

**PENERAPAN INKUBATOR YANG DILENGKAPI SISTEM KONTROL  
FUZZY LOGIC DAN IOT DALAM PEMBUATAN  
VIRGIN COCONUT OIL (VCO)**



**MUH. FAYIZ SYAMSUDDIN  
G041201029**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2024**

Optimized using  
trial version  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)

**PENERAPAN INKUBATOR YANG DILENGKAPI SISTEM KONTROL  
FUZZY LOGIC DAN IOT DALAM PEMBUATAN  
VIRGIN COCONUT OIL (VCO)**

**MUH. FAYIZ SYAMSUDDIN  
G041201029**



**ROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2024**

Optimized using  
trial version  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)

**PENERAPAN INKUBATOR YANG DILENGKAPI SISTEM KONTROL  
FUZZY LOGIC DAN IOT DALAM PEMBUATAN  
VIRGIN COCONUT OIL (VCO)**

**MUH. FAYIZ SYAMSUDDIN  
G041201029**

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknologi  
Pertanian (S.TP)

Program Studi Teknik Pertanian

pada



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2024**

**HALAMAN PENGESAHAN****PENERAPAN INKUBATOR YANG DILENGKAPI SISTEM KONTROL  
FUZZY LOGIC DAN IOT DALAM PEMBUATAN  
VIRGIN COCONUT OIL (VCO)**

**MUH. FAYIZ SYAMSUDDIN**  
**G041201029**

Skripsi,

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana Pada Tanggal 29  
Oktober 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan pada

Program Studi Teknik Pertanian  
Departemen Teknologi Pertanian  
Fakultas Pertanian  
Universitas Hasanuddin  
Makassar

Mengesahkan,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Dr. Ir. Abdul Waris, MT  
NIP. 19620727 198903 1 002



Muhammad Tahir Sapsal, S.TP., M.Si  
NIP. 19840716 201212 1 002

Ketua Program Studi,  
Teknik Pertanian



Diyah Yumeina, S.TP., M.Agr., Ph.D.  
NIP. 19810129 200912 2 003

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "Penerapan Inkubator yang Dilengkapi Sistem Kontrol *Fuzzy Logic* dan IoT dalam Pembuatan *Virgin Coconut Oil* (VCO)" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Dr. Ir. Abdul Waris, MT dan Muhammad Tahir Sapsal, S.TP., M.Si). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 07 November 2024



MUH. FAYIZ SYAMSUDDIN  
G041201029



## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian yang saya lakukan dapat terlaksana dengan sukses dan disertasi ini dapat terampungkan atas bimbingan, diskusi dan arahan Bapak Dr. Ir. **Abdul Waris, MT** sebagai pembimbing utama dan Bapak **Muhammad Tahir Sapsal, S.TP., M.Si** sebagai pembimbing pendamping. Saya mengucapkan berlimpah terima kasih kepada mereka. Terima kasih juga saya sampaikan kepada **Yuliana Mahmuddin, Muh. Afif Luthfiansyah, Erika Putri** dan **Cindy Claudia Inriwati** atas bantuan dalam penelitian.

Ucapan terima kasih juga saya ucapkan kepada pimpinan Universitas Hasanuddin yang telah memfasilitasi saya menempuh program sarjana serta para dosen dan rekan-rekan Aktuator dalam tim penelitian.

Akhirnya, kepada kedua **orang tua** tercinta saya mengucapkan limpah terima kasih dan sembah sujud atas doa, pengorbanan dan motivasi mereka selama saya menempuh pendidikan. Penghargaan yang besar juga saya sampaikan kepada saudara dan seluruh keluarga atas motivasi dan dukungan yang tak ternilai.

Penulis,  
  
Muh. Fayiz Syamsuddin



## ABSTRAK

MUH. FAYIZ SYAMSUDDIN. **Penerapan Inkubator yang Dilengkapi Sistem Kontrol *Fuzzy Logic* dan IoT dalam Pembuatan *Virgin Coconut Oil* (VCO)** (dibimbing oleh Abdul Waris Dan Muhammad Tahir Sapsal).

**Latar belakang.** *Virgin Coconut Oil* (VCO) merupakan minyak kelapa murni yang terbuat dari daging buah kelapa segar. Pembuatan VCO dengan menggunakan inkubator dapat menjaga suhu dengan stabil sehingga menghasilkan VCO dengan rendemen, kadar air, dan warna yang sesuai dengan SNI. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui mutu VCO yang dihasilkan dan kinerja inkubator yang dilengkapi sistem kontrol *fuzzy logic* dan sistem *monitoring* IoT pada proses pembuatan VCO dengan cara fermentasi spontan. **Metode.** Penelitian ini meliputi perancangan kaidah kontrol untuk mengendalikan suhu udara dan kipas pada inkubator, uji presisi sistem IoT, dan uji kinerja inkubator. Parameter yang diamati yaitu suhu udara, daya dan energi listrik, rendemen, dan kadar air. **Hasil.** Sistem IoT yang diterapkan mampu mengirim dan menyimpan data dalam bentuk visual dan dalam format excel selama proses fermentasi. Kaidah-kaidah kontrol mampu mengatur daya listrik sehingga *overshoot* suhu udara sangat kecil (0,1% dan 0,2%), *settling time* relatif singkat (9 dan 4 menit), suhu udara stabil, dan *error steady state* sebesar 0,1% dan 0,2% (dalam batas toleransi). Penerapan sistem kendali pada pembuatan VCO suhu fermentasi 32 °C dan 40 °C menunjukkan bahwa rendemen yang dihasilkan dengan inkubator lebih rendah dibanding dengan menggunakan biofermentor yang terpaut sekitar 5% namun, kadar air yang diperoleh lebih rendah dibandingkan dengan biofermentor yang terpaut 0,02% dari 0,08% sedangkan kadar air dengan inkubator terendah sebesar 0,06%. Daya listrik yang digunakan menurun secara bertahap dan hanya sesekali aktif sedangkan energi listrik yang digunakan sebesar 4,8 dan 5,2 kWh lebih besar dibandingkan dengan biofermentor. **Kesimpulan.** Rendemen dan kadar air VCO yang dihasilkan dengan inkubator telah memenuhi SNI yang dimana lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan biofermentor. Inkubator yang terkontrol *fuzzy logic* mampu bekerja dengan baik yang ditandai dengan respon transien baik dan respon *error steady state* stabil.

Kata kunci: *Fuzzy Logic*, Inkubator, VCO



## ABSTRACT

MUH. FAYIZ SYAMSUDDIN. **Application of Incubator Equipped with Fuzzy Logic Control System and IoT in Making Virgin Coconut Oil (VCO)** (supervised by Abdul Waris and Muhammad Tahir Sapsal).

**Background.** Virgin Coconut Oil (VCO) is a pure coconut oil made from fresh coconut meat. Making VCO by using an incubator can maintain a stable temperature so as to produce VCO with yield, water content, and color in accordance with SNI.

**Purpose.** This research is to determine the quality of VCO produced and the performance of incubators equipped with fuzzy logic control systems and IoT monitoring systems in the process of making VCO by spontaneous fermentation.

**Methods.** This research method includes designing control rules to control the air temperature and fan in the incubator, testing the precision of the IoT system, and testing the performance of the incubator. The parameters observed were air temperature, electrical power and energy, yield, and water content. **Results.** The implemented IoT system was able to send and store data in visual form and in excel format during the fermentation process. The control rules are able to regulate electrical power so that the overshoot of air temperature is very small (0.1% and 0.2%), the settling time is relatively short (9 and 4 minutes), the air temperature is stable, and the steady state error is 0.1% and 0.2% (within tolerance limits). The application of the control system to the manufacture of VCO at fermentation temperatures of 32 °C and 40 °C shows that the yield produced with the incubator is lower than that using the biofermentor which is about 5% adrift, however, the moisture content obtained is lower than that using the biofermentor which is 0.02% adrift from 0.08% while the moisture content with the incubator is the lowest at 0.06%. The electrical power used decreased gradually and was only occasionally active while the electrical energy used of 4.8 and 5.2 kWh was greater than that of the biofermentor.

**Conclusion.** The yield value and water content of VCO produced with incubators have met SNI standards which are lower than using biofermentors. The fuzzy logic controlled incubator is able to work well characterized by good transient response and stable steady state error response.

Keywords: Fuzzy Logic, Incubator, VCO.





## DAFTAR ISI

	Halaman
JUDUL SKRIPSI .....	i
PERNYATAAN PENGAJUAN .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK .....	vi
<i>ABSTRACT</i> .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	1
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan dan Manfaat.....	2
BAB II. METODE PENELITIAN.....	3
2.1. Tempat dan Waktu.....	3
2.2. Bahan dan Alat .....	3
2.3. Prosedur Penelitian .....	3
BAB III. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	13
3.1. Deskripsi Inkubator.....	13
3.2. Uji Fungsional.....	13
3.3. Hasil Uji Kinerja .....	17
3.4. Daya dan Energi Listrik yang Digunakan.....	19
3.5.  .....	22
3.6.  .....	23
3.7.  .....	24
3.8.  .....	25

4.1. Kesimpulan .....	25
4.2. Saran .....	25
DAFTAR PUSTAKA .....	26
LAMPIRAN.....	28
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	38



**DAFTAR TABEL**

Tabel 1. Matriks <i>error</i> , <i>delta error</i> , dan <i>output</i> .....	7
Tabel 2. Jumlah energi listrik pembuatan VCO.....	21
Tabel 3. Rendemen VCO.....	22
Tabel 4. Suhu inkubator selama proses uji gain .....	28
Tabel 5. Suhu ruang atas dan bawah inkubator selama pengujian kipas ...	28
Tabel 6. Suhu inkubator yang terkontrol <i>fuzzy logic</i> .....	29
Tabel 7. Respon transien suhu udara inkubator .....	30
Tabel 8. Respon <i>steady state</i> suhu udara inkubator pada <i>setting point 32 °C</i> .....	30
Tabel 9. Respon <i>steady state</i> suhu udara inkubator pada <i>setting point 40 °C</i> .....	31
Tabel 10. Daya listrik yang digunakan pada setting point 32 °C .....	32
Tabel 11. Daya listrik yang digunakan pada <i>setting point 40 °C</i> .....	32



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Diagram alir penelitian .....	4
Gambar 2. Diagram blok sistem kontrol dan <i>monitoring</i> .....	5
Gambar 3. Fungsi keanggotaan segitiga untuk <i>error</i> .....	7
Gambar 4. Fungsi keanggotaan segitiga untuk <i>delta error</i> .....	7
Gambar 5. Fungsi keanggotaan <i>singleton</i> untuk PWM .....	7
Gambar 6. Algoritma program pada ESP8266 .....	8
Gambar 7. Tampilan inkubator .....	13
Gambar 8. Suhu udara inkubator selama uji gain .....	14
Gambar 9. Suhu udara ruang atas dan bawah inkubator.....	15
Gambar 10. Hubungan antara <i>error</i> dan <i>delta error</i> untuk PWM.....	15
Gambar 11. Respon transien suhu udara inkubator dengan kontrol <i>fuzzy fuzzy logic</i> .....	16
Gambar 12. Hasil <i>monitoring</i> suhu udara dan daya menggunakan <i>Thingspeak</i> .....	17
Gambar 13. Respon transien suhu udara inkubator pada <i>setting point 40 °C</i> .....	17
Gambar 14. Respon transien suhu udara inkubator pada <i>setting point 32 °C</i> .....	18
Gambar 15. Respon <i>steady state</i> suhu udara inkubator pada <i>setting point 40 °C</i> .....	18
Gambar 16. Respon <i>steady state</i> suhu udara inkubator pada <i>setting point 32 °C</i> .....	19
Gambar 17. Daya <i>infraredlamp</i> yang diberikan selama fermentasi pada <i>setting point 40 °C</i> .....	20
Gambar 18. Daya <i>infraredlamp</i> yang diberikan selama fermentasi pada <i>setting point 32 °C</i> .....	20
Gambar 19. Visualisasi daya listrik yang diberikan pada <i>infraredlamp</i> .....	21
men tiap perlakuan.....	22
adar air tiap perlakuan .....	23
ji kadar air suhu 40 °C.....	33
ji kadar air suhu 32 °C.....	33



Gambar 24. Tampilan suhu bahan selama proses fermentasi ..... 34

Gambar 25. Tampilan suhu inkubator dan daya listrik selama proses fermentasi..... 34

Gambar 26. Tampilan suhu atas dan bawah inkubator selama proses fermentasi..... 34

Gambar 27. Tampilan RH dan suhu lingkungan selama proses fermentasi..... 34

Gambar 28. Proses pengujian alat..... 35

Gambar 29. Proses pemilihan, pamarutan serta pemerasan kelapa ..... 35

Gambar 30. Santan siap di fermentasi..... 35

Gambar 31. Santan telah difermentasi ..... 36

Gambar 32. Proses pemisahan minyak, air, dan blondo menggunakan mesin *sentrifuge* ..... 36

Gambar 33. Proses pemisahan antara air dan minyak menggunakan pompa minyak ..... 36

Gambar 34. Proses penyaringan menggunakan *vacum filter* ..... 37

Gambar 35. VCO yang diperoleh ..... 37



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Uji gain.....	28
Lampiran 2. Suhu ruang atas dan bawah inkubator .....	28
Lampiran 3. Pengujian sistem kontrol <i>fuzzy logic</i> .....	29
Lampiran 4. Respon transien .....	30
Lampiran 5. Respon <i>steady state</i> .....	30
Lampiran 6. Daya listrik yang digunakan .....	32
Lampiran 7. Dokumentasi analisis kadar air .....	33
Lampiran 8. Dokumentasi sistem <i>monitoring</i> IoT .....	34
Lampiran 9. Dokumentasi penelitian.....	35



## BAB I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Proses pembuatan *Virgin Coconut Oil* (VCO) dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai jenis metode, seperti metode konvensional, metode fermentasi, metode sentrifugasi, metode enzimatik dan beberapa yang menggunakan biofermentor. Berdasarkan penelitian Ayusari (2022), bahwa pembuatan VCO dengan biofermentor menghasilkan produk VCO yang kadar airnya lebih rendah, warnanya bening dan rendemen yang tinggi, namun berdasarkan pengamatan biofermentor tidak fleksibel diterapkan pada produksi VCO kapasitas yang relatif besar, karena wadah fermentasi yang digunakan berbahan kaca dengan biaya yang mahal, santan yang dipanasi harus disorot langsung oleh sumber panas serta harus menggunakan sejumlah sensor suhu yang khusus untuk air. Untuk mengatasi kekurangan dari biofermentor dapat dilakukan dengan menggunakan inkubator.

Menurut Swain (2014), inkubator adalah sebuah ruangan tertutup yang dipanasi untuk menyediakan lingkungan yang stabil dan terkontrol. Inkubator yang digunakan ini berfungsi untuk mengatur beberapa variabel dalam ruang atau lingkungan, seperti kelembaban dan suhu. Dalam inkubator yang kapasitasnya besar digunakan kipas untuk dapat meratakan atau menyeragamkan suhu sehingga suhu pada ruang inkubator akan tetap stabil. Selain itu, inkubator ini memerlukan sebuah sistem kontrol yang dapat mengendalikan setiap komponen dari inkubator pada prosesnya. Tujuan dari sistem kontrol ini untuk membuat sistem dapat bekerja lebih baik atau optimal sesuai yang diharapkan (Agustian, 2019).

Untuk dapat menggunakan inkubator untuk produksi VCO digunakan sistem kontrol cerdas. Sistem kontrol cerdas yang digunakan yaitu sistem kontrol *fuzzy logic*, sistem ini bekerja sebagai sebuah sistem yang digunakan dengan cara kerja yang ditujukan untuk membantu memperoleh pemecahan masalah dengan cepat dan efisien (Negnevitsky, 2005). Sistem ini diharapkan dapat menjaga kestabilan suhu pada ruang inkubator dalam proses pembuatan VCO. Selain itu, digunakan sistem *monitoring Internet of Things* (IoT) yang diharapkan dapat merekam data secara *onsite* maupun secara *online* yang akan dikirim ke *smartphone* agar suhu pada lingkungan inkubator dapat dipantau secara terus-menerus.

Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian mengenai proses pembuatan VCO dengan menggunakan inkubator yang dilengkapi dengan sistem kontrol *fuzzy logic* dan sistem *monitoring* IoT untuk mempermudah pengamatan mengenai proses fermentasi di dalam inkubator. Penelitian ini diharapkan inkubator VCO sesuai dengan SNI.



Salah

CO yang dihasilkan oleh inkubator dengan menerapkan *monitoring* IoT sesuai dengan SNI?

pengontrol *fuzzy logic* dapat mengendalikan inkubator?

3. Bagaimana kinerja inkubator yg dilengkapi sistem pengontrol *fuzzy logic* dan *monitoring* IoT?

### 1.3. Batasan Masalah

1. Inkubator telah ada, dalam penelitian ini dilakukan perancangan sistem kontrol.
2. Dalam penelitian ini volume santan kelapa yang digunakan 15 L.
3. Mesin inferensi *fuzzy* yang digunakan adalah Sugeno.
4. Suhu inkubator yang digunakan adalah suhu 32 °C dan 40 °C.
5. Uji mutu yang diamati adalah kadar air dan warna secara visual.

### 1.4. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui mutu VCO yang dihasilkan dan kinerja inkubator yang dilengkapi sistem kontrol *fuzzy logic* dan sistem *monitoring* IoT pada proses pembuatan VCO dengan cara fermentasi spontan.

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai bahan informasi terkait alat alternatif bagi produsen dalam membuat VCO dengan inkubator serta menjadi model dalam penerapan sistem kendali *fuzzy logic* pada alat dan mesin pertanian.





## BAB II. METODE PENELITIAN

### 2.1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Juli 2024, bertempat di Jalan Al-Kharizmi blok Gi/3, dan Laboratorium Teknik Pertanian, Kecamatan Tamalanrea, Kota Makassar.

### 2.2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu santan kelapa dan air. Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu inkubator 115×70×70 cm, timbangan digital 4 digit, oven, wadah plastik berukuran 32L, botol penyimpan minyak, mesin *vacum filter*, mesin *sentrifuge*, pompa minyak, kertas saring, gelas ukur 1000 mL, wadah plastik, sendok, arduino Uno R3, NodeMCU ESP8266, *fan* 12 volt, *infraredlamp* 150 Watt, LM35, SHT11, Watt meter, kWh meter, panel *box*, *Solid state relay* tipe DA, *software Matlab*, *Thingspeak* dan laptop.

### 2.3. Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap yaitu studi literatur, mempelajari *hardware* inkubator, perancangan sistem kontrol dan *monitoring*, menyiapkan komponen sistem kontrol dan *monitoring*, persiapan alat dan bahan, merakit sistem *monitoring* IoT, membuat program kontrol dan *monitoring*, uji fungsional, uji kinerja dan analisis data. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1.

#### 2.3.1 Mempelajari *Hardware* Inkubator

Mempelajari *hardware* inkubator penting dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari inkubator mulai dari prinsip kerja, komponen penyusun, sistem perangkat keras, spesifikasi alat dan melakukan identifikasi sistem dengan uji gain. Uji gain dilakukan untuk mengetahui apakah daya pada alat inkubator dapat melampaui suhu *setpoint*. Adapun persamaan untuk menghitung besar gain sebagai berikut.

$$\text{Gain} = \frac{\Delta T}{\Delta t} \quad (1)$$

Dimana:

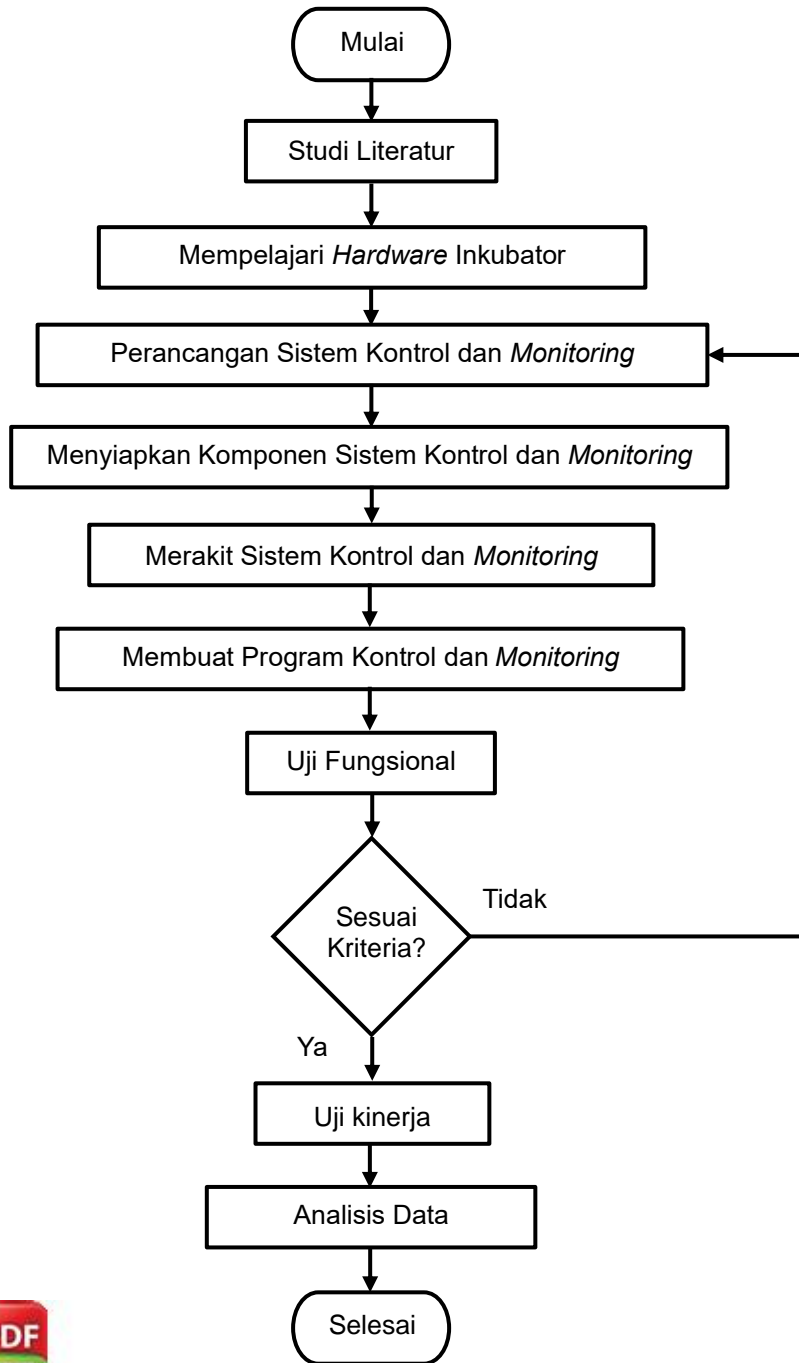
$\Delta T$  = Perubahan suhu (°C)

$\Delta t$  = Perubahan waktu (s)

#### 2.3.2 Perancangan Sistem Kontrol dan *Monitoring*

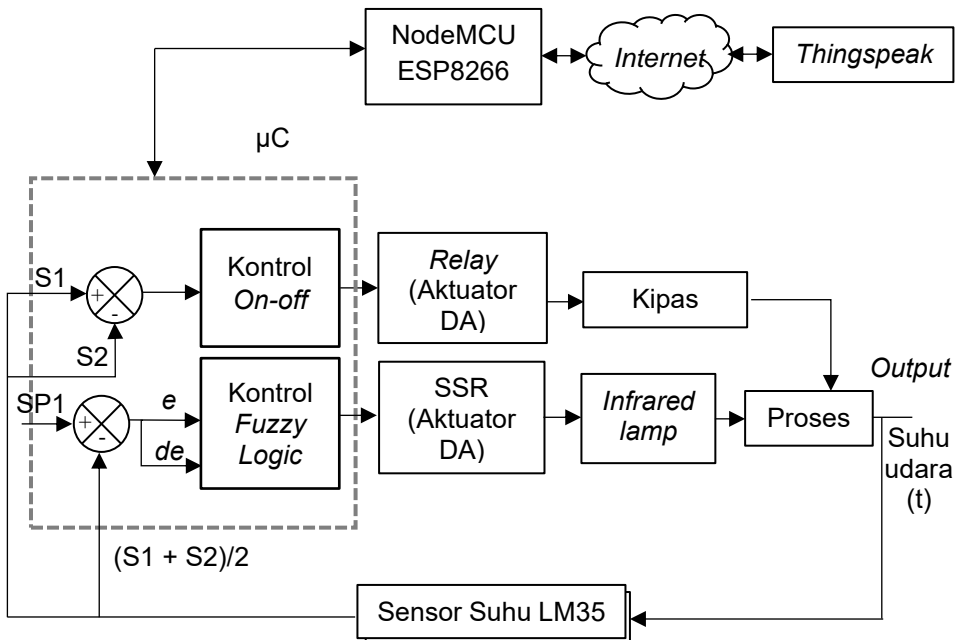
Pada tahapan ini dilakukan perancangan sistem kontrol dan *monitoring* yang inkubator. Sistem kontrol dan *monitoring* dirancang dengan komponen utama seperti arduino uno R3, LM35, *solid state relay*, NodeMCU ESP8266, *Thingspeak* dan *smartphone*. Secara umum melalui Gambar 2.





Gambar 1. Bagan alir penelitian.





Gambar 2. Diagram blok sistem kontrol dan *monitoring*.

1. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Uno R3. Arduino ini berfungsi sebagai pusat pengendali untuk menjalankan kaidah-kaidah kontrol yang telah dibuat dan ditetapkan.
2. Sensor yang digunakan adalah sensor suhu LM35 karena memiliki presisi dan juga akurasi yang tinggi. Digunakan dua sensor karena inkubator yang digunakan cukup besar sehingga suhu ruang perlu diukur pada ruang atas (S1) dan ruang bawah (S2).
3. NodeMCU ESP8266 digunakan karena sudah dilengkapi dengan *downloader* dan *power supply* regulator 5V sehingga mudah diprogram secara terpisah dengan Arduino. Digunakan untuk mengirim data dari Arduino ke WiFi.
4. *Thingspeak* digunakan sebagai aplikasi yang mampu memvisualisasi data yang bisa diedit dan juga dapat menyimpan data *logger* serta datanya bisa diunduh secara gratis.
5. Aktuator yang digunakan yaitu *Solid State Relay* (SSR) tipe DA yang digunakan untuk *infraredlamp* dan kipas.
6. *Fan* (kipas) digunakan ketika suhu udara pada ruang atas dan bawah inkubator tidak merata. Dalam penelitian ini, akan diterapkan: kipas *on* saat terjadi selisih an bawah  $> 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



akan sebagai sumber energi panas pada ruang fermentasi *Infraredlamp* digunakan 2 unit yang dirangkai secara parallel ke aktuator SSR tipe DA.

### 2.3.3 Menyiapkan Komponen Sistem Kontrol dan *Monitoring*

Komponen yang digunakan yaitu *fan*, pemanas *infraredlamp*, sensor LM35, *solid state relay* tipe DA, mikrokontroler arduino Uno R3, NodeMCU ESP8266, LCD I2C, kabel, sensor SHT11, kWh meter digital, dan panel box.

### 2.3.4 Merakit Sistem Kontrol dan *Monitoring*

Setelah sistem diketahui komponen penyusunnya maka komponen dirakit sesuai dengan data *sheet* dan fungsinya masing-masing. Kemudian dihubungkan ke kotak inkubator yang akan dikontrol dan di-*monitoring*.

### 2.3.5 Pembuatan Bahasa Program

#### 1. Sistem kontrol

Sistem kontrol dibuat dengan beberapa tahapan yaitu mendefinisikan *input/output*, menentukan semesta pembicaraan, menentukan fungsi keanggotaan dan himpunan *fuzzy*, penyusunan kaidah kontrol, simulasi kaidah menggunakan matlab yang kemudian dilanjutkan dengan membuat coding pengontrolan pada *software* arduino.

- a. Pendefinisian *input* atau *output*, *input* yang digunakan ada dua yaitu *error* (*e*) dan *delta error* (*de*). *Error* merupakan selisih antara *setting point* (*SP*) dengan suhu. Sedangkan *delta error* adalah selisih suhu sekarang dengan suhu sebelumnya. *Output* yang digunakan adalah PWM (*Pulse Width Modulation*) untuk *infraredlamp*. *Range* PWM yang dapat diberikan yaitu 0-255, sehingga pemberian nilai PWM maksimal dibatasi pada angka 255.

$$e = SP - t \quad (2)$$

$$de = e_n - e_{n-1} \quad (3)$$

Dimana:

*e* = *error*

*de* = *delta error*

*SP* = *setting point*

*t* = suhu udara inkubator rata-rata (°C)

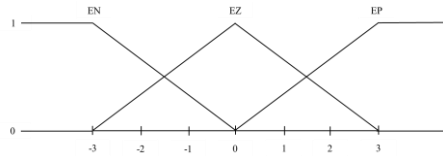
*n* = *error* ke *n*

- b. Menentukan semesta pembicaraan dan nilainya, semesta pembicaraan untuk *input* adalah *error* dan *delta error* yang bernilai positif dan negatif. Sedangkan semesta pembicaraan untuk *output* adalah PWM (*Pulse Width Modulation*). Tujuan utama pengontrolan ini yaitu untuk menaikkan suhu ruang pada kondisi stabil tanpa terjadi *overshoot*. Oleh karena itu mula-mula nilai *error* diterapkan pada *range* -3 hingga +3 dan *delta error* bernilai interval -2 hingga +2. Selanjutnya terjadi *overshoot*.

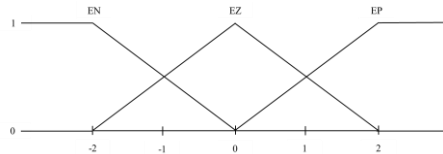


si keanggotaan dan himpunan *fuzzy*, fungsi keanggotaan yang fungsi segitiga. Fungsi segitiga dipilih karena dalam pemberian at dan menggunakan persamaan matematis yang sederhana an waktu komputasi yang kecil dibanding dengan fungsi g lain. Himpunan *fuzzy* yang digunakan yaitu berjumlah tiga onal. Untuk *error* didefinisikan dengan  $E_N = \text{error}$  negatif,  $E_Z =$

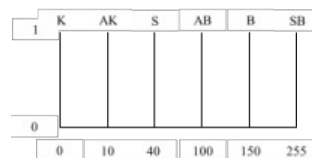
*error zero* dan *EP = error positif*. Sedangkan untuk *delta error* didefinisikan dengan *DEN = delta error negatif*, *DEZ = delta error zero* dan *DEP = delta error positif*. Fungsi keanggotaan yang digunakan untuk keluaran yaitu fungsi *singleton*. Fungsi ini menggunakan 5 *membership functional*, dimana K = kecil, AK = agak kecil, S = sedang, AB = agak besar dan B = besar.



Gambar 3. Fungsi keanggotaan segitiga untuk *error*.



Gambar 4. Fungsi keanggotaan segitiga untuk *delta error*.



Gambar 5. Fungsi keanggotaan *singleton* untuk PWM.

- d. Menyusun kaidah kontrol. Metode yang digunakan mengikuti aturan Sugeno karena memiliki representasi yang efisien. Kaidah yang dibuat termasuk dalam jenis kaidah kasar. *Rule base* (basis aturan) yang digunakan dinyatakan dalam bentuk "*IF-THEN*". Penyusunan kaidah menggunakan metode matriks dengan metode *trial and error* dengan 3 *membership functional* dan 2 *input* sehingga diperoleh 9 kaidah.

Tabel 1. Matriks *error*, *delta error*, dan *output*.

e \ de	DEN	DEZ	DEP
EN	K	K	AK
EZ	S	AB	B
EP	SB	SB	SB



Kaidah (*rules*) yang disusun dengan menggunakan metode matriks dapat dilihat sebagai berikut.

R1: *If (Error is EN) and (Delta\_Error is DEN) then (PWM is K)*

R2: *If (Error is EN) and (Delta\_Error is DEZ) then (PWM is K)*

R3: *If (Error is EN) and (Delta\_Error is DEP) then (PWM is AK)*

R4: *If (Error is EZ) and (Delta\_Error is DEN) then (PWM is S)*

R5: *If (Error is EZ) and (Delta\_Error is DEZ) then (PWM is AB)*

R6: *If (Error is EZ) and (Delta\_Error is DEP) then (PWM is B)*

R7: *If (Error is EP) and (Delta\_Error is DEN) then (PWM is SB)*

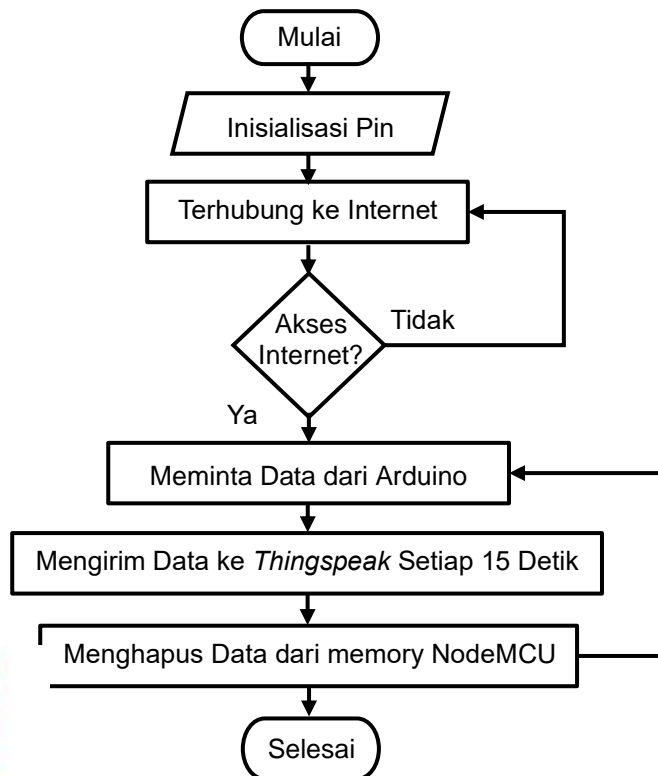
R8: *If (Error is EP) and (Delta\_Error is DEZ) then (PWM is SB)*

R9: *If (Error is EP) and (Delta\_Error is DEP) then (PWM is SB)*

- e. Simulasi Matlab. Simulasi menggunakan Matlab bertujuan untuk mengetahui hubungan *input* dengan *output*. Jika sesuai dengan yang diinginkan yaitu *error* besar, maka PWM besar, jika *error* sedang maka PWM sedang dan jika *error* kecil maka PWM juga kecil, maka selanjutnya dibuatlah program pada Arduino IDE.

## 2. Sistem *monitoring*

Algoritma penyusunan program sistem *monitoring* IoT pada *Thingspeak* dengan menggunakan NODEMCU ESP8266 dapat dilihat sebagai berikut.



gambar 6. Algoritma program pada ESP8266.



Inisialisasi pin dilakukan untuk memberikan nilai awal pada saat deklarasi pin-pin yang digunakan pada Arduino. Untuk dapat mengirimkan data suhu dari sensor menuju *thingspeak*, perlu terhubung ke internet terlebih dahulu dengan bantuan WiFi, NODEMCU ESP8266 mampu mengirim data dari Arduino ke *thingspeak* pada *smartphone*. Selanjutnya data yang diperoleh akan dihapus dari *memory* NodeMCU dan menerima data selanjutnya. Proses meminta, mengirim, dan menghapus data berjalan secara terus-menerus selama proses *monitoring* dan berhenti ketika alat sudah dimatikan.

### 2.3.6 Uji Fungsional

Pada tahap ini dilakukan pengujian untuk mengetahui apakah sistem yang terdiri dari perangkat keras maupun perangkat lunak dapat berjalan sesuai dengan indikator keberhasilan yang diharapkan.

1. Gain sistem cukup besar yaitu dapat melampaui batas *setting point* yang akan diterapkan (suhu inkubator 32 °C dan 40 °C).
2. Pengujian *fan* (kipas), ketika selisih antara suhu udara atas dan bawah adalah lebih besar 1 °C ( $T > 1$  °C) maka *fan* akan berputar dan apabila ( $T < 1$  °C) maka *fan* akan mati.
3. Pengujian pada sistem kontrol dilakukan dengan melihat apakah komponen yang dikontrol (kipas dan *infraredlamp*) telah berjalan sesuai dengan yang diprogramkan.
4. Pengujian fungsi IoT untuk melihat apakah *thingspeak* dapat menerima, memvisualisasikan dan menyimpan data.

### 2.3.7 Membuat VCO

Proses pembuatan VCO dapat dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut.

1. Penyortiran buah kelapa

Bahan baku utama dalam pembuatan VCO adalah santan yang dihasilkan dari buah kelapa. Buah kelapa sebagai bahan baku santan harus memiliki kandungan lemak yang baik. Pemilihan kelapa dalam pembuatan VCO dengan tingkat kematangan paling tua merupakan buah paling baik untuk dijadikan santan dengan umur 11-13 bulan yang secara fisik ditandai dengan mengeringnya sabut, daging berwarna putih dan belum tumbuh tunas (Banowati & Nurhidayati, 2021).

2. Pembuatan santan

Langkah selanjutnya yaitu pembuatan santan. Buah kelapa yang digunakan sebanyak 30 buah. Santan dihasilkan dari proses ekstraksi daging kelapa yang telah diparut dengan mesin peras. Pada proses ekstraksi santan pada mesin peras dilakukan perbandingan antara santan murni dengan penambahan air (23).



yang dilakukan pada inkubator yaitu fermentasi spontan. adalah proses fermentasi yang dilakukan tanpa adanya am bentuk starter atau ragi (Dalmadi, 2019). Fermentasi 16 jam yang dilakukan pada suhu 32 °C dan suhu 40 °C.

#### 4. Tahap pemisahan

Tahap terakhir yaitu pemisahan antara VCO, blondo dan air dengan menggunakan mesin *senrifuge*. Proses pemisahan dilakukan dengan menggunakan kecepatan 692 rpm selama 10 menit. Setelah itu, dilanjut dengan proses penyaringan menggunakan *vacuum filter*.

### 2.3.8 Uji Kinerja

Uji kinerja dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kinerja dari sistem kontrol dan *monitoring* yang diberikan pada inkubator, apakah bekerja sesuai dengan indikator keberhasilan yang diharapkan. Kriteria dari pengujian ini adalah sebagai berikut.

1. Respon transien, dimana tidak terjadi *overshoot* dan *settling time* relatif kecil (< 30 menit).
2. Respon *steady state*, dimana suhu stabil dan nilai *error steady state* suhu dalam kisaran 2-5%.

### 2.3.9 Uji Mutu

Pengujian mutu VCO dilakukan dengan mengukur rendemen, kualitas VCO (kadar air) dan warna yang dihasilkan.

#### 1. Perhitungan rendemen

Rendemen akan diketahui dengan menghitung perbandingan dari berat VCO yang dihasilkan dengan berat santan murni yang digunakan. Rendemen dihitung berdasarkan jumlah masukan dan jumlah luaran VCO yang dihasilkan (Badan Standardisasi Nasional, 2008).

#### 2. Uji kadar air VCO

Kadar air yang dihasilkan sesuai dengan Badan Standardisasi Nasional yaitu 0,2 %. Pengukuran dilakukan dengan metode oven. VCO yang telah dibuat ditimbang untuk dijadikan sampel sebanyak 5 gram di dalam cawan yang telah ditimbang sebelumnya. Kemudian dimasukkan ke oven dengan suhu 105 °C selama 1 jam lalu didinginkan selama 30 menit dan ditimbang. Ulangi hingga mencapai berat konstan dengan selisih dari penimbangan secara berturut kurang dari 0,2 mg.

#### 3. Pengamatan warna

Warna VCO yang dihasilkan harus bening dengan pengukuran secara visual sesuai ketentuan Badan Standardisasi Nasional 2008.

### 2.3.10 Analisis Data

Pada tahap ini dilakukan analisis data untuk menunjukkan kinerja inkubator maka dilakukan analisa rendemen, kualitas VCO (kadar air) yang dihasilkan dan pengukuran daya dan energi listrik.



rendemen

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{output}}{\text{input}} \times 100\% \quad (4)$$

yang terbentuk (mL)

santan murni yang digunakan (mL)



## 2. Uji kadar air VCO

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{\text{Berat bahan awal (g)} - \text{Berat bahan akhir (g)}}{\text{Berat awal (g)}} \times 100\% \quad (5)$$

## 3. Pengukuran daya dan energi listrik

Pengukuran daya dilakukan untuk mengetahui besar daya listrik selama proses fermentasi sedangkan pengukuran energi listrik bertujuan untuk mengetahui berapa besar energi listrik total yang digunakan untuk mengontrol sistem inkubator. Untuk mengetahui daya dan energi listrik yang digunakan maka pada inkubator diinstal Watt meter dan kWh meter digital.

