pijar itu sendiri. Filamen tersebut ditutupi tabung kaca untuk menghalangi udara luar agar tidak terjadi kerusakan pada filamen akibat teroksidasi [9]. Alat ini membutuhkan 8 buah lampu pijar dengan daya 30W. Fan atau kipas pendingin merupakan komponen elektronika yang biasanya digunakan untuk menetralkan suhu panas pada perangkat komputer. Fungsi Fan atau kipas pendingin pada alat ini yaitu untuk meratakan suhu yang ada dalam ruangan fermentasi agar setpoint suhu yang diinginkan tetap terjaga. Komponen utama yang mendukung kinerja kipas itu sendiri ialah Motor DC. Secara umum Motor DC merupakan piranti yang dapat mengkonversikan dari energi listrik menjadi energi gerak putaran, fungsi dari Motor DC pada alat ini sendiri yaitu untuk menggerakkan baling kipas agar setpoint suhu yang diinginkan tetap tercapai [10].

F. LCD TFT Touchscreen 3,5 Inch

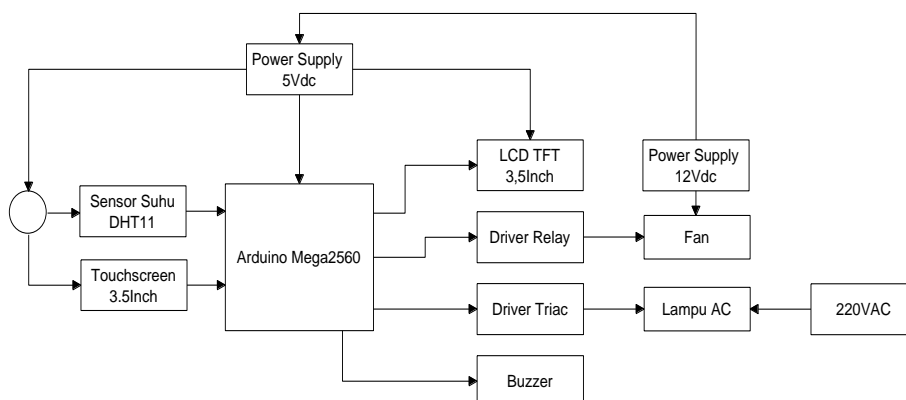
TFT adalah perangkat yang dapat menampilkan hasil dari pusat sistem kendali. TFT *display* ini sebagai penghubung pengendalian alat dengan operator [11]. Pada gambar 4 memperlihatkan bentuk dari TFT itu sendiri :



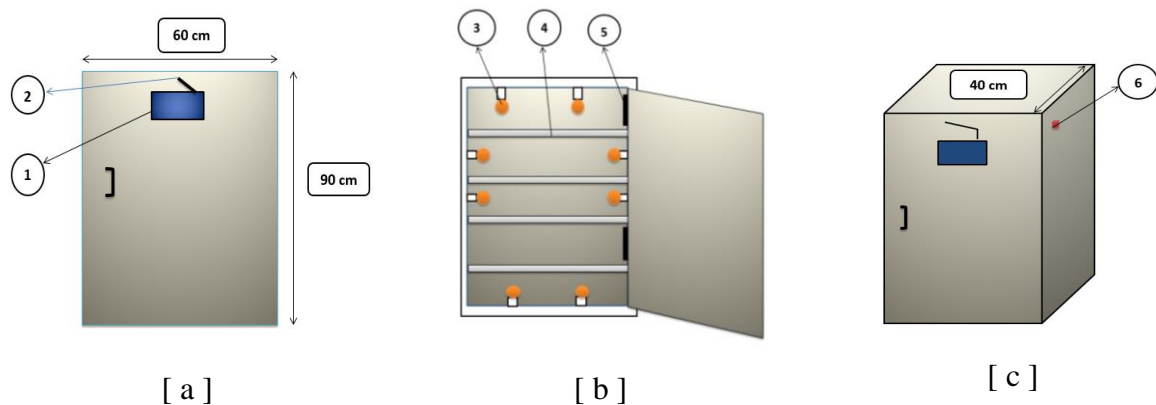
Gambar 4. LCD TFT Touchscreen 3,5 Inch (Liquid Crystal Display Thin Film Transistor)

METODE PERANCANGAN

Sensor DHT 11 yang berfungsi sebagai input untuk mendeteksi suhu dan kelembaban dalam ruangan fermentasi, kemudian data yang dideteksi oleh sensor ditampilkan pada LCD TFT dengan sistem kendali menggunakan Mikrokontroler Adruino Mega 2560. Jika suhu dalam ruang fermentasi lebih rendah dari nilai setting point maka lampu akan menyala, bila suhu lebih tinggi maka lampu akan mati. Rangkaian pemasangan keseluruhan perangkat seperti mikrokontroler, Sensor DHT 11, LCD TFT, Lampu, Fan dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Blok Diagram Alat



Gambar 6. Skema Alat ; [a] Tampak Depan, [b] Tampak Dalam, [c] Tampak Samping

Keterangan Gambar :

1. TFT LCD Touchscreen 3,5 inch, power supply, arduino mega 2560, driver lampu dan driver fan
2. Antena Modem GSM
3. Lampu Pijar 30 W
4. Rak wadah
5. Kipas/Fan 12v
6. Push button

Gambaran umum dari sensor ini untuk mendeteksi suhu dan kelembaban dalam ruang fermentasi tempe, jika suhu dalam ruang fermentasi lebih rendah dari nilai setting point maka lampu akan menyala, bila suhu lebih tinggi maka lampu akan mati. Tahapan kerja alat fermentasi selengkapnya dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Flowchart Sistem Alat Kontrol Suhu

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Lampu sebagai Pemanas

Cara pengujian alat fermentasi tempe ini memiliki beberapa tahapan yaitu :
Alat fermentasi dihubungkan ke sumber 220 Vac yang disearahkan menggunakan catu daya menjadi 5 Vdc dan 12 Vdc. Push button ditekan untuk memulai sistem dari lampu pijar kemudian sensor DHT11 mendeteksi *range* suhu dan kelembaban antara 30°C - 35°C pada ruangan fermentasi yang mana ditampilkan melalui TFT LCD Touchscreen. Lampu pijar sebagai elemen pemanas akan memberikan suhu maksimal 35°C, apa bila suhu ruang fermentasi mencapai batas maksimal maka sistem kendali alat otomatis akan mematikan lampu dan Fan yang terhubung langsung pada catu daya akan selalu hidup untuk tetap menjaga suhu dan kelembaban sesuai *setpoint* yang dibutuhkan. Sistem akan terus bekerja sampai Buzzer berbunyi menandakan batas waktu *setpoint* telah tercapai.

Pengujian alat fermentasi

Pengujian alat dimulai dengan memasukan tempe mentah yang sudah diberi ragi kedalam alat fermentasi, selanjutnya atur nilai suhu awal sesuai dengan *setpoint* yang sudah ditentukan, setelah suhu awal ditentukan maka tekan tombol mulai pada LCD TFT dan biarkan sistem bekerja untuk memproses tempe hingga fermentasi selesai. Untuk mengetahui proses dari fermentasi tempe menggunakan alat otomatis ini, dapat dilihat pada gambar 8.



[a]

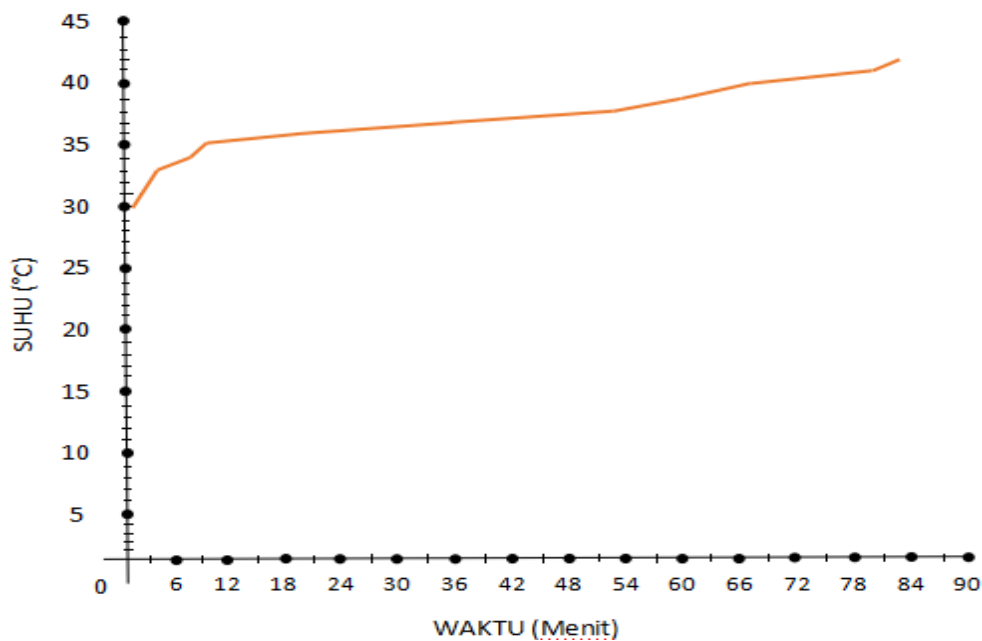


[b]

Gambar 8. Dokumentasi proses fermentasi ; [a] Tempe mentah sebelum fermentasi, [b] Tempe yang sudah difermentasi

Tabel 2. Respon Suhu terhadap Waktu

Suhu (°C)	Waktu (detik)
29	0
30	60
31	120
32	190
33	280
34	505
35	620
36	1180
37	2200
38	3180
39	3600
40	4120
41	4800
42	5000

**Gambar 9.** Grafik Respon Suhu terhadap waktu

Berdasarkan data pengujian respon suhu terhadap waktu maka didapatkan bahwa karakteristik sensitifitas dari sensor DHT11 dan hasil pengujian suhu hampir sama dimana kenaikan suhu yang paling cepat terhadap waktu yaitu pada suhu antara 29°C - 32°C. Sedangkan karakteristik kenaikan suhu lebih lama terhadap waktu yaitu antara 32°C - 42°C. Berdasarkan data pengujian respon suhu terhadap waktu alat fermentasi tempe membutuhkan waktu 1 jam 40 menit untuk mencapai suhu maksimal 42°C.

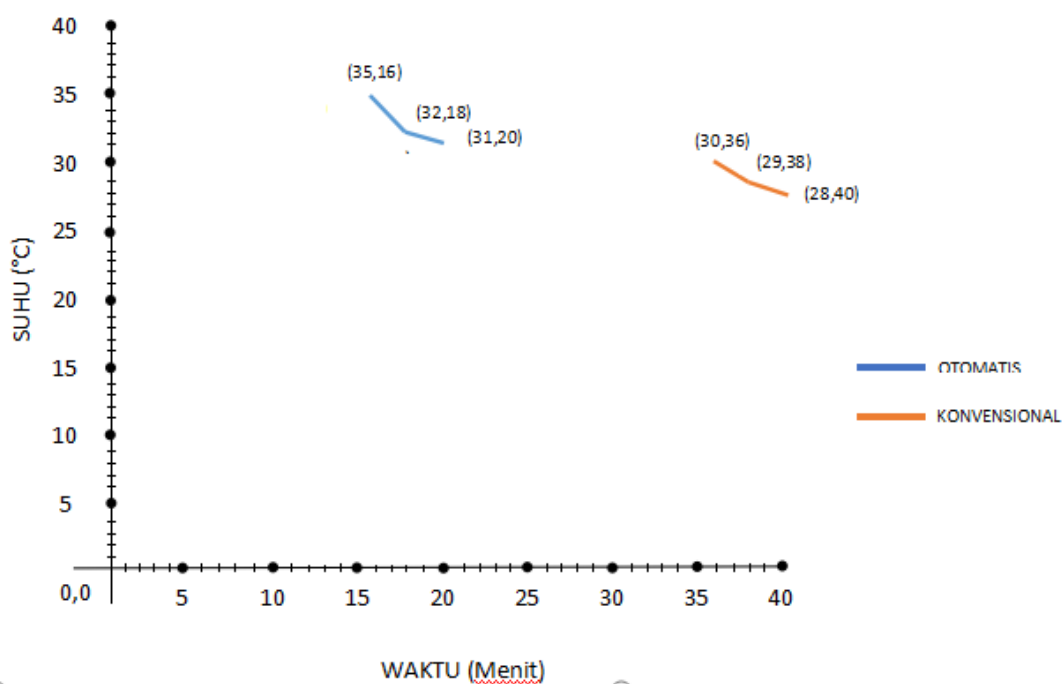
B. Hasil Pengujian Hasil Proses Fermentasi Tempe

Tabel 3. Pembuatan Tempe Secara Konvensional

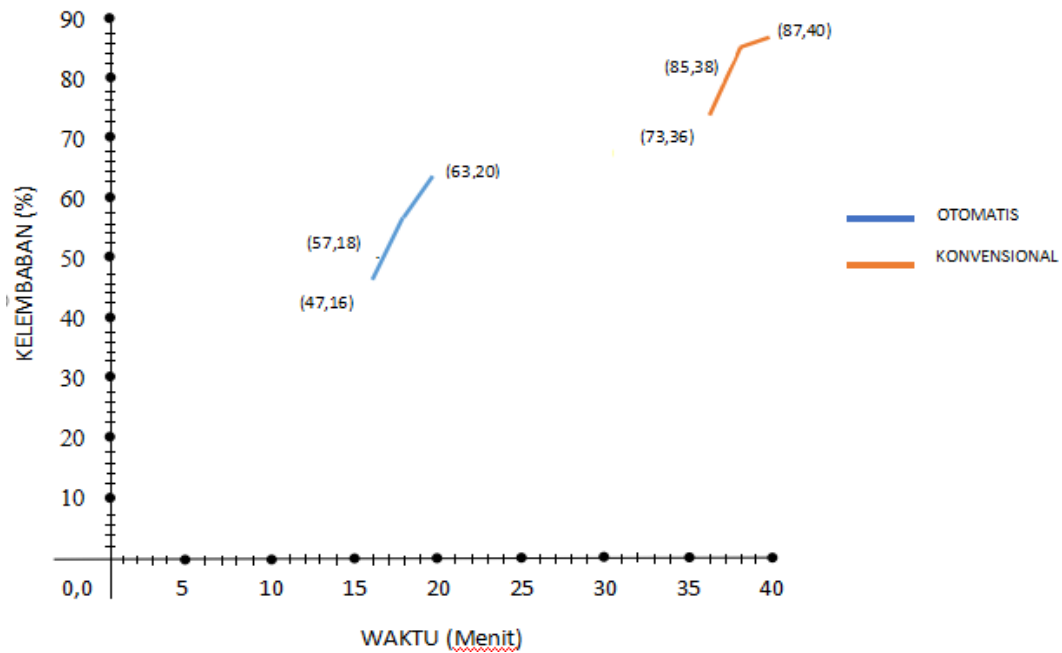
No	Tempe Mentah (plastik ½ Kg)	Tempe Terfermentasi (plastik ½ Kg)	Waktu (jam)	Suhu (°C)	Kelembaban (%RH)	Ket
1	3	3	36	30	73	Berhasil
2	3	3	38	29	85	Berhasil
3	5	5	40	28	87	Berhasil

Tabel 4. Pembuatan Tempe Menggunakan Alat Otomatis

No	Tempe Mentah (plastik ½ Kg)	Tempe Terfermentasi (plastik ½ Kg)	Waktu (jam)	Suhu (°C)	Kelembaban (%RH)	Ket
1	3	3	20	31	63	Berhasil
2	3	3	18	32	57	Berhasil
3	5	5	16	35	47	Berhasil



Gambar 10. Grafik Perbandingan Suhu Secara Konvensional dan Otomatis



Gambar 11. Grafik Perbandingan Kelembaban Secara Konvensional dan Otomatis

Berdasarkan data sampel yang telah dilakukan, didapatkan hasil tempe berhasil difermentasi setelah 16 jam. Sedangkan pada proses fermentasi konvensional membutuhkan waktu sekitar 2-3 hari, dengan ini dapat dibandingkan keunggulan dari aspek waktu, kualitas, bau, warna, rasa, serta tekstur dari tempe yang diproses dengan alat otomatis ini.

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil perancangan tugas akhir ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Lama proses fermentasi pada alat ini membutuhkan waktu sekitar 16 jam. Proses fermentasi ini jauh lebih cepat dibandingkan dengan fermentasi konvensional.
2. Tempe yang dihasilkan dari proses fermentasi ini lebih higienis dan lebih bersih dari fermentasi secara konvensional.
3. Pada alat ini TFT LCD *Display* dapat menentukan *setting* suhu dan kelembaban pada ruang fermentasi secara akurat agar proses fermentasi dapat berjalan dengan maksimal.
4. Kelebihan dari alat fermentasi ini menggunakan sistem kendali otomatis yang mana ketika proses fermentasi dimulai TFT LCD akan menampilkan perubahan suhu dan kelembaban serta waktu lama proses fermentasi berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Iswandi Idris, Ruri Aditya Sari, Wulandari, dan Uthumporn. 2016. *Pengendalian Kualitas Tempe Dengan Metode Seven Tools*, Jurnal Teknik dan Inovasi. Politeknik LP3I Medan. Vol. 3, No. 1, pp. 66-80.
- [2] Adi Kuriawan. 2012. *Sistem Kontrol Suhu dan Kelembaban Untuk Optimasi Proses Pembuatan Tempe Berbasis Mikrokontroler*. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran".
- [3] Agus Muhammad Widodo. 2019. *Rancang Bangun Alat Kendali Suhu dan Kelembaban Untuk Optimasi Proses Pembuatan Tempe*. Jurnal UPT Makarti POMOSDA. Vol. 13, No. 2, pp. 95-104.
- [4] Ilham Asri Saputra. 2016. *Rancang Bangun Alat Sistem Kontrol Suhu Dan Kelembaban Menggunakan Mikrokontroler Untuk Optimasi Proses Pembuatan Tempe Pada Industri Rumah Tangga*. Skripsi. Padang: Institut Teknologi Padang.
- [5] Gunawan Dewantoro, Sri Hartini, Agustinus Hery Waluyo. 2015. *Alat Optimasi Suhu dan Kelembaban Untuk Inkubator Fermentasi dan Pengeringan Pasca Fermentasi*. Jurnal Universitas Kristen Satya Wacana. Vol. 11, No. 3 Pp. 86-92.
- [6] Sensirion. 2011. *Humidity SHT11 Datasheet*, Sensirion AG. Switzerland.
- [7] Sri Zholehaw, A. B. Pulungan, dan Hamdani. 2019. *Sistem Monitoring Realtime Gas Co Pada Asap Rokok Berbasis Mikrokontroler*, Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional. Universitas Negeri Padang. Vol. 1, No. 8. pp. 17-21.
- [8] Dickson Kho. 2019. *Prinsip Kerja DC Power Supply*.(online). <https://teknikelektronika.com/prinsip-kerja-dc-power-supply-adaptor/>,(di akses 26 Februari)
- [9] Wikipedia. 2017. *Pengertian dan kontruksi Lampu pijar*.(online). <https://id.wikipedia.org/>, (diakses 1 Agustus).
- [10] Fahmizal. 2014. *Teori motor DC dan cara perhitungan putaran motor*. (online). <https://fahmizaleeits.wordpress.com/>, (diakses 5 Agustus).
- [11] Guminsar Rico Martogi Manullang. 2019. *Rancang Bangun Alat Pencuci Tangan Dan Pengering Tangan Otomatis Dengan Human Module Interface (Hmi) Menggunakan TFT 2.8" Adafruit Berbasis Arduino Mega2560*. Skripsi. Universitas Lampung.

Biodata Penulis

Riko Putra Yunas, lahir di Tiku, 7 Desember 1996. Menjalani Sarjana Terapan di bidang Teknik Elektro Industri Pada Jurusan Teknik Elektro FT UNP sejak tahun 2014 - sekarang.^[1]

Ali Basrah Pulungan, lahir di Hutanaingkan, 12 Desember 1974. Menyelesaikan S1 Jurusan Teknik Elektro Universitas Sumatera Utara (USU). Pendidikan S2 Bidang Teknik Tenaga Listrik di Universitas Gajah Mada (UGM) Tahun 2007. Sekarang menjadi staf pengajar di jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Padang.^[2]