

**KINERJA BIOFERMENTOR TERKENDALI *EXPERT* DAN  
*MONITORING IOT* DALAM PROSES PEMBUATAN VCO  
DENGAN METODE PEMANCINGAN MINYAK**

**MUHAMMAD RIDWAN**

**G041 18 1303**



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

**2023**

**KINERJA BIOFERMENTOR TERKENDALI *EXPERT* DAN  
*MONITORING IOT* DALAM PROSES PEMBUATAN VCO  
DENGAN METODE PEMANCINGAN MINYAK**

**MUHAMMAD RIDWAN  
G041 18 1303**



Skripsi

Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar

Sarjana Teknologi Pertanian

Pada

Departemen Teknologi Pertanian

Fakultas Pertanian

Universitas Hasanuddin

Makassar

**DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN**

**FAKULTAS PERTANIAN**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2023**

## LEMBAR PENGESAHAN

### KINERJA BIOFERMENTOR TERKENDALI *EXPERT* DAN *MONITORING IOT* DALAM PROSES PEMBUATAN VCO DENGAN METODE PEMANCINGAN MINYAK

Disusun dan diajukan oleh


**MUHAMMAD RIDWAN**  
G041 18 1303


Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin pada tanggal 10 Mei 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

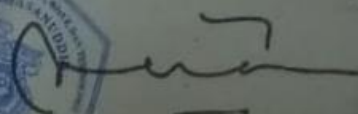
Pembimbing Pendamping

  
Dr. Ir. Abdul Waris, MT.  
NIP. 19601101 198903 1 002

  
Dr. Ir. Mahmud Achmad, MP.  
NIP. 19700603 199403 1 003

Ketua Program Studi  
Teknik Pertanian



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

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Ridwan

NIM : G041181303

Program Studi : Teknik Pertanian

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa skripsi dengan judul Kinerja Biofermentor Terkendali *Expert* dan *Monitoring IoT* dalam Proses Pembuatan VCO dengan Metode Pemancingan Minyak adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari skripsi karya saya ini membuktikan bahwa sebagian atau seluruhnya adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 10 Mei 2023

Yang Menyatakan



Muhammad Ridwan

## ABSTRAK

MUHAMMAD RIDWAN (G041 18 1303). Kinerja Biofermentor Terkendali *Expert* dan *Monitoring IoT* dalam Proses Pembuatan VCO dengan Metode Pemancingan Minyak. Pembimbing: ABDUL WARIS dan MAHMUD ACHMAD.

Biofermentor tipe laboratorium (kapasitas 5 liter) telah dirancang dan diuji dalam pembuatan VCO dimana rendemen dan kadar air yang diperoleh lebih baik dibandingkan cara konvensional. Biofermentor tersebut di *scale up* menjadi kapasitas 15 liter akan tetapi belum diketahui kinerjanya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja biofermentor pada kapasitas 15 liter yang dilengkapi sistem kendali *expert* dan *monitoring IoT* dalam proses pembuatan VCO dengan metode pemancingan minyak. Metode yang digunakan adalah mempelajari *hardware* biofermentor, pembuatan sistem kontrol dan *monitoring*, merakit sistem kontrol dan *monitoring* pada panel kontrol, membuat program dan uji kinerja. Parameter yang diamatai yaitu ketelitian *IoT*, suhu, kadar air, rendemen, daya dan energi listrik. Hasil yang diperoleh yaitu sistem *IoT* bekerja dengan presisi yang baik dalam mengirim dan menyimpan data dalam format excel di *Thingspeak*. Suhu VCO selama proses pembuatan cukup stabil, terjadi *overshoot* 2,8%, *settling time* pendek yaitu 33 menit dan *error steady state* relatif kecil (0,2-2,8%) masih dalam *range* 2-5%. Sistem kontrol pengaduk juga bekerja dengan baik, hal ini ditunjukkan oleh perbedaan suhu VCO atas dan bawah relatif kecil yaitu 1,5 °C. Rendemen dan kadar air yang dihasilkan menggunakan biofermentor yang telah di *scale up* yaitu 24% dan 0,19%, ini lebih baik dibandingkan biofermentor sebelum di *scale up* yaitu 11,5% dan 0,23%. Sistem kontrol yang diterapkan dapat mengurangi penggunaan daya listrik, ini didasarkan pada pengamatan selama 16 jam pembuatan VCO, dimana penggunaan daya berangsur-angsur turun dari 300 Watt sampai 0 Watt setelah mencapai suhu *setting point* sehingga energi listrik total yang digunakan adalah 0,5862 kWh.

**Kata Kunci:** Biofermentor, Pemancingan minyak, VCO, Kadar Air, Rendemen.

## **ABSTRACT**

MUHAMMAD RIDWAN (G041 18 1303). *Performance of Expert Controlled Biofermentor and IoT Monitoring During Manufacturing VCO Using Oil Fishing Method*. Supervisors: ABDUL WARIS and MAHMUD ACHMAD.

*A laboratory-type biofermentor (5 liters capacity) has been designed and tested in the manufacture of VCO where the yield and water content obtained are better than conventional methods. The biofermentor is being scaled up to a capacity 15 liters but its performance is unknown. The purpose of this study was to determine the performance of a biofermentor at a capacity of 15 liters equipped with an expert control system and IoT monitoring in the process of making VCO using the oil fishing method. The method in this study consist of explore biofermentor hardware, set up control and monitoring systems, assembling control and monitoring systems on the control panel, create programs and performance tests. The parameters observed were IoT accuracy, temperature, moisture content, yield, power and electrical energy. The results obtained are that the IoT system works with good precision in sending and storing data in excel format on Thingspeak. The VCO temperature during the manufacturing process is quite stable, there is an overshoot of 2.8%, the settling time is short, namely 33 minutes and the steady state error is relatively small (0.2 -2.8%), still in the range of 2 -5%. The stirrer control system also works well, this is indicated by the relatively small difference in the upper and lower VCO temperatures, which is 1.5 °C. The yield and water content produced using a scale-up biofermentor were 24% and 0.19%, this was higher than the biofermentor before being scaled up, namely 11.5% and 0.23%. The control system that is applied can reduce the use of electric power, this is based on observations during 16 hours of making VCO, where power use gradually drops from 300 Watt to 0 Watt after reaching the temperature setting point so that the total electrical energy used is 0.5862 kWh.*

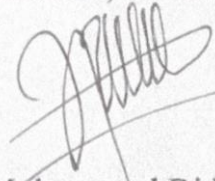
**Keywords:** *Biofermentor, Oil Fishing, VCO, Water Content, Yield*

## PERSANTUNAN

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul Kinerja Biofermentor Terkendali *Expert* dan *Monitoring IoT* dalam Proses Pembuatan VCO dengan Metode Pemancingan Minyak. Penulis menyadari bahwa selama proses pembuatan hingga skripsi ini selesai tidak lepas dari dukungan berbagai pihak baik. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini terutama kepada:

1. Kedua orang tua saya Bapak **Marpudin** dan Ibu **Salbia** yang telah memberikan dukungan, semangat dan motivasi kepada saya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak **Dr. Ir. Abdul Waris, MT.** selaku dosen pembimbing pertama yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing serta memberikan arahan baik itu petunjuk, saran dan kritikan selama proses penyusunan proposal, pelaksanaan penelitian hingga skripsi ini selesai.
3. Bapak **Dr. Ir. Mahmud Achmad, MP.** selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada saya selama proses penyelesaian skripsi ini hingga selesai.
4. **Dylan Wielfred, Musdalifah Sukma** dan **Ayusari** yang telah membantu saya selama proses penelitian mulai dari awal hingga selesai.

Makassar, 10 Mei 2023



Muhammad Ridwan

## RIWAYAT HIDUP



**Muhammad Ridwan** lahir di Malaka pada tanggal 17 Oktober 1999, anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan bapak Marpudin dan Ibu Salbia. Jenjang pendidikan formal yang pernah dilalui adalah:

1. Memulai pendidikan di SDN 7 Komba pada tahun 2006 sampai tahun 2012.
2. Melanjutkan pendidikan di jenjang menengah pertama di MTs. Keppe pada tahun 2012 sampai tahun 2015.
3. Melanjutkan pendidikan di jenjang menengah atas di SMAN 1 Larompong pada tahun 2015 sampai tahun 2018.
4. Melanjutkan pendidikan di Universitas Hasanuddin Makassar, Fakultas Pertanian, Departemen Teknologi Pertanian, Program Studi Teknik Pertanian pada tahun 2018 sampai tahun 2023.

Selama menempuh pendidikan di dunia perkuliahan, penulis aktif dalam kegiatan organisasi kampus yaitu pada Unit Kegiatan Mahasiswa Menembak Universitas Hasanuddin. Selain itu, penulis juga pernah menjadi asisten di bawah naungan *Agricultural Engineering Study Club (TSC)*.



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
ABSTRAK .....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
PERSANTUNAN .....	vii
RIWAYAT HIDUP .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan dan Kegunaan .....	2
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Kelapa ( <i>Cocos nucifera</i> ) .....	3
2.2 <i>Virgin Coconut Oil</i> (VCO) .....	3
2.3 Metode Pembuatan VCO.....	5
2.4 Bioreaktor atau Fermentor.....	8
2.5 Sistem Kontrol .....	8
2.5.1 Sistem Kontrol Lup Terbuka ( <i>Open-loop Control System</i> ) .....	8
2.5.2 Sistem Kontrol Lup Tertutup ( <i>Close-loop Control System</i> ) .....	9
2.6 Sistem <i>Expert</i> .....	9
2.7 Sistem Kontrol Pakar .....	10
2.8 Kaidah Sistem Pakar.....	11
2.9 Mikrokontroler.....	12
2.10 <i>Internet of Things</i> (IoT) .....	13
2.11 Modul WiFi.....	14

2.12 Platform <i>IoT</i> .....	14
3. METODOLOGI PENELITIAN .....	16
3.1 Waktu dan Tempat .....	16
3.2 Alat dan Bahan.....	16
3.3 Prosedur Penelitian.....	16
3.3.1 Mempelajari <i>Hardware</i> Biofermentor.....	16
3.3.2 Pembuatan Sistem Kontrol dan <i>Monitoring</i> .....	18
3.3.3 Merakit Sistem Kontrol dan Sistem <i>Monitoring</i> pada Panel Kontrol .....	18
3.3.4 Membuat Program.....	18
3.3.5 Uji Fungsional.....	19
3.3.6 Uji Kinerja.....	20
3.3.7 Metode Pengamatan.....	20
3.3.8 Analisis Data.....	21
4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1 Gambaran Umum .....	23
4.2 Uji Fungsional.....	23
4.2.1 Uji Alat tanpa Pengontrol .....	24
4.2.2 Uji Alat dengan Pengontrol.....	25
4.2.3 Uji Sistem <i>IoT</i> .....	26
4.3 Uji Kinerja .....	27
4.3.1 Uji Kinerja Pengontrol .....	27
4.3.2 Rendemen.....	28
4.3.3 Kadar Air.....	29
4.3.4 Daya dan Energi yang Digunakan .....	29
5. PENUTUP .....	31
Kesimpulan .....	31
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Diagram Balok Sistem Lup Tertutup.....	9
Gambar 2. Konsep Dasar Fungsi Sistem Pakar Berbasis Pengetahuan .....	10
Gambar 3. Struktur Dasar Kontrol Pakar .....	11
Gambar 4. Pinout NodeMCU ESP8266 .....	14
Gambar 5. Bagan Alir Penelitian.....	17
Gambar 6. Sistem Kontrol dan <i>Monitoring</i> .....	18
Gambar 7. Suhu Air di Dalam Biofermentor .....	24
Gambar 8. Pengamatan Suhu Lapisan Atas dan Bawah pada Bahan.....	24
Gambar 9. Suhu Santan Diawal Proses Pembuatan VCO.....	25
Gambar 10. Pengamatan Suhu Santan Diawal Proses Pembuatan VCO.....	26
Gambar 11. Monitoring Suhu Menggunakan Aplikasi <i>Thingspeak</i> .....	26
Gambar 12. Suhu Bahan Selama Proses Pembuatan VCO.....	27
Gambar 13. Penggunaan Daya pada Biofermentor Diawal Proses Fermentasi.....	30
Gambar 14. Pengamatan penggunaan daya pada <i>Thingspeak</i> .....	30

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Persyaratan Mutu <i>Virgin Coconut Oil</i> .....	4
Tabel 2. Rendemen VCO pada Biofermentor dan Cara Konvensional.....	28
Tabel 3. Kadar Air VCO Pada Biofermentor dan Cara Konvensional.....	29

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Biofermentor.....	34
Lampiran 2. Data Uji Alat Tanpa Kontrol .....	34
Lampiran 3. Data Uji Respon Dinamis Alat.....	35
Lampiran 4. Data Uji Respon Statis Alat .....	36
Lampiran 5. Data Penggunaan Daya Biofermentor Diawal Proses Fermentasi .....	37
Lampiran 6. Perhitungan Rendemen dengan Perbandingan Santan .....	38
Lampiran 7. Perhitungan Rendemen dengan Perbandingan Krim .....	38
Lampiran 8. Perhitungan Kadar Air .....	39
Lampiran 9. Dokumentasi Selama Penelitian.....	40



# 1. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Kelapa merupakan tanaman yang seluruh bagiannya dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan. Salah satu jenis olahan dari kelapa adalah VCO atau *Virgin Coconut Oil* dimana VCO merupakan minyak murni yang terbuat dari kelapa segar yang diekstrak. VCO memiliki berbagai manfaat untuk kesehatan serta dapat menyembuhkan berbagai penyakit, sehingga permintaan akan produksi VCO sangat tinggi, sedangkan volume produksi VCO dalam negeri masih kurang atau belum maksimal.

Pada umumnya proses pembuatan VCO dilakukan secara tradisional untuk memisahkan minyak dari air, yaitu santan dipanaskan untuk memperoleh minyak kelapa. Cara ini sangat tergantung pada besar kecilnya api yang digunakan, sehingga rendemen dan kualitas VCO yang dihasilkan rendah. Hal tersebut terjadi karena suhu pada bahan tidak dapat dikontrol sehingga proses pembuatan VCO menjadi tidak stabil yang mengakibatkan rendahnya kualitas VCO seperti warnanya kekuningan dan daya simpannya tidak lama. Salah satu metode yang dapat digunakan yaitu metode pemancingan minyak. Setiaji dan Prayugo (2006), menyatakan bahwa VCO yang dibuat dengan metode pancingan menghasilkan minyak yang memiliki kelebihan seperti aromanya harum khas minyak kelapa, warnanya jernih, prosesnya sederhana, daya simpan lebih lama, dan tingkat ketengikan rendah.

Penelitian pembuatan VCO dengan metode pemancingan minyak telah dilakukan oleh Valentini (2019) dengan menggunakan biofermentor tipe laboratorium (kapasitas 5 liter) terkontrol *expert*. Hasil yang diperoleh adalah rendemen VCO yang diperoleh dengan menggunakan biofermentor lebih tinggi dari pada tanpa menggunakan biofermentor. Kemudian biofermentor tipe laboratorium tersebut di-*scale up* oleh dosen Keteknik Pertanian menjadi 125 liter. Namun biofermentor hasil *scale up* tersebut belum diketahui kinerjanya.

Berdasarkan hal tersebut diatas dianggap perlu untuk menguji kinerja biofermentor hasil *scale up* tersebut dengan metode pemancingan minyak dan dengan sistem kendali *expert*. Namun sebelum pengujian pada kapasitas 125 liter

perlu dilakukan pengujian beberapa kali pada kapasitas yang lebih kecil terlebih dahulu. Pada penelitian ini dilakukan pengujian biofermentor kapasitas 15 liter serta untuk mempermudah pengamatan selama proses pembuatan VCO di dalam biofermentor diterapkan *monitoring* dengan sistem *IoT*.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimanakah mengkonfigurasi sistem *monitoring IoT* dengan sistem kontrol *expert* pada biofermentor?
2. Bagaimanakah kaidah-kaidah *expert* yang dapat mengendalikan biofermentor yang telah di *scale up*?
3. Apakah kinerja biofermentor yang telah di *scale up* (kapasitas 15 liter) sama dengan biofermentor sebelum di *scale up* (kapasitas 5 liter)?
4. Apakah mutu (kadar air) VCO yang dihasilkan biofermentor yang telah di *scale up* (kapasitas 15 liter) sama dengan biofermentor sebelum di *scale up* (kapasitas 5 liter)?
5. Apakah rendemen VCO yang dihasilkan biofermentor hasil *scale up* (kapasitas 15 liter) sama dengan biofermentor sebelum di *scale up* (kapasitas 5 liter)?

## 1.3 Batasan Masalah

1. Volume santan kelapa yang digunakan adalah 15 liter.
2. Varietas kelapa yang digunakan adalah varietas dalam.
3. Perbandingan pada pencampuran minyak dengan santan adalah 1:3.
4. Suhu fermentasi yang diterapkan adalah 35 °C.

## 1.4 Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja biofermentor pada kapasitas 15 liter terkendali *expert* dan *monitoring IoT* dalam pembuatan VCO dengan metode pemancingan minyak terhadap rendemen dan mutu yang dihasilkan.

Kegunaan dari penelitian ini adalah dapat menjadi informasi bagi produsen VCO dan menjadi model dalam penerapan sistem kecerdasan buatan dan sistem *monitoring* pada alat-alat pertanian.



## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kelapa (*Cocos nucifera*)

Kelapa atau *Cocos nucifera* adalah tanaman tropis dan termasuk dalam *famili Palmae*. Ada beragam kegunaan yang bisa diperoleh dari kelapa mulai dari air, daging buah, daun, batang hingga tempurungnya. Buah kelapa dapat diolah menjadi berbagai macam olahan seperti santan, minyak, kopra dan sebagainya. Daging kelapa diketahui sebagai sumber protein yang penting dan mudah dicerna bagi tubuh. Usia kelapa mempengaruhi komposisi kimia daging buah kelapa, kandungan lemak pada buah kelapa akan semakin tinggi seiring dengan umur buah kelapa dan sebaliknya (Syah, 2005).

### 2.2 *Virgin Coconut Oil (VCO)*

*Virgin Coconut Oil (VCO)* adalah minyak nabati yang aman untuk dikonsumsi dan terbuat dari daging kelapa segar dan matang yang diproses dengan cara diperas, baik yang ditambahkan air atau tidak ditambahkan air, dipanaskan dengan suhu maksimal 60 °C ataupun tanpa dipanaskan (SNI 7381:2008).

Minyak yang diperoleh melalui proses ekstraksi kelapa segar adalah VCO. Tidak sama dengan minyak kelapa biasa, VCO tidak diproduksi dengan proses yang menambahkan bahan kimia atau menggunakan suhu tinggi. VCO baik untuk kesehatan karena didalamnya terdapat banyak asam lemak rantai sedang (*Medium Chain Fatty Acid/MCFA*). MCFA yang paling melimpah dalam minyak kelapa murni (VCO) yaitu asam laurat. MCFA mempunyai sifat yang gampang terserap sehingga dapat menaikkan metabolisme tubuh. Peningkatan energi tersebut diperoleh secara metabolik memiliki dampak stimulan pada semua bagian tubuh, yang menyebabkan meningkatnya kualitas energi yang diperoleh. Kegunaan VCO lainnya antara lain meningkatkan imunitas terhadap penyakit dan memacu proses penyembuhan. Keuntungan tersebut diperoleh dari meningkatnya metabolisme dari bertambahnya energi yang diperoleh, yang menyebabkan sel-sel dalam tubuh bekerja lebih efektif. Mereka membuat sel-sel dengan lebih cepat untuk mengganti atau menukar sel-sel yang telah rusak. VCO yang ada dalam tubuh memperoleh

energi saja berbeda dengan minyak sayur yang berakhir di dalam tubuh sebagai lemak, energi dan kolestrol (Edahwati, 2011).

Tabel 1. Persyaratan Mutu *Virgin Coconut Oil*.

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1	Keadaan - Bau - Rasa - Warna		Khas kelapa segar, tidak tengik Normal, khas minyak kelapa Tidak berwarna hingga kuning pucat.
2	Air dan senyawa yang menguap	%	Maksimal 0,2
3	Bilangan iod	g iod/100 g	4,1 – 11,0
4	Asam lemak bebas (asam laurat)	%	Maksimal 0,2
5	Bilangan peroksida	mg ek/kg	Maksimal 0,2
6	Asam lemak:		
	- Asam caproat (C6:0)	%	*ND – 0,7
	- Asam kaprilat (C8:0)	%	4,6 – 10,0
	- Asam kaprat (C10:0)	%	5,0 – 8,0
	- Asam laurat (C12:0)	%	45,1 – 53,2
	- Asam mirisrat (C14:0)	%	16,8 - 21
	- Asam palmitat (C16:0)	%	7,5 – 10,2
	- Asam stearat (C18)	%	2,0 – 4,0
	- Asam oleat (C18:1)	%	5,0 – 10,0
	- Asam linoleat (C18:2)	%	1,0 – 2,5
	- Asam linolenat (C18:3)	%	*ND – 0,2
7	Cemaran mikroba	Koloni/ml	Maksimal 10
	- Angka lempeng total	mg/kg	Maksimal 0,1
8	Cemaran logam		
	- Timbal (Pb)	mg/kg	Maksimal 0,4
	- Tembaga (Cu)	mg/kg	Maksimal 0,5
	- Besi (Fe)	mg/kg	Maksimal 0,1
	- Cadmium (Cd)	mg/kg	Maksimal 0,1
9	Cemaran arsen (As)		

\*Catatan *ND = No Detection* (tidak terdeteksi).

(Sumber: SNI 7381:2008).

## 2.3 Metode Pembuatan VCO

Menurut Sukartin dan Sitanggang (2005), pembuatan VCO atau minyak kelapa murni dilakukan dengan beberapa cara yaitu:

a. Pemanasan

Sama halnya dengan pembuatan minyak kelapa secara tradisional, pembuatan VCO dengan cara pemanasan dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu kelapa parut seberat 1 kg dicampurkan dengan 2 liter air untuk memperoleh santan. Santan yang diperoleh kemudian diendapkan sekitar 12 jam. Setelah didiamkan selama 12 jam, maka terbentuk 3 susunan atau lapisan yaitu krim pada susunan pertama, skim berupa protein pada susunan kedua dan pada susunan ketiga adalah air. Krim kemudian diambil dengan cara menyedotnya menggunakan selang atau diambil langsung menggunakan sendok, hal tersebut bertujuan agar krim tidak bercampur dengan lapisan kedua dan ketiga. Krim yang diperoleh kemudian dipanaskan hingga terbentuk minyak.

b. Fermentasi

Minyak kelapa dibuat melalui fermentasi, dan krim yang dihasilkan dicampur dengan enzim yang bertujuan untuk memecah emulsi. Enzim yang dapat dipakai antara lain enzim mikroba atau ragi dari *Saccharomyces cerevisiae*. Umumnya pula dapat memakai enzim *demulsifying* lainnya, yaitu *pektinase*, *amilase*, *poligalakturonase*.

c. Minyak pancingan

Dengan cara pancingan, molekul minyak yang ada pada santan akan ditarik oleh minyak pancingan hingga semuanya jadi minyak. Tarikan tersebut memutus ikatan molekul santan dengan air dan protein yang sebelumnya. Cara ini pada intinya mengganti wujud emulsi minyak-air menjadi minyak-minyak.

Sampai saat ini pembuatan VCO dengan teknik pancingan merupakan cara yang dianggap paling baik dibandingkan dengan cara lainnya. Cara pancingan memungkinkan terjadinya kerusakan asam lemak yang terdapat pada minyak relatif kecil serta prosesnya cepat.

Menurut Setiaji (2004) dalam Winarti (2007), salah satu cara membuat VCO adalah dengan menggunakan metode pemancingan minyak, ini dilakukan dengan menggunakan VCO yang sudah jadi dan memancing minyak dari santan. Prosesnya

menggunakan reaksi kimia sederhana yaitu santan yang merupakan pencampuran air dan minyak. Kedua senyawa ini mampu mengikat karena terdapat molekul protein yang mengelilingi molekul minyak. Teknik pancingan menarik molekul minyak dalam santan ke VCO dan menyatukannya, sehingga protein dan air terlepas dari minyak. Hasil akhir dari proses tersebut menghasilkan minyak berkualitas tinggi yang disebut VCO.

Menurut Sukartin dan Sitanggang (2005), berikut ini cara membuat VCO atau minyak kelapa murni menggunakan teknik pancingan,

- a. Untuk memperoleh 1 liter VCO digunakan 10-15 butir kelapa yang telah tua.
- b. Kelapa yang telah diparut, ditambahkan 6 liter air kemudian diperas sampai didapatkan santan.
- c. Santan kemudian didiamkan selama kurang lebih 1 jam hingga krimnya terpisah dengan air dan skim.
- d. Biasanya akan dihasilkan 3 liter krim dari 10-15 butir kelapa. Krimnya kemudian dikumpulkan dan airnya dibuang.
- e. Krim yang terbentuk dicampur dengan minyak pancingan berupa minyak kelapa murni yang sudah jadi. Perbandingan minyak pancing dan krimnya adalah 1:3.
- f. Aduk-aduk hingga merata.
- g. Selanjutnya diamkan kurang lebih 8 jam sampai terbentuk 3 lapisan, yaitu minyak murni atau VCO, blondo dan pada bagian paling bawah adalah air.
- h. VCO dipisahkan menggunakan sendok sayur ke tempat lain untuk disaring.
- i. Apabila setelah proses penyaringan aroma VCO masih berbau kurang sedap, itu menandakan bahwa proses penyaringan tersebut belum bersih.

Menurut Sukartin dan Sitanggang (2005), cara mendapatkan minyak kelapa yang berkualitas,

- a. Menggunakan kelapa yang telah tua di pohon dengan kisaran umur 11-12 bulan.
- b. Menggunakan air bersih, tidak berbau dan tidak kotor.
- c. Daging kelapa yang telah dipisahkan dari tempurungnya tidak direndam di air. Hal ini dapat menghindari bau yang tidak enak pada minyak yang diperoleh.
- d. Sesudah proses pamarutan, kelapa perlu langsung diolah.

- e. Bagian minyak yang telah jadi segera diambil sehingga aromanya tetap aman.
- f. Dalam proses membuat minyak, jauhkan dari cahaya matahari. Cahaya matahari dapat mengakibatkan kerusakan kandungan gizi pada minyak dan asam lemak.

Menurut Edahwati (2011), kualitas bahan yang digunakan (kelapa) dan proses produksi sangat mempengaruhi kuantitas VCO yang diperoleh. Juga, mutu kelapa yang dipakai dapat mempengaruhi jumlah VCO yang diperoleh. Kualitas kelapa yang digunakan berbanding lurus dengan kualitas VCO dan rendemennya. Semakin baik kualitas kelapa yang digunakan maka semakin baik kualitas VCO yang dihasilkan dan semakin tinggi pula rendemennya, begitu pula sebaliknya. Kelapa berkualitas tinggi yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan VCO memiliki ciri-ciri sebagai berikut,

- a. Varietas kelapa yang digunakan adalah kelapa dalam atau hibrida lokal.  
Rendemen yang dihasilkan oleh varietas tersebut akan lebih banyak dibandingkan kelapa hibrida.
- b. Menggunakan kelapa dengan kisaran umur 11-13 bulan.  
Bahan yang diolah dalam pembuatan minyak murni tidak terlampau muda atau terlalu tua. Bahan yang terlalu muda akan menghasilkan rendemen yang sedikit, hal tersebut terjadi karena kandungan minyak pada kelapa muda masih sangat rendah. Bahan yang terlalu tua juga akan menghasilkan rendemen yang sedikit, itu dikarenakan kandungan minyaknya banyak yang diubah menjadi karbohidrat.
- c. Berat kelapa yang digunakan kisaran 130 g/butir.  
Menggunakan kelapa dengan ukuran yang seragam sehingga mempermudah dalam proses penanganan.
- d. Dipilih kelapa dengan kulit sabut yang telah berwarna coklat.  
Hal tersebut menunjukkan kelapa sudah cukup tua.
- e. Apabila dikocok, akan terdengar bunyi yang nyaring.  
Jika kocok, kadar air kelapa sudah berkurang. Kehilangan air ini terkait dengan pemecahan nutrisi kelapa. Banyak nutrisi yang terkandung dalam air kelapa dipindahkan ke dagingnya. Dengan begitu, nutrisi yang terkandung pada daging kelapa akan meningkat berlipat-lipat, terlebih kadar minyaknya.

- f. Kelapa belum berkecambah.  
Saat berkecambah, gizinya sudah banyak berubah karena kelapa tersebut sudah kelewat tua.
- g. Saat dibelah, daging buahnya berwarna putih dan tebal 10-15 mm. Di bagian bawah buah kelapa telah ada tonjolan-tonjolan kecil berwarna kuning yang dikenal sebagai gandos. Jika gandos besar, jangan gunakan, karena minyak dalam daging buahnya sudah banyak berkurang.

## **2.4 Bioreaktor atau Fermentor**

Bioreaktor atau fermentor adalah wadah yang digunakan untuk pertumbuhan mikroorganisme dalam keadaan terkendali yang mencegah kontaminasi dan memaksimalkan kemampuannya untuk menghasilkan keluaran yang diinginkan. Fermentor dilengkapi dengan kontrol suhu, pH, kadar oksigen, dan parameter lingkungan lainnya yang mendorong pertumbuhan mikroorganisme sebaik mungkin (Hidayat dkk., 2018).

## **2.5 Sistem Kontrol**

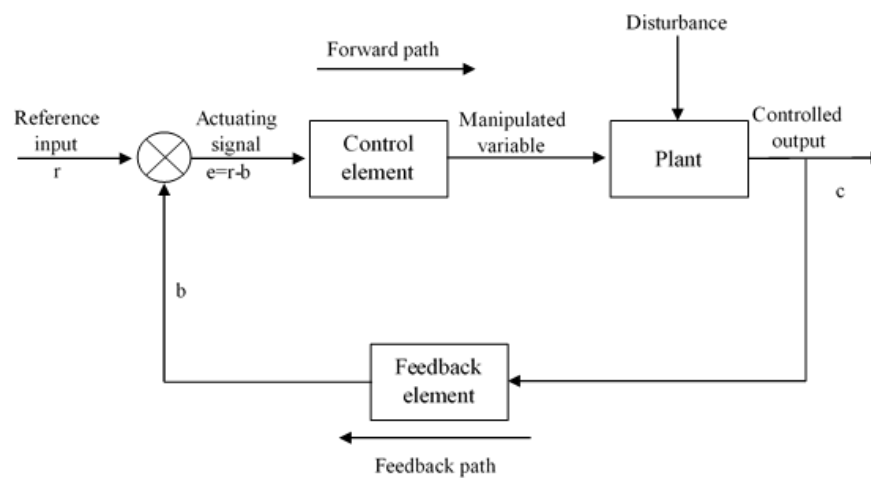
Proses pengaturan atau pengendalian satu atau lebih besaran (variabel atau parameter) sehingga berada dalam kisaran harga tertentu dikenal sebagai sistem kendali atau sistem kontrol. Parameter atau variabel fisik mencakup hal-hal seperti tekanan (*pressure*), ketinggian (*level*), aliran, suhu, kepadatan, kecepatan, pH dan lain-lain (Razi dan Bukhari, 2020).

### **2.5.1 Sistem Kontrol Lup Terbuka (*Open-loop Control System*)**

Sistem lup terbuka adalah sistem yang tidak menggunakan umpan balik untuk mengontrol proses, sebagai gantinya ia menggunakan aktuator atau perangkat penggerak. Harga keluaran (*output*) dan harga masukan (*input*) sistem ini tidak dapat dibandingkan. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa variabel yang dikendalikan tidak dapat dibandingkan dengan harga yang diprediksi atau *output* tidak akan berdampak pada harga *input*. *Input* sistem lup terbuka biasanya dipilih berdasarkan pengetahuan sebelumnya. Karakteristik lain dari sistem lup terbuka adalah sistem berbasis waktu (Yudaningtyas, 2017).

## 2.5.2 Sistem Kontrol Lup Tertutup (*Close-loop Control System*)

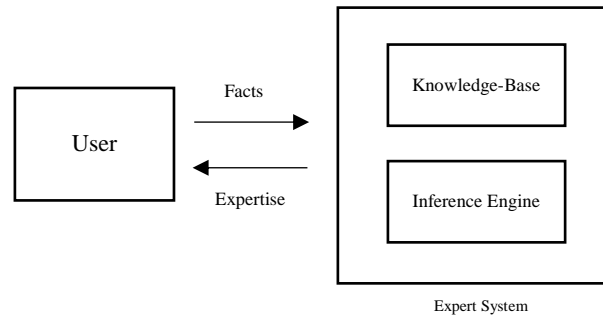
Menggunakan pengukuran keluaran (*output*), sistem lup tertutup mengirimkan sinyal kembali sehingga mampu dipadankan dengan nilai yang diinginkan (masukan atau referensi). Hal ini menunjukkan bahwa kuantitas referensi atau kuantitas yang akan dikelola dapat dibandingkan dengan harga yang diproyeksikan tergantung pada *output* sistem. Oleh karena itu, sinyal diberikan kembali ke pengontrol untuk memiliki efek pada sistem dan memastikan bahwa *output* sesuai dengan yang diprediksi (Yudaningtyas, 2017).



Gambar 1. Diagram Balok Sistem Lup Tertutup.  
(Sumber: Yudaningtyas, 2017).

## 2.6 Sistem Expert

Sebuah program komputer yang mensimulasikan semua aspek kapasitas pengambilan keputusan seorang pakar dikenal sebagai sistem pakar. Sistem pakar diciptakan untuk menjawab permasalahan layaknya seorang pakar yang memiliki pengetahuan sedalam mungkin. Buku, majalah, jurnal, dokumen yang diterbitkan, serta individu yang berpengetahuan luas tetapi tidak memenuhi syarat, semuanya dapat memberikan pengetahuan kepada sistem pakar. Secara internal, sistem pakar terdiri dari dua bagian utama yaitu, basis pengetahuan (*knowledge based*) yang menyimpan informasi yang dibutuhkan bagian lain, dan mesin inferensi (*inference engine*) yang menghasilkan kesimpulan sebagai tanggapan atas permintaan yang dilakukan pengguna (Rosnelly, 2012).



Gambar 2. Konsep Dasar Fungsi Sistem Pakar Berbasis Pengetahuan.  
(Sumber: Rosnelly, 2012).

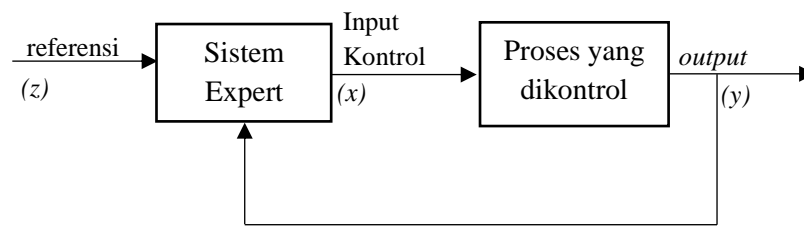
Menurut Wulandini (2008), terdapat beberapa kelebihan dalam penggunaan sistem pakar, diantaranya yaitu:

- a. Membuat seorang yang awam dapat bekerja dengan baik layaknya seorang pakar.
- b. Dapat bekerja walau dengan informasi yang tidak pasti dan tidak lengkap.
- c. Menyediakan nasihat yang konsisten dengan akurasi yang baik.
- d. Handal.
- e. Tidak dapat lelah atau bosan.
- f. Mempunyai keahlian dalam menyelesaikan persoalan dengan kompleks.
- g. Membolehkan transfer keahlian ke tempat yang jauh serta dapat memperluas cakupan keahlian karena dapat digunakan dimanapun.

## 2.7 Sistem Kontrol Pakar

Sistem kontrol pakar menerapkan sistem pakar ke sistem kontrol, yaitu sistem yang menggabungkan metode operasional dan desain berbasis pengetahuan dengan estimasi konvensional dan algoritma kontrol. Dibandingkan dengan kontrol tradisional, kontrol pakar atau kontrol berbasis pengetahuan adalah tipe kontrol generik yang memiliki keistimewaan berlevel lebih tinggi. Keistimewaan ini diperoleh dari keterlibatan pengalaman operator atau pengetahuan dari dalam lup kontrol. Kontrol cerdas, yang mencakup kontrol pakar, sering digunakan untuk membantu memperkuat kemandirian sistem termasuk sistem produksi, sistem robot, sistem kontrol proses, dan *autonomous vehicles*. Kontrol pakar dapat diterapkan dalam situasi di mana tidak ada model, serta untuk proses kontrol berbasis model (Negnevitsky, 2005).





Gambar 3. Struktur Dasar Kontrol Pakar.  
(Sumber: Negnevitsky, 2005).

## 2.8 Kaidah Sistem Pakar

Kaidah produksi, kadang-kadang disebut aturan *IF-THEN* adalah kaidah atau aturan yang digunakan dalam sistem pakar. Kaidah *IF-THEN* memiliki format yang fleksibel dan hampir semua pengetahuan dapat diekspresikan dengan cara yang sesuai dengan strukturnya. Aturan produksi sistem pakar diformat menjadi dua bagian, yang pertama adalah *IF* dan yang kedua adalah *THEN*. Bila perlu, posisi di sebelah kiri akan diganti dengan *IF*, juga dikenal sebagai aturan tangan kiri, yang menyatakan premis, kondisi, atau anteseden, dan *THEN*, yang menyatakan kesimpulan, bagian, atau konsekuen. Jika premis tertulis benar atau dengan kondisi yang sesuai, sisi kanan akan benar (Wulandini, 2008).

Menurut Negnevitsky (2005), setiap kaidah terbentuk atas dua bagian yaitu bagian *IF*, yang juga disebut *antecedent* (premis atau kondisi) dan bagian *THEN* disebut konsekuen (kesimpulan atau tindakan). Sintaks dasar dari sebuah aturan yaitu:

*IF*                    <antecedent>  
*THEN*                  <consequent>

Pada umumnya, kata kunci *AND* (konjungsi), *OR* (disjungsi), atau campuran keduanya, dapat digunakan untuk menggabungkan banyak anteseden dalam sebuah aturan. Untuk menghindari menggabungkan konjungsi dan disjungsi dalam aturan yang sama adalah kebiasaan yang baik. Contohnya:

*IF*                    <antecedent 1>  
*AND*                  <antecedent 2>  
                          •  
                          •  
                          •

*AND*            <*antecedent n*>  
*THEN*           <*consequent*>

Selain itu konsekuen dari suatu aturan juga dapat memiliki beberapa klausa:

*IF*                <*antecedent*>  
*THEN*            <*consequent 1*>  
                     <*consequent 2*>  
                     .  
                     .  
                     .  
                     <*consequent n*>

## 2.9 Mikrokontroler

Mikrokontroler, sering dikenal sebagai IC (*Integrated Circuit*) adalah mesin yang ringkas dan murah yang melakukan perhitungan sederhana, seperti yang terlihat pada aplikasi PC. *Microwave*, oven, *keyboard*, pemutar CD, VCR, *remote control*, robotika, dan perangkat lain semuanya menggunakan mikrokontroler. *Central Processing Unit* (CPU), *Random Acces Memory* (RAM), *Read Only Memory* (ROM) dan port *input/output* membentuk sebagian besar mikrokontroler. Seiring dengan komponen utama, ada sejumlah item perangkat keras yang bisa dimanfaatkan untuk beberapa tugas yang tidak sama, termasuk interupsi dan lainnya. ADC (*Analog To-Digital Converter*), pengontrol USB, CAN (*Controller Area Network*), dan komponen lainnya juga termasuk dalam beberapa mikrokontroler. Program mikrokontroler terdiri dari instruksi dalam bentuk kode yang dibuat dalam berbagai bahasa pemrograman, termasuk bahasa tingkat rendah dan bahasa tingkat tinggi (basic, Pascal, C, dan lain-lain) (Dharmawan, 2017).

Salah satu mikrokontroler dengan fungsi yang cukup lengkap adalah AT-Mega328, yang meliputi interupsi, memori program dan kapasitas memori data yang cukup besar, ADC internal, EEPROM internal, USART, *analog comparator*, TWI, PWM, dan *timer/counter*. 23 saluran masukan/keluaran pada mikrokontroler AT-Mega328 ditetapkan sebagai *port B*, *C*, dan *D*. Sebuah *port C* berisi 6 saluran untuk konversi sinyal analog ke digital. Mikrokontroler juga mencakup 3 *timer*. 32 register, *watchdog timer* dengan osilator *inbuilt*, *counter* dengan kemampuan

perbandingan dan 2 KB memori tipe SDRAM membentuk CPU utama. Kemampuan pemrosesannya didukung oleh sistem mikroprosesor RISC dengan kecepatan maksimum 20 MHz dan Memori *flash* 32 KB dengan fungsi *Read While Write*. Selain itu, AT-Mega328 memiliki *port* USART untuk komunikasi serial dengan kecepatan maksimum 2,5 Mbps, unit interupsi *internal* dan *eksternal*, *port* antarmuka SPI, EEPROM 1 KB (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) yang dapat diprogram saat sedang operasi, dan antarmuka komparator analog (Najmurokhman dkk., 2017).

## **2.10 Internet of Things (IoT)**

Istilah *IoT (Internet of Things)* mulai dikenal luas pada tahun 1999 ketika Kevin Ashton, yang merupakan direktur eksekutif serta sekaligus salah satu pendiri MIT *Auto-ID Center*, pertama kali menyebutkannya dalam sebuah kuliah. Dengan berkembangnya infrastruktur internet, kita melangkah ke babak selanjutnya, tidak hanya *smartphone* atau komputer saja yang bisa terkoneksi ke internet. Tetapi segala macam benda fisik akan terhubung ke internet. Misalnya, mesin produksi, elektronik, mobil, perangkat yang dapat dipakai, serta termasuk semua objek yang ada, semuanya terhubung ke jaringan lokal dan global menggunakan sensor dan/atau aktuator tertanam (Artiyasa dkk., 2020a).

*Internet of Things* adalah jaringan objek fisik, seperti mobil, dan peralatan rumah tangga, yang dilengkapi dengan elektronik, perangkat lunak, sensor, aktuator, dan konektivitas untuk berinteraksi satu sama lain dan berbagi data. *IoT* memerlukan perluasan konektivitas internet ke item fisik konvensional atau objek sehari-hari selain perangkat biasa seperti desktop, laptop, *smartphone*, dan tablet (tanpa menggunakan internet). Karena teknologi yang disematkan, perangkat ini memiliki kemampuan untuk berinteraksi dan berkomunikasi melalui internet dan juga dapat dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh (Nasution dkk., 2020).

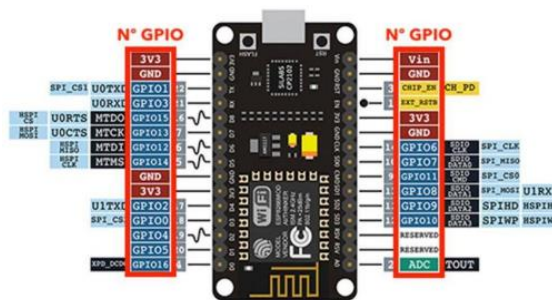
Cara kerja dari sebuah *Internet of Things* adalah dengan memanfaatkan argumen pemrograman, *IoT* dibuat, di mana setiap instruksi menghasilkan hubungan antara mesin yang terhubung secara otomatis dan tanpa keterlibatan manusia dalam jarak berapa pun. Namun, internet berfungsi sebagai faktor penghubung antara interaksi manusia dan mesin, dengan orang-orang yang

bertindak semata-mata sebagai pengawas dan pengontrol langsung pengoperasian alat (Ilham dkk., 2020).

## 2.11 Modul WiFi

Modul WiFi merupakan perangkat tambahan microcontroller yang memungkinkan komunikasi TCP/IP dan akses langsung WiFi.

NodeMCU ESP8266 adalah modul mikrokontroler yang dilengkapi ESP8266 yang berfungsi untuk menghubungkan ke jaringan WiFi antara mikrokontroler dan jaringan WiFi. Pada penerapannya NodeMCU memungkinkan penggunaan Arduino IDE untuk pembuatan program. NodeMCU ESP8266 gampang diprogram, mempunyai cukup pin I/O, dan bisa terhubung ke jaringan internet untuk meneruskan atau mengirim dan mengambil data menggunakan koneksi WiFi (Ilham dkk., 2020).



Gambar 4. Pinout NodeMCU ESP8266.  
(Sumber: Ilham dkk., 2020)

## 2.12 Platform IoT

*Platform IoT* atau *Internet of Things* adalah alat atau program yang berfungsi sebagai penghubung antara perangkat *IoT* dan sensor yang digunakan dalam jaringan data (Setiawan dkk, 2018). Beberapa *platform IoT* yang umum digunakan yaitu:

- Blynk* adalah *platform* untuk iOS atau Android yang memungkinkan kontrol internet jarak jauh dari Arduino, Raspberry Pi, Wemos, dan modul serupa lainnya. Program ini cocok digunakan oleh mereka yang masih baru karena terdapat berbagai fitur yang dapat mempermudah dalam penggunaannya. *Blynk* tidak tergantung pada papan atau modul tertentu. Pengguna program

*Blynk* dari jarak jauh dapat mengelola apapun yang terhubung ke internet, atau *IoT*, dari lokasi manapun (Artiyasa dkk., 2020b).

- b. *Thingspeak* merupakan *platform IoT* yang memungkinkan *user* untuk menyimpan, memvisualisasikan, menganalisis, mengumpulkan dan mengambil tindakan pada data dari sensor atau aktuator seperti Arduino dan perangkat keras lainnya. Contohnya yaitu pembuatan aplikasi monitoring lokasi dan aplikasi *sensor-logging* menggunakan *Thingspeak*. Dengan mengumpulkan data dari perangkat Node dan memungkinkan pengambilan data ke dalam lingkungan perangkat lunak untuk analisis data historis, *Thingspeak* berfungsi sebagai pengumpul data (Artiyasa dkk., 2020a).