

**IMPLEMENTASI KONTROL DAN MONITORING PADA PROSES
FERMENTASI DAUN TEH**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta*

Disusun oleh:

MUHAMMAD HASAN

NPM : 2110017111010



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS BUNG HATTA
PADANG**

2025

UNIVERSITAS BUNG HATTA

LEMBARAN PENGESAHAN

**IMPLEMENTASI KONTROL DAN MONITORING PADA PROSES
FERMENTASI DAUN TEH**

SKRIPSI

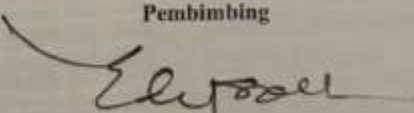
*Disajikan Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Memenuhi dan
Menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S-1)
Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta*

Disusun Oleh:

Muhammad Hasan
2110017111010

Disetujui Oleh:

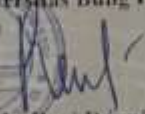
Pembimbing


Ir Eddy Soesilo, M. Eng.
NIDN: 920 000 288

Mengetahui:

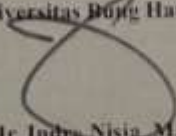
Dekan Fakultas Teknologi Industri

Universitas Bung Hatta


Prof. Dr. Eng. Ir. Reni Desmiarti, S.T., M.T.
NIDN: 1012097403

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Universitas Bung Hatta


Dr. Ir. Indra Nisia, M.Sc.
NIDN: 1028076501

LEMBARAN PENGUJI

IMPLEMENTASI KONTROL DAN MONITORING PADA PROSES FERMENTASI DAUN TEH

SKRIPSI

Disusun Oleh:

Muhammad Hasan
2110017111010

Dipertahankan di depan penguji skripsi

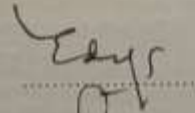
*Program Strata Satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta*

Hari / Tanggal: Rabu / 17 September 2025

No Nama

Tanda Tangan

1. Ir. Eddy Soesilo, M.Eng.
(Ketua dan Penguji)



2. Ir. Yani Ridal, M.T.
(Penguji)



3. Dr. Ir. Indra Nisja, M.Sc
(Penguji)



ABSTRAK

Fermentasi merupakan tahap penting dalam produksi teh hitam yang sangat dipengaruhi oleh suhu dan kelembapan. Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol serta monitoring otomatis berbasis mikrokontroler Arduino Uno dengan sensor DHT22, load cell, relay, dan aktuator (heater, humidifier, serta kipas sirkulasi). Sistem ini diuji pada ruang fermentasi skala prototipe untuk menjaga parameter suhu dan kelembapan sesuai standar fermentasi, yaitu 25–30 °C dan 75–85% RH. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga kestabilan suhu dengan tingkat error rata-rata 0,03 °C dan kelembapan dengan error 0,5–0,8%. Selain itu, load cell berhasil memantau penyusutan berat daun teh secara real-time dengan hasil relatif konsisten dibandingkan timbangan manual. Dibandingkan fermentasi tanpa sistem, penggunaan kontrol otomatis terbukti mengurangi risiko kegagalan proses dan pembusukan daun teh.

Kata Kunci: *Fermentasi teh, suhu, kelembapan, Arduino Uno, sistem monitoring otomatis.*

ABSTRACT

Fermentation is a crucial stage in black tea production that is highly influenced by temperature and humidity. This study designed and implemented an automatic control and monitoring system based on an Arduino Uno microcontroller with a DHT22 sensor, load cell, relay, and actuators (heater, humidifier, and circulation fan). This system was tested in a prototype-scale fermentation chamber to maintain temperature and humidity parameters according to fermentation standards, namely 25–30 °C and 75–85% RH. The test results showed that the system was able to maintain temperature stability with an average error rate of 0.03 °C and humidity with an error of 0.5–0.8%. In addition, the load cell successfully monitored tea leaf weight loss in real-time with relatively consistent results compared to manual scales. Compared to fermentation without a system, the use of automatic control has been shown to reduce the risk of process failure and tea leaf rot.

Keywords: *Tea fermentation, temperature, humidity, Arduino Uno, automatic monitoring system.*

DAFTAR ISI

COVER

KATA PENGANTAR	ii
ABSTRAK.....	iv
DAFTAR ISI.....	I-1
DAFTAR GAMBAR.....	I-4
DAFTAR TABEL	I-6

BAB I PENDAHULUAN

I-7

1.1 Latar Belakang.....	I-7
1.2 Rumusan Masalah	I-10
1.3 Batasan Masalah	I-10
1.4 Tujuan Penelitian.....	I-10
1.5 Manfaat Penelitian.....	I-10

2.1 BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....

II-4

2.1 Tinjauan Penelitian.....	II-5
2.2 Landasan Teori	II-5
2.2.1 Teh	II-6
2.2.2 Fermentasi Teh (Oksidasi).....	II-7
2.2.3 Monitoring	II-7
2.2.4 Kontrol	II-8
2.2.5 Sistem Kontrol Suhu	II-8
2.2.6 Mikrokontroler.....	II-8
2.2.7 Arduino	II-9
2.2.8 Bagian - Bagian Arduino	II-11
2.2.9 Jenis –jenis Arduino.....	II-13
2.2.10 DHT22	II-14
2.2.11 Relay 4 Channel	II-15
2.2.12 Modul sensor arus Dc	II-15
2.2.13 RTC	II-18
2.2.14 Push botton	II-19

2.2.15 Humidifier	II-20
-------------------------	-------

2.2.16 Exhaust Fan.....	I-20
2.2.17 Pemanas Ruangan.....	II-21
2.2.18 Liquid Crystal Display (LCD) 2 x 16Load Cell	II-22
2.2.19 Power Supply.....	II-25
2.2 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	III-27
3.1 Alat dan Bahan Penelitian	III-27
3.1.1 Laptop	III-27
3.1.2 Arduino ide	III-28
3.1.3 Arduino uno	III-28
3.1.4 Sensor dht 22.....	III-29
3.1.5 Sensor arus dc Ina	III-30
3.1.6 RTC (<i>Real Time Clock</i>)	III-30
3.1.7 <i>Relay 4 Chanel</i> (saluran).....	III-31
3.1.8 Modul Step down.....	III-32
3.1.9 LCD display I2C 2x16	III-33
3.1.10 Power Suplay.....	III-33
3.1.11 Fan	III-34
3.1.12 Humidifier	III-35
3.1.13 Pemanas ruangan	III-36
3.1.14 Push botton mini dc	III-36
3.1.15 Load cell	III-37
3.1.16 Buzzer	III-38
3.1.17 Alat penelitian	III-38
3.1 Alur Penelitian	III-38
3.2.1 Flowchart Penelitian	III-39
3.2 Deskripsi Sistem Dan Analissis	III-40
3.3 Perancangan Kontrol & Monitoring Suhu Kelembapan Pada Ruangan Proses Fermentasi Teh Hitam	III-40
3.4.1 Perancangan hardware	III-41
3.4.2 Blok diagram perancangan Hardware.....	III-42
3.4.3 Alur Sistem	III-43
3.4.4 Rangkaian Sistem keseluruhan	III-44

3.5	Perancangan Kontruksi	I-44
3.6	Diskripsi sistem dan Analisi	III-45
2.3	BAB IV PENGUJIAN DAN PENELITIAN	IV-3
4.1.	Deskripsi Penelitian	IV-3
4.2.	Hasil Penelitian	IV-3
4.2.1	Perbandingan Alat.....	IV-3
1.	Perbandingan alat dengan alat fermentasi daun teh asli	IV-3
2.	Analisa	IV-4
4.2.2	Pengujian Tanpa Sistem.....	IV-5
4.3	Pengujian sistem keseluruhan	IV-5
4.3.1	Pengujian suhu dan kelembapan.....	IV-6
1.	Pengujian pertama.....	IV-6
2.	Pengujian kedua	IV-7
2.4	BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	V-10
4.1	Kesimpulan.....	V-10
4.2	Saran	V-10
2.5	DAFTAR PUSTAKA	V-12

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pucuk daun The	I-5
Gambar 2.2 Mikrokontroler	II-8
Gambar 2.3 Arduino.....	II-9
Gambar 2.4 Sensor Dh221	II-13
Gambar 2.5 Relay 4 channel	II-14
Gambar 2.6 Modul sensor Arus DC.....	II-15
Gambar2.7 RTC(Real team clock).....	II-18
Gambar 2.8 Push button	II-19
Gambar 2.9 Humidifier	II-19
Gambar 2.10 Exhaust fan	II-20
Gambar 2.11 Heater	II-20
Gambar 2.12 Lcd display	II-21
Gambar 2.13 Bentuk fisik sensor load cell	II-24
Gambar 2.14 power supplay.....	II-26
Gambar 3.1 windows (laptop).....	III-27
Gambar 3.2 Logo Arduino	III-28
Gambar 3.3 Arduino uno.....	III-28
Gambar 3.4 hubungan sensor DHT 22 dengan arduino	III-29
Gambar 3.5 Hubungan sensor arus dc ACS dengan arduino	III-29
Gambar 3.6 RTC (<i>Real Time Clock</i>).....	III-30
Gambar 3.7 <i>Relay 4 chanel</i> (saluran).....	III-31
Gambar 3.8 <i>Modul Step down</i>	III-31
Gambar 3.9 LCD display I2C 2x16	III-32
Gambar 3.10 Power Supplay.....	III-33

Gambar 3.11 Fan siklus udara masuk dan keluar.....	I-34
Gambar 3.12 Humidifier	III-34
Gambar 3.13 Pemanas ruangan	III-35
Gambar 3.14 push botton mini dc	III-36
Gambar 3.15 Load cell	III-37
Gambar 3.16 Buzzer.....	III-37
<i>Gambar 3.17 Flowchart Penelitian</i>	<i>III-39</i>
Gambar 3.18 blok diagram perancangan.....	III-41
<i>Gambar 4.19 Flowchart Penelitian</i>	<i>III-42</i>
Gambar 3.20 Rangkaian sistem kesuluruhan	III-43
Gambar 3.21 Tampilan Luar	III-44
Gambar 3.22 Tampilan Dalam	III-45
Gambar 4.23 Perbandingan Suhu DHT Vs HTC	IV-6
Gambar 4.24 Perbandingan Kelembaban DHT Vs HTC	IV-7

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Tabel Perbandingan Alat dengan Prototype	V-4
Tabel 4.2 Tabel pengujian objek tanpa sistem.....	IV-5
Tabel 4.3 pengujian menggunakan kontrol tanpa objek daun teh.....	IV-6
Tabel 4.4 pengujian kontrol menggunakan daun teh selama	IV-7

BAB I

2.6 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fermentasi adalah proses biokimia yang melibatkan perubahan kimia pada suatu bahan oleh aktivitas mikroorganisme seperti bakteri, jamur, atau enzim. Proses ini sering digunakan dalam produksi makanan, minuman, dan produk lainnya.

Definisi Fermentasi

1. Proses Biokimia: Fermentasi melibatkan penguraian atau transformasi senyawa kimia oleh aktivitas biologis.
2. Peran Mikroorganisme: Mikroorganisme seperti bakteri atau jamur berperan dalam proses fermentasi.

Proses fermentasi teh adalah tahap penting dalam produksi beberapa jenis teh, terutama teh hitam, yang mempengaruhi kualitas, rasa, dan aroma produk akhir.

Jenis Fermentasi Teh

1. Teh Hitam: Mengalami fermentasi (oksidasi) penuh, memberikan warna merah kecoklatan dan rasa kuat.
2. Teh Oolong: Fermentasi parsial, berada di antara teh hijau dan teh hitam.
3. Teh Hijau: Minimal atau tanpa fermentasi, mempertahankan warna hijau dan rasa segar.

Fermentasi teh adalah proses oksidasi enzimatis yang terjadi pada daun teh setelah pemetikan, yang dapat mengubah warna, rasa, dan aroma teh. Berikut adalah penjelasan tentang proses fermentasi teh, komponen, cara kerjanya, dan perhitungannya:

Proses Fermentasi Teh

1. Pemetikan: Daun teh dipetik dari tanaman teh.
2. Pengeringan: Daun teh dikeringkan untuk mengurangi kadar air.
3. Penggilingan: Daun teh digiling untuk memecahkan sel-sel daun dan melepaskan enzim.
4. Fermentasi: Enzim polifenol oksidase mengoksidasi polifenol dalam daun teh, yang menyebabkan perubahan warna, rasa, dan aroma.

5. Pengeringan akhir: Teh yang telah difermentasi dikeringkan untuk menghentikan proses fermentasi.

Cara Kerja Fermentasi Teh

1. Aktivitas enzim: Enzim polifenol oksidase diaktifkan oleh penggilingan daun teh.
2. Oksidasi polifenol: Enzim polifenol oksidase mengoksidasi polifenol dalam daun teh, yang menyebabkan perubahan warna, rasa, dan aroma.
3. Pembentukan senyawa baru: Oksidasi polifenol menghasilkan senyawa baru yang berkontribusi pada rasa dan aroma teh.

Perhitungan Fermentasi Teh

Waktu fermentasi: Waktu yang diperlukan untuk proses fermentasi, biasanya beberapa jam.

Suhu fermentasi: Suhu yang optimal untuk proses fermentasi, biasanya antara 20-30°C.

Kadar air: Kadar air yang optimal untuk proses fermentasi, biasanya antara 70-80%.

Perhitungan fermentasi teh dapat dilakukan dengan mengukur perubahan warna, rasa, dan aroma teh selama proses fermentasi. Namun, perhitungan yang lebih spesifik dapat dilakukan dengan mengukur kadar polifenol dan senyawa lainnya yang terkait dengan proses fermentasi.

(Hanum, n.d.) Fermentasi teh memiliki peran penting dalam menentukan kualitas dan karakteristik teh. Dengan memahami proses fermentasi teh, komponen, cara kerjanya, dan perhitungannya, kita dapat mengoptimalkan proses fermentasi untuk mendapatkan teh dengan kualitas yang diinginkan. Teh yang tergolong bagus adalah sebagai berikut

1. Bentuk dan warna daun kering: utuh, seragam, berwarna sesuai jenisnya (misal teh hijau hijau segar, teh hitam coklat kehitaman berkilau).
2. Aroma: harum, khas, tidak apek.
3. Rasa: seimbang antara manis, sepat (astringency), dan pahit lembut.
4. Warna seduhan: bening, cerah (misalnya teh hijau hijau kekuningan, teh hitam merah keemasan).

Yang membuat teh menjadi bagus banyak faktor, biasanya disebut “*from field to cup*” (dari kebun sampai cangkir):

1. Jenis tanaman (cultivar/klon) – misalnya klon tertentu punya kadar katekin tinggi → lebih wangi dan kaya rasa.
2. Kondisi tumbuh – ketinggian tempat, iklim, tanah. Teh dataran tinggi (di atas 1.000 mdpl) umumnya lebih halus rasanya.
3. Cara pemetikan – pucuk muda (2 daun 1 tunas) menghasilkan teh berkualitas tinggi; kalau daun tua, kualitas menurun.
4. Proses pascapanen – layu, pelayuan, penggulungan, fermentasi (untuk teh hitam/oolong), pengeringan ini sangat menentukan aroma dan rasa.
5. Kontaminasi – tidak boleh tercampur batang kasar, debu, jamur, atau bau asing.

Yang mempengaruhi kualitas teh setiap jenis teh beda prosesnya:

1. Teh Hijau tidak difermentasi. Daun dipanaskan cepat (steam/pan firing) untuk hentikan enzim rasa segar, warna hijau.
2. Teh Oolong fermentasi parsial (30–70%) aroma floral, rasa kompleks.
3. Teh Hitam fermentasi penuh (enzim polifenol oksidase aktif) terbentuk theaflavin & thearubigin warna merah keemasan, rasa kuat.

Akibat pada teh kalau suhu fermentasi 20°C. selama 80 menit tidak tercapai suhu fermentasi yang tidak optimal dapat mempengaruhi kualitas teh. Jika suhu fermentasi 20°C tidak tercapai selama 80 menit, maka proses fermentasi mungkin tidak berjalan dengan baik. Misalkan memiliki sampel teh yang difermentasi pada suhu 20°C selama 80 menit. Jika aktivitas enzim polifenol oksidase pada suhu optimal (25°C) adalah 100%, maka pada suhu 20°C, aktivitas enzim dapat menurun menjadi 60%

1.2 Rumus Masalah.

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol suhu dan kelembaban otomatis pada proses fermentasi daun teh?
2. Bagaimana memonitor parameter fermentasi (suhu dan kelembaban) secara real-time dan menyimpannya sebagai data historis?
3. Sejauh mana sistem ini dapat menjaga kestabilan suhu dan kelembaban sesuai dengan kebutuhan proses fermentasi?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang terdapat pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Sistem hanya difokuskan pada pengendalian suhu dan kelembaban selama proses fermentasi daun teh.
2. Proses fermentasi yang dikontrol hanya untuk jenis teh hitam, karena memerlukan fermentasi yang paling sensitif terhadap suhu dan kelembaban.
3. Sistem kontrol menggunakan mikrokontroler Arduino Uno atau ESP32.
4. Sensor yang digunakan terbatas pada DHT22 atau SHT31 untuk pembacaan suhu dan kelembaban.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Merancang dan membangun sistem otomatis untuk mengontrol suhu dan kelembaban selama proses fermentasi daun teh.
2. Mengembangkan sistem monitoring real-time yang mampu membaca, menampilkan, dan mencatat data suhu serta kelembaban.
3. Menguji kinerja sistem dalam menjaga parameter fermentasi pada batas optimal untuk meningkatkan kualitas teh.

1.5 Manfaat penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah:

1. Bagi petani atau produsen teh: Membantu meningkatkan kualitas teh dengan fermentasi yang lebih konsisten dan terkontrol.
2. Bagi peneliti atau akademisi: Menjadi referensi dalam pengembangan teknologi otomatisasi di bidang pertanian dan pangan, khususnya proses pascapanen.
3. Bagi dunia industri: Memberikan gambaran penerapan sistem otomasi sederhana dan murah yang dapat diadopsi oleh UMKM atau industri kecil.
4. Bagi pengembangan teknologi: Menunjukkan potensi pemanfaatan mikrokontroler (seperti Arduino) dalam sistem kontrol lingkungan

berbasis sensor