

**RANCANG BANGUN ALAT DETEKSI CEPAT KANDUNGAN  
ASAM LEMAK BEBAS KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN PH METER  
DAN *TURBIDITY* METER**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**Akhmad Asrho Berlian Abimanyu**



**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2024**

## **ABSTRACT**

### ***DESIGN OF A RAPID DETECTION TOOL FOR PALM OIL FREE FATTY ACID CONTENT USING A PH METER AND TURBIDITY METER***

*By*

**Akhmad Asrho Berlian Abimanyu**

*High levels of Free Fatty Acid (ALB) in CPO can be very detrimental because it can cause a decrease in yield. The objectives of this study are to design a portable tool for rapid detection of Free Fatty Acid (ALB) content, analyze the relationship between pH and turbidity contained in CPO with Free Fatty Acid content and build an Artificial Neural Network Architecture to predict the FFA content of CPO and analyze the ease of use and attractiveness of a portable tool for rapid detection of FFA content. This research method is a backpropagation type artificial neural network. The rapid detection of free fatty acid content has been successfully designed with the main components of the Arduino Uno microcontroller, Potentiometer, LCD, and I2C. The components are put into a box that has a size of 18.5 cm x 6.5 cm x 11.5 cm. The artificial neural network development process produces the best prediction with logsig-tansig-tansig activation function. The RMSE value and the coefficient of determination ( $R^2$ ) of the training results of the Artificial Neural Network (JST) model are 0.9571 and 0.8447 or 84.47%, while in testing the JST model the RMSE and  $R^2$  values obtained are 0.5892 and 0.9541 or 95.41%. Training results and test results produce logsig-tansig-tansig as the best activation function.*

**Keywords:** *Crude Palm Oil (CPO), Free Fatty Acid, Artificial Neural Network.*

## ABSTRACT

### **RANCANG BANGUN ALAT DETEKSI CEPAT KANDUNGAN ASAM LEMAK BEBAS KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN PH METER DAN *TURBIDITY* METER**

Oleh

**Akhmad Asrho Berlian Abimanyu**

Kadar Asam Lemak Bebas (ALB) yang tinggi pada CPO bisa sangat merugikan karena dapat menyebabkan penurunan rendemen. Tujuan penelitian ini adalah Merancang alat portabel deteksi cepat kandungan Asam Lemak Bebas (ALB), Menganalisis hubungan pH dan *turbidity* yang terkandung di dalam CPO dengan kandungan ALB. Metode penelitian ini yaitu jaringan saraf tiruan tipe *backpropagation*. Alat deteksi cepat kadar asam lemak bebas telah berhasil dirancang dengan komponen utama yaitu mikrokontroler *Arduino Uno*, Potensiometer, LCD, dan I2C. Komponen-komponen tersebut dimasukkan ke dalam kotak yang memiliki ukuran 18,5 cm x 6,5 cm x 11.5 cm. Proses pengembangan jaringan saraf tiruan menghasikan prediksi terbaik dengan fungsi aktivasi *logsig-tansig-tansig*. Nilai RMSE dan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) dari hasil pelatihan model Jaringan Saraf Tiruan (JST) ialah 0,9571 dan 0,8447 atau sebesar 84,47%, sedangkan pada pengujian model JST nilai RMSE dan  $R^2$  yang diperoleh sebesar 0,5892 dan 0,9541 atau sebesar 95,41%. Hasil pelatihan dan hasil pengujian menghasilkan *logsig-tansig-tansig* sebagai fungsi aktivasi terbaik.

**Kata kunci :** *Crude Palm Oil*, Asam Lemak Bebas, Jaringan Saraf Tiruan

**RANCANG BANGUN ALAT DETEKSI CEPAT KANDUNGAN  
ASAM LEMAK BEBAS KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN  
PH METER DAN TURBIDITY METER**

Oleh

**Akhmad Asrho Berlian Abimanyu**

**Skripsi**

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
**SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Pertanian  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

Judul Skripsi : Rancang Bangun Alat Deteksi Cepat Kandungan Asam Lemak Bebas Kelapa Sawit Menggunakan pH meter dan Turbidity meter

Nama Mahasiswa : Akhmad Asrho Berlian Abimanyu



No. Pokok Mahasiswa : 1914071048

Jurusan : Teknik Pertanian

Fakultas : Pertanian

**MENYETUJUI,**

**Komisi Pembimbing**

 **Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M. Sc.**  **Febryan Kusuma Wisnu, S.T.P., M. Sc.**  
NIP. 198803252015041001 NIP. 199002262019031012

**MENGETAHUI,**

**Ketua Jurusan Teknik Pertanian**

  
**Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.**

NIP. 196210101989021002



**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

**Ketua : Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M. Sc.**



**Sekretaris : Febryan Kusuma Wisnu, S.T.P., M. Sc.**



**Penguji : Ir. Sri Waluyo, S.T.P., M.Si., Ph.D., IPU.**



**2. Dekan Fakultas Pertanian**



**Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.**

**NIP. 196411181989021002**



**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 29 Mei 2024**

## PERNYATAAN HASIL KARYA

Saya adalah **Akhmad Asrho Berlian Abimanyu** dengan Nomor Pokok Mahasiswa NPM **1914071048**. Dengan ini menyatakan bahwa yang tertulis dalam karya tulis ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, 1). **Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M. Sc.** dan 2). **Febryan Kusuma Wisnu, S.T.P., M. Sc.** berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan beberapa sumber lain (buku, jurnal, dll.) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukan dari hasil plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat di pertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung,                  Juni 2024

Yang membuat pernyataan



Akhmad Asrho Berlian Abimanyu  
NPM. 1914071048

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 14 Juni 2001, sebagai anak pertama dari pasangan Bapak Susilo Setiyo Edi dan Ibu Sa'adah. Penulis memiliki dua adik laki-laki bernama Banar Attahiat Ikhsan Tabayun dan Barkah Yusron Hamdallah.

Penulis menempuh pendidikan di TK Kencana pada tahun 2005 - 2007. Penulis melanjutkan pendidikan sekolah dasar di SDN Mustika Sari III pada tahun 2007 dan lulus pada tahun 2013. Penulis menyelesaikan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 16 Bekasi pada tahun 2013 dan diselesaikan pada tahun 2015. Penulis menyelesaikan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 13 Bekasi, tahun 2015 dan diselesaikan pada tahun 2019.

Pada tahun 2019, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN. Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten mata kuliah gambar teknik selama 1 semester. Penulis juga aktif pada organisasi tingkat Fakultas Pertanian yaitu Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) pada tahun 2021 sebagai anggota bidang Informasi dan Komunikasi (INFOKOM) dan diamanahkan sebagai Ketua Bidang INFOKOM periode 2022.



Pada bulan Januari-Februari tahun 2022 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kelurahan Mustika Jaya. Pada bulan juni-Agustus tahun 2022, penulis melaksanakan Praktik Umum di PTPN VII Unit Bekri Lampung Tengah, dengan mengambil judul kajian “Mempelajari Aplikasi Mesin dan Proses Pengolahan Biji Kelapa Sawit Menjadi Kernel di PT. Perkebunan Nusantara VII Unit Bekri Lampung Tengah”.

## **PERSEMBAHAN**

Alhamdulillah robbil 'alamin atas segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Dengan penuh ketulusan hati penulis persembahkan skripsi ini

Kepada:

Kedua orangtua tercinta,

**Ayahanda Susilo Setiyo Edi**

**Dan**

**Ibunda Sa'adah**

Skripsi ini merupakan bentuk wujud tanda terimakasih atas do'a, cinta, kasih sayang yang senantiasa dipanjatkann dalam sujud dan syukur sehingga mengiringku dalam setiap langkah menuju cita-cita dan dukungan moral maupun material yang tak akan pernah sanggup aku untuk membalasnya.

## SANWACANA

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Allah SWT yang telah memberikan banyak sekali kenikmatan, kesempatan, rahmat, dan hidayah sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Rancang Bangun Alat Deteksi Cepat Kandungan Asam Lemak Bebas Kelapa Sawit Menggunakan PH meter dan Turbidity meter”**. Yang merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Sholawat serta salam tak saya haturkan kepada baginda agung yakni baginda Nabi Muhammad SAW, yang selalu kita nantikan syafaatnya di hari kiamat nanti.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak mendapat masukan, bantuan, dorongan, bimbingan dan saran dari berbagai pihak. Maka, dengan segala kerendahan penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani D.E.A.IPM., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
3. Bapak Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung;

4. Bapak Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M. Sc. selaku Pembimbing Akademik sekaligus pembimbing kesatu yang telah meluangkan waktu, membimbing, memberi saran dan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini;
5. Bapak Febryan Kusuma Wisnu, S.T.P., M. Sc. selaku pembimbing kedua yang telah banyak memberikan saran, nasihat, motivasi dan juga memberikan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini;
6. Bapak Ir. Sri Waluyo, S.T.P., M.Si., Ph.D., IPU. selaku penguji yang telah memberikan kritik, saran dan masukan dalam menyelesaikan skripsi ini;
7. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung atas segala ilmu, pengalaman serta bantuannya yang telah diberikan baik dalam perkuliahan atau yang lainnya;
8. Ayahanda Susilo Setiyo Edi dan Ibunda Sa'adah, selaku kedua orangtua ku yang tersayang. Dan adikku Banar Attahiat Ikhsan Tabayun dan Barkah Yusron Hamdallah, yang selalu memberikan motivasi, nasihat, serta doa yang tiada henti untuk keberhasilan penulis;
9. Keluarga Teknik Pertanian 2019 yang telah kebersamai dari awal hingga akhir perkuliahan, yang selalu memberikan semangat, bantuan, dan motivasi;
10. Serta semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini baik secara langsung maupun tidak langsung;



Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyadari masih belum sempurna. Karena itu, kritik dan masukan dari pembaca yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih, dan penulis berharap skripsi ini dapat berguna bagi penulis dan pembacanya.

Bandar Lampung,      Juni 2024  
Penulis,

**Akhmad Asrho Berlian Abimanyu**

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>v</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.5 Hipotesis.....	4
1.6 Batasan Masalah.....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>2</b>
2.1 Kelapa Sawit .....	2
2.2 Proses Pemanenan .....	6
2.2.1 Indeks Luka .....	7
2.3 Kandungan <i>Crude palm oil</i> (CPO).....	8
2.4 Asam Lemak Bebas.....	9
2.4.1 Mekanisme Pengukuran Asam Lemak Bebas.....	11
2.5 Jaringan Saraf Tiruan (JST) .....	12
2.6 <i>Potential Hydrogen</i> (pH) .....	13
2.7 Kekeruhan atau <i>Turbidity</i> .....	14

2.8 Mikrokontroler .....	14
2.8.1 <i>Arduino Uno</i> .....	15
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>16</b>
3.1 Waktu dan Tempat .....	16
3.2 Alat dan Bahan .....	16
3.2.1 Alat .....	16
3.2.2 Bahan .....	19
3.3 Kriteria Desain .....	20
3.4 Prosedur Penelitian.....	21
3.4.1 Prosedur Pengambilan Data .....	22
3.5 Perancangan Alat .....	23
3.5.1 Rancangan Struktural .....	24
3.5.2 Rancangan Fungsional .....	26
3.6 Proses Pembuatan Sampel Minyak CPO dari Tandan Kelapa Sawit.....	28
3.6.1 Pengambilan Nilai Parameter.....	29
3.6.2 Pengambilan Nilai Kadar Asam Lemak Bebas % .....	29
3.6.3 Kategori Warna <i>Pink</i> .....	30
3.6.4 Kriteria Indeks Luka .....	31
3.7 Perancangan Jaringan Saraf Tiruan.....	32
3.8 Analisis Regresi .....	33
3.8.1 Koefisien Korelasi dan Koefisien Determinasi.....	33
3.9 Kalibrasi dan Validasi Alat .....	34
3.10 Pemrograman .....	35
3.11 Kemudahan Dan Kemenarikan Tampilan.....	37
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>54</b>
5.1 Kesimpulan .....	54

5.2 Saran.....	39
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>56</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Tandan Kelapa Sawit .....	6
Gambar 2. Pembagian indeks luka brondol sawit .....	8
Gambar 3. <i>Arduino Uno</i> .....	16
Gambar 4. Bagian-bagian Arduino Uno .....	17
Gambar 5. Prosedur penelitian .....	21
Gambar 6. Diagram alir pengambilan data .....	22
Gambar 7. Diagram alir sistem kerja alat portabel .....	23
Gambar 8. Alat ukur portabel kadar Asam Lemak Bebas .....	24
Gambar 9. pH Meter .....	25
Gambar 10. Turbidity meter .....	26
Gambar 11. Potensiometer .....	27
Gambar 12. <i>Liquid Crystal Display (LCD) 16x2</i> .....	28
Gambar 13. <i>Inter-Integrated Circuit (I2C)</i> .....	28
Gambar 14. Warna <i>pink</i> yang diinginkan .....	31
Gambar 15. Diagram arsitektur Jaringan Saraf Tiruan .....	32
Gambar 16. Tampilan Arduino IDE 2.0.0 .....	36
Gambar 17. Diagram alir pemrograman .....	36

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Fraksi matang panen Tandan Buah Segar (TBS).....	7
Tabel 2. Penjelasan bagian-bagian <i>Arduino Uno</i> .....	17
Tabel 3. Tabel unit percobaan .....	30

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kelapa sawit merupakan tanaman perkebunan yang memiliki peran sebagai bahan baku untuk industri. Industri kelapa sawit di Indonesia telah mengalami pertumbuhan yang pesat. Dilansir dari Ditjenbun pada tahun 2023 bulan Maret, Indonesia memiliki luas areal kelapa sawit sebesar 16.833 juta Hektar (Ha). Pada tahun 2023, produksi minyak kelapa sawit mentah mencapai 50,07 juta ton, meningkat dibandingkan tahun sebelumnya yang hanya mencapai 46,73 juta ton. *Crude palm oil* (CPO) adalah salah satu bahan mentah yang memegang peranan dalam perekonomian Indonesia, laksana sumber pendapatan, penyedia lapangan kerja dan untuk arus kas tanah air (Diniaty *et al.*, 2019).

Menurut Hajar, Novany, dkk. (2020), bagian paling vital dari tanaman kelapa sawit terletak pada buahnya, yang dijadikan bahan baku untuk menghasilkan minyak mentah *Crude palm oil* (CPO) dan minyak matang *Palm Kernel Oil* (PKO). Proses pengolahan kelapa sawit adalah suatu proses yang menghasilkan minyak kelapa sawit sebagai produk utamanya. Hasil-hasil lain yang dapat diperoleh meliputi inti sawit, sabut, cangkang, dan tandan kosong. Dalam industri kelapa sawit di Indonesia, Pabrik Kelapa Sawit (PKS) dipahami sebagai unit yang melakukan ekstraksi CPO dan inti sawit dari Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit. PKS terdiri dari berbagai unit proses yang menggunakan kombinasi perlakuan mekanis, fisik, dan kimia. Kualitas CPO yang diperoleh sangat dipengaruhi oleh kondisi TBS yang akan diolah dan proses pengolahan hanya bertujuan untuk meminimalisir kehilangan saat pengolahan, sehingga kualitas

CPO yang dihasilkan tidak sepenuhnya bergantung pada kondisi TBS yang masuk ke pabrik. CPO adalah salah satu produk perkebunan Indonesia yang banyak digunakan sebagai bahan baku minyak goreng. Produk ini memiliki kandungan  $\alpha$ - dan  $\beta$ -karoten, tokoferol, dan tokotrienol. Namun, adanya kadar Asam Lemak Bebas (ALB) yang tinggi pada CPO bisa sangat merugikan karena dapat menyebabkan penurunan rendemen dalam hasil olahan CPO sekitar 5-13%. Peningkatan ALB pada CPO terjadi karena proses hidrolisa selama penyimpanan.

Salah satu permasalahan yang sering terjadi dalam pabrik CPO adalah turunnya mutu CPO karena peningkatan kadar ALB. Kadar ALB yang tinggi dapat menyebabkan pengembangan ketengikan, perubahan rasa, dan warna pada minyak. Penyebab utama meningkatnya kadar ALB adalah kerusakan morfologi dan aktivitas mikroorganisme pada buah kelapa sawit. Kerusakan pada buah kelapa sawit dapat terjadi karena proses pemanenan, pengangkutan, dan penimbunan yang tidak memenuhi standar. Buah kelapa sawit yang tercemar dan disimpan dalam lingkungan kotor dan lembab menjadi tempat yang sangat baik bagi pertumbuhan mikroorganisme. Aktivitas mikroorganisme mempengaruhi kadar ALB karena menghasilkan enzim lipase yang memicu reaksi hidrolisis pada minyak yang menghasilkan ALB dan gliserol (Ayu *et al.*, 2020).

Untuk mengatasi permasalahan ini, diperlukan deteksi cepat dan akurat terhadap kadar ALB pada minyak CPO. Metode yang sering digunakan untuk mengukur kadar ALB pada minyak CPO adalah metode titrasi asam basa, namun metode ini membutuhkan waktu yang cukup lama dan banyak menggunakan bahan kimia yang berbahaya. Oleh karena itu, perlu ditemukan metode deteksi cepat dan aman yang dapat digunakan untuk mengukur kadar ALB pada minyak CPO.

Penggunaan pHmeter, dan *Turbidity* meter merupakan teknologi yang mampu mengukur konsentrasi ion-ion pada suatu solusi. Penggunaannya dalam pendeteksi pada kadar ALB memiliki potensi untuk mengatasi permasalahan kualitas CPO. PH dan *turbidity* ini mampu memberikan hasil yang cepat dan akurat dengan biaya yang relatif lebih murah dibandingkan metode titrasi asam basa. Selain itu, tegangan listrik dan pH juga memiliki kelebihan dalam hal aman dan mudah dalam pengoperasiannya. Oleh karena itu, penelitian yang berfokus



pada deteksi kadar Asam Lemak Bebas dalam minyak kelapa sawit menggunakan pH meter dan *Turbidity* meter sangat penting untuk memastikan kualitas produk yang mengandung minyak dan lemak. Ini juga dapat memperkenalkan metode baru yang lebih cepat dan akurat untuk mengukur ALB dalam minyak CPO.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara membuat alat pendeteksi Asam Lemak Bebas dengan menggunakan mikrokontroller?
2. Bagaimana cara membuat dan menguji model Jaringan Saraf Tiruan?
3. Bagaimana pengaruh dari pH dan *turbidity* terhadap hasil deteksi Asam Lemak Bebas?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang alat portabel deteksi cepat kandungan Asam Lemak Bebas (ALB)
2. Menganalisis hubungan pH dan *turbidity* yang terkandung di dalam CPO dengan kandungan Asam Lemak Bebas.
3. Membangun Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan untuk memprediksi kandungan Asam Lemak Bebas kelapa sawit *Crude palm oil* (CPO).
4. Menganalisis kemudahan penggunaan dan kemenarikan alat portabel deteksi cepat kandungan Asam Lemak Bebas.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Berikut adalah beberapa manfaat alat portabel pendeteksi cepat kandungan Asam Lemak Bebas dari penelitian ini:

1. Meningkatkan kualitas produk minyak kelapa sawit, dengan deteksi yang cepat dan akurat dari Asam Lemak Bebas (ALB) dalam minyak CPO, industri pabrik kelapa sawit dapat memastikan bahwa produk yang dihasilkan memenuhi standar kualitas yang ditetapkan.
2. Metode baru yang lebih cepat dan akurat untuk mengukur tingkat ALB dalam minyak CPO dibandingkan dengan melakukan analisis di laboratorium.
3. Meningkatkan efisiensi dengan mengukur tingkat ALB dengan cepat dan akurat.

#### **1.5 Hipotesis**

Hipotesis dari penelitian ini adalah alat portabel yang telah dibuat dapat memprediksi kadar Asam Lemak Bebas (ALB) dengan cepat dan akurat pada minyak kelapa sawit berdasarkan parameter pH dan *turbidity*.

#### **1.6 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Objek penelitian hanya terbatas pada *Crude palm oil* (CPO) dan tidak memasukkan jenis minyak lain.
2. Penelitian ini hanya akan memfokuskan pada pemanfaatan pHmeter dan *turbidity* meter untuk mendeteksi tingkat Asam Lemak Bebas (ALB) dan tidak memasukkan metode lain.
3. Penelitian ini hanya akan mengukur tingkat ALB pada minyak CPO dan tidak memasukkan analisis kandungan lain seperti trigliserida, air, fosfat dan aldehyd.
4. Hasil dari penelitian ini hanya berlaku pada kondisi yang ditentukan dan tidak dapat diterapkan pada kondisi yang berbeda.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kelapa Sawit

Kelapa sawit merupakan tumbuhan perkebunan yang sangat penting karena menghasilkan minyak yang digunakan sebagai industri maupun bahan bakar. Terdapat dua spesies kelapa sawit, yaitu *elaeis guineensis* dan *elaeis oleifera*, yang digunakan untuk produksi minyak kelapa sawit secara komersial, selain juga digunakan sebagai bahan pangan dan dalam industri pembuatan sabun (Fajri, 2014). Pohon kelapa sawit *Elaeis guineensis* berasal dari Afrika Barat, antara Angola dan Gambia. Sedangkan, pohon kelapa sawit *Elaeis oleifera* berasal dari Amerika Tengah dan Amerika Selatan. Kelapa sawit menjadi sangat populer setelah revolusi industri pada akhir abad ke-19 yang menyebabkan tingginya permintaan minyak nabati untuk bahan pangan dan industri sabun (Lembar, 2021).

Klasifikasi kelapa sawit menurut Suriana (2019), sebagai berikut,

Divisi : *Magnoliophyta*  
Sub Divisi : *Spermatophyta*  
Kelas : *Monocotyledonae*  
Ordo : *Arecales*  
Famili : *Arecaceae*  
Genus : *Elaeis*  
Spesies : *Elaeis guineensis*

Tanaman kelapa sawit merupakan sumber pendapatan utama Indonesia, di mana luas perkebunan kelapa sawit mencapai 14.677.560 ha pada tahun 2019 dengan produksi sebesar 42.869.429 ton. Oleh karena itu, perusahaan berusaha mencapai keuntungan yang optimal melalui hasil produksi yang tinggi. Agar tujuan tersebut tercapai, penting untuk melakukan pengelolaan budidaya kelapa sawit yang tepat melalui kegiatan pembukaan lahan, penanaman, pemeliharaan tanaman, dan pemanenan. Dalam hal ini, semua aspek kegiatan tersebut harus dilaksanakan dengan baik untuk mempertahankan hasil produksi yang tinggi. (Rahma, 2020).



Gambar 1. Tandan Kelapa Sawit

## 2.2 Proses Pemanenan

Pemanenan merupakan titik awal produksi, oleh karena itu pemanen perlu mengetahui buah yang siap dipanen melalui sensus Angka Kerapatan Panen (AKP). AKP dipakai untuk memprediksi produksi TBS, kebutuhan tenaga kerja dan truk pengangkut. Estimasi tenaga kerja dan truk pengangkut dilakukan untuk perencanaan panen agar tidak terjadi kelebihan atau kekurangan. Kelebihan tenaga kerja pada saat panen dapat menyebabkan ketidak-efisienan dalam memanen buah. (Fauzi, dkk., 2012).

Proses panen kelapa sawit meliputi memotong tandan buah matang dan mengutip tandan serta brondolan yang tercecer di dalam dan di luar 10 piringan, lalu menyusun tandan buah di tempat pengumpulan hasil. Mutu minyak kelapa sawit akan menurun jika kadar ALB melebihi 3,50%. Menurut Mardiah (2013), fraksi 1,

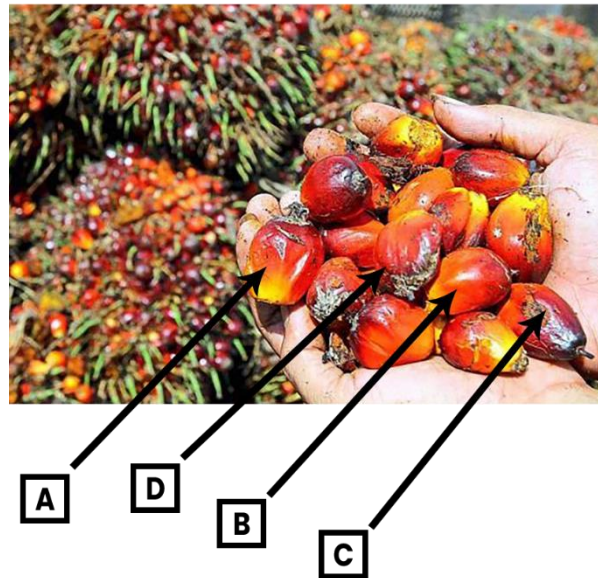
2, dan 3 dari Tandan Buah Segar (TBS) dianggap sebagai bahan baku yang optimal dalam pengolahan kelapa sawit karena memiliki mutu minyak yang baik dan tingkat ekstraksi minyak yang optimal. Fraksi panen juga berpengaruh pada rendemen minyak dan kadar ALB. Semakin tinggi fraksi panen, rendemen akan meningkat namun kadar mutu minyak akan semakin jelek karena naiknya kadar ALB.

Tabel 1. Fraksi matang panen Tandan Buah Segar (TBS)

Fraksi	Jumlah Brondolan (%)	Warna buah	Keterangan
00	Tidak ada buah membrondol	Hitam pekat	Sangat mentah
0	1-12,5 dari buah luar	Hitam kemerahan	Mentah
1	12,5-25 dari buah luar	kemerahan	kurang matang
2	20-50 dari buah luar	Merah mengkilat	Matang 1
3	50-75 dari buah luar	orange	Matang 2
4	75-100 dari buah luar	Dominan orange	Lewat matang
5	Buah bagian dalam membrondol	-	Tandan kosong

### 2.2.1 Indeks Luka

Kerusakan buah pada tahap panen-angkut akan menjadi pemicu penurunan kualitas di tahap berikutnya, karena memar atau luka yang diderita buah akan mempercepat kenaikan ALB, kenaikan ini akan meningkat dengan cepat jika struktur sel rusak/pecah, misalnya oleh impak fisik (Yuwana dkk., 2009). Kadar ALB dapat diperkirakan dengan luasan memar dan proporsi berat buah yang memar tersebut, yaitu dengan menetapkan indeks memar TBS (Hadi dkk., 2009). Tingkat memar diklasifikasikan menjadi 4 menurut luasan memar dan pengaruhnya terhadap kadar ALB. pada buah yang memar atau luka mengalami kenaikan lebih tajam, mengacu kepada hasil penelitian Corley (2003).



Gambar 2. Pembagian indeks luka brondol sawit

(Hadi Dkk., 2009)

keterangan:

- A. Buah baik, tanpa memar atau luka kulit, disamakan dengan indeks memar 1,0
- B. Buah memar ringan, total luas memar kurang dari  $1 \text{ cm}^2$ , disamakan dengan indeks memar 2,5
- C. Buah memar sedang, total area memar antara  $1-2 \text{ cm}^2$ , disamakan dengan indeks memar 5,5
- D. Buah memar berat, total area memar lebih dari  $2 \text{ cm}^2$ , disamakan dengan indeks memar 10

### 2.3 Kandungan *Crude palm oil* (CPO)

Kandungan yang terdapat pada CPO mencakup berbagai senyawa, yang melibatkan berbagai jenis asam lemak seperti asam palmitat, asam stearat, asam oleat, asam linoleat, dan asam linolenat, memberikan minyak karakteristiknya. Minyak ini juga mengandung tokoferol dalam bentuk vitamin E, berfungsi

sebagai antioksidan alami. Karotenoid, terutama beta-karoten, memberi minyak warna merah-oranye dan bertindak sebagai pro-vitamin A. Sterol nabati seperti sitosterol juga hadir dan memberikan manfaat kesehatan.

Selain itu, minyak CPO mengandung senyawa fenolat alami yang berperan sebagai antioksidan. Dalam beberapa kasus, minyak CPO mentah mungkin juga mengandung air, garam, serta partikel padat lainnya yang harus dihilangkan selama proses pemurnian. Komposisi kandungan yang terdapat pada minyak CPO dapat bervariasi tergantung pada berbagai faktor, dengan pengolahan yang ketat diperlukan untuk memenuhi standar keamanan dan kualitas yang telah ditetapkan.

#### **2.4 Asam Lemak Bebas**

Asam Lemak Bebas adalah nilai yang mencerminkan jumlah Asam Lemak Bebas dalam suatu lemak atau minyak, biasanya terkait dengan proses hidrolisis minyak tersebut. Proses ini melibatkan penggunaan air dan enzim sebagai katalisator, serta pemanasan untuk memecahkan ikatan ester trigliserida dan menghasilkan Asam Lemak Bebas (Priskila, 2019).

Kandungan Asam Lemak Bebas (ALB) merupakan salah satu faktor penentu kualitas *Crude palm oil* (CPO) sesuai dengan Standar Nasional Indonesia SNI 01-3741-2013. SNI tersebut menetapkan batas maksimum kadar ALB sebesar  $<0,6$  mg KOH/g dan  $<0,3$  %. (BSN, 2013). Walaupun demikian, dalam proses pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) menjadi CPO, kadar ALB seharusnya sekecil mungkin. Tingginya kadar ALB menunjukkan kualitas CPO yang buruk (Edyson *et al.*, 2022).

Asam Lemak Bebas dapat terbentuk selama proses oksidasi dan hidrolisa enzim selama pengolahan dan penyimpanan. Keberadaan asam lemak dengan kadar berat yang lebih tinggi dalam bahan pangan dapat menghasilkan rasa yang tidak diinginkan dan dapat menimbulkan racun yang berbahaya bagi tubuh manusia. Penelitian telah dilakukan untuk mempelajari efek pemberian lemak yang telah dipanaskan pada hewan ternak atau dalam injeksi langsung ke dalam darah, yang

dapat menyebabkan diare, pertumbuhan lambat, pembesaran organ, risiko kanker, masalah saraf, dan mempersingkat masa hidup hewan (Suroso, 2013).

Minyak CPO adalah minyak nabati yang diekstraksi dari buah kelapa sawit dan memiliki komposisi yang kaya serta beragam. CPO terutama mengandung trigliserida, dengan asam lemak utama termasuk asam palmitat (44-45%), asam oleat (39-40%), asam linoleat (10-11%), dan asam stearat (4-5%). Selain itu, CPO juga mengandung komponen minor seperti fosfolipid, sterol, tokoferol, dan karotenoid, yang memberikan warna merah-oranye khas serta berbagai manfaat kesehatan. Asam lemak bebas (ALB) dalam CPO merupakan hasil hidrolisis trigliserida yang terjadi selama pemrosesan dan penyimpanan. Kandungan ALB adalah indikator penting kualitas minyak, di mana kadar yang tinggi dapat menunjukkan degradasi dan ketengikan, mengurangi kualitas minyak untuk konsumsi dan aplikasi lainnya. Pengendalian kandungan ALB sangat penting untuk memastikan stabilitas, rasa, dan keamanan minyak sawit (Mba, 2015).

Kadar ALB yang tinggi pada minyak kelapa sawit dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti kandungan air dan aktivitas enzim lipase. Kedua faktor tersebut dapat menyebabkan hidrolisis pada rantai asam lemak, sehingga membentuk Asam Lemak Bebas. Peningkatan kandungan air dan aktivitas enzim lipase dapat terjadi selama pengiriman tandan buah segar (TBS) dari kebun ke pabrik, yang dapat mengakibatkan metabolisme yang tetap berlangsung (Nurfiqih *et al.*, 2021).

Menurut Azeman (2015), Kualitas dan harga minyak kelapa sawit sangat tergantung pada kandungan Asam Lemak Bebas dalam minyak kelapa sawit. Kandungan Asam Lemak Bebas yang tinggi dalam minyak kelapa sawit mempengaruhi kualitas minyak kelapa sawit dan menyebabkan berbagai masalah kesehatan dan lingkungan. Batas maksimum kandungan Asam Lemak Bebas yang ditetapkan oleh Asosiasi *Refined Palm Oil Refiners* Malaysia dalam minyak kelapa sawit mentah adalah 5%, dan <0,1% dalam minyak terdeodorisasi terlarut. Karena permintaan tinggi di pasar industri minyak kelapa sawit saat ini, berbagai upaya telah dilakukan untuk meningkatkan kualitas minyak kelapa sawit, termasuk penentuan dan pengurangan Asam Lemak Bebas dalam minyak kelapa



sawit. Metode tradisional untuk penentuan Asam Lemak Bebas dalam minyak kelapa sawit adalah melalui titrasi sampel terhadap kalium hidroksida dalam larutan 2-propanol panas dengan menggunakan fenolftalein sebagai indikator. Beberapa metode lain juga telah dilaporkan sebelumnya untuk penentuan Asam Lemak Bebas, seperti teknik spektroskopi, kromatografi, dan elektrokimia. Makalah ini mengulas semua metode yang dilaporkan untuk penentuan Asam Lemak Bebas dalam minyak kelapa sawit.

#### **2.4.1 Mekanisme Pengukuran Asam Lemak Bebas**

Pengukuran Asam Lemak Bebas (ALB) merupakan metode analisis penting dalam bidang ilmu pangan dan industri minyak di Indonesia. Teori yang mendasarinya didukung oleh prinsip kimia analitik yang berkaitan dengan pengukuran konsentrasi asam lemak bebas dalam sampel minyak atau lemak. Metode analisis yang umum digunakan di Indonesia termasuk titrasi, spektrofotometri, kromatografi, dan elektroda ion selektif.

1. Titrasi: Metode ini mengukur konsentrasi asam lemak bebas dalam sampel dengan menambahkan larutan titran dengan konsentrasi yang diketahui ke dalam sampel minyak atau lemak hingga mencapai titik ekuivalen. Titik ini ditandai dengan perubahan pH yang diindikasikan oleh penambahan indikator seperti *fenolftalein* atau metil jingga.
2. Spektrofotometri: Metode ini menggunakan spektrofotometer untuk mengukur absorbansi cahaya oleh senyawa kompleks yang terbentuk dari reaksi antara asam lemak bebas dalam sampel dengan senyawa tertentu. Reaksi ini menghasilkan warna yang proporsional dengan konsentrasi ALB, yang kemudian dapat diukur secara spektrofotometri.
3. Kromatografi: Metode ini memisahkan komponen-komponen dalam sampel berdasarkan perbedaan laju migrasi melalui fase diam dan fase gerak. Di Indonesia, kromatografi gas (GC) dan kromatografi cair kinerja tinggi (HPLC) sering digunakan untuk mengukur ALB. GC mengubah ALB menjadi *derivat ester*, sementara HPLC memisahkan ALB berdasarkan afinitasnya terhadap fase diam dan fase gerak.

4. Elektroda Ion Selektif (ISE): Metode ini menggunakan elektroda ion selektif untuk mengukur konsentrasi ion hidrogen ( $H^+$ ) dalam larutan. Dalam konteks pengukuran ALB, elektroda pH dapat digunakan untuk mengukur perubahan pH yang disebabkan oleh reaksi antara asam lemak bebas dan larutan penyangga. Perubahan potensial listrik yang dihasilkan dapat dikonversikan menjadi konsentrasi ALB.

## 2.5 Jaringan Saraf Tiruan (JST)

Paradigma pemrosesan informasi yang terinspirasi dari sistem saraf biologis adalah Jaringan Saraf Tiruan (*Artificial Neural Network*) yang memproses informasi seperti otak manusia. Suatu struktur yang terdiri dari banyak elemen pemrosesan (neuron) yang saling terhubung digunakan untuk memecahkan masalah yang kompleks (Balaji dan Baskaran, 2013).

Jaringan Saraf Tiruan, sama seperti manusia, belajar dari contoh atau pola yang diberikan. Sebuah JST dibuat dengan konfigurasi yang khusus untuk aplikasi tertentu, seperti pengenalan pola atau klasifikasi data, melalui proses pembelajaran. Pembelajaran pada sistem biologis melibatkan penyesuaian koneksi sinaptik di antara neuron. Jaringan Saraf Tiruan mampu mengekstrak hubungan antara input dan *output* dari suatu proses, tanpa keberadaan fisik (Devi *et al.*, 2012).

*Backpropagation* atau propagasi kesalahan adalah metode umum dalam pembelajaran Jaringan Saraf Tiruan untuk menyelesaikan tugas yang diberikan. Metode ini merupakan proses pembelajaran terawasi dan merupakan implementasi dari aturan delta. Selain itu, *backpropagation* juga menyediakan metode komputasi yang efisien untuk perubahan bobot dalam jaringan *feed-forward* dengan unit-unit fungsi aktivasi terdiferensial untuk pembelajaran set pola *input-output*. Hal ini dijelaskan dalam studi Rebello *et al.* (2011) dan Vamsidhar *et al.* (2010).

## 2.6 Potential Hydrogen (pH)

Menurut Eko Ihsanto dan Hidayat (2014), pH merujuk pada tingkat keasaman atau kebasaaan yang terdapat dalam suatu larutan. pH diukur dengan menggunakan kologaritma aktivitas ion hidrogen ( $H^+$ ) dalam larutan, yang tidak dapat diukur secara langsung tetapi harus dihitung secara teoritis. Skala pH bersifat relatif terhadap suatu sekumpulan larutan standar dengan pH yang telah disetujui secara internasional. Larutan yang memiliki  $pH < 7$  dianggap asam, sedangkan larutan dengan  $pH > 7$  dianggap basa. Nilai pH 7 menunjukkan suatu larutan netral.

Menurut Harumi (2017), prinsip kerja pH Meter adalah dengan menggunakan sensor probe yang berupa elektroda kaca (glass electrode) untuk mengukur jumlah ion  $H_3O^+$  dalam larutan. Elektroda kaca memiliki ujung yang berbentuk bulat (bulb) dengan lapisan kaca setebal 0,1 mm. Ujung bulat ini kemudian dipasangkan dengan silinder kaca non-konduktor atau plastik yang diisi dengan larutan HCl. Dalam larutan HCl tersebut, terdapat sebuah kawat elektroda panjang berbahan perak yang pada permukaannya terbentuk senyawa setimbang AgCl. Karena jumlah larutan HCl pada sistem tersebut konstan, maka elektroda Ag/AgCl memiliki nilai potensial yang stabil.

Menurut penelitian Elsa Christiana *et al.*, (2019), kadar Asam Lemak Bebas dengan pH minyak memiliki hubungan antara kadar Asam Lemak Bebas dengan pH minyak. Perubahan pH yang terjadi dapat diakibatkan oleh hidrolisis pada trigliserida yang berubah menjadi ALB sehingga menyebabkan suasana pH menjadi asam. Berdasarkan hasil uraian diatas dapat dilihat bahwa kadar derajat keasamaan atau pH berhubungan dengan jumlah kadar ALB yang terdapat pada minyak yang dapat disebabkan karena minyak dioksidasi oleh oksigen yang menghasilkan suatu senyawa peroksida, dan apabila minyak mengalami oksidasi maka senyawa peroksida yang dihasilkan akan mengalami peningkatan yang akan berdampak pada penurunan derajat keasaman minyak goreng.

## 2.7 Kekeruhan atau *Turbidity*

Mengukur kekeruhan pada minyak kelapa sawit biasanya melibatkan penggunaan alat yang disebut *turbidity* meter. *Turbidity* meter adalah alat yang mampu mendeteksi tingkat kekeruhan air dengan menganalisis sifat optik cairan yang dipengaruhi oleh cahaya, serta membandingkan cahaya yang dipantulkan dengan cahaya yang masuk. Kondisi kekeruhan air terjadi karena adanya partikel-partikel tersuspensi yang umumnya tidak terlihat dengan mata telanjang, serupa dengan asap di udara. Semakin banyak partikel dalam air, semakin tinggi tingkat kekeruhannya. Dalam *turbidity* meter, peningkatan tingkat kekeruhan air berdampak pada perubahan tegangan *output* dari sensor (Wadu, 2017).

Menurut Rahayu, L.H., & Purnavita, S. (2018) kekeruhan pada minyak goreng bekas disebabkan oleh senyawa hasil oksidasi asam lemak tak jenuh pada pemasakan pada suhu tinggi serta penggunaan secara berulang-ulang. Peningkatan suhu pemanasan mengubah warna minyak kelapa menjadi kekuningan, hal tersebut menyebabkan *turbidity* dari minyak kelapa meningkat. Kadar ALB dari minyak kelapa meningkat karena proses terjadinya reaksi hidrolisis dan oksidasi pada minyak tersebut semakin meningkat dengan kenaikan suhu (Andy, 2016).

## 2.8 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sistem komputer mini yang terintegrasi pada sebuah IC dan terdiri dari CPU, memori, *timer*, saluran komunikasi serial dan paralel, *port input/output*, dan ADC. Mikrokontroler dapat digunakan untuk menyelesaikan tugas tertentu dan menjalankan program yang dibuat oleh pengguna. Selain mikroprosesor, mikrokontroler memiliki RAM, ROM, perangkat masukan dan keluaran, serta beberapa *peripheral* seperti pencacah, pemeta waktu, ADC, DAC, dan serial komunikasi. Mikrokontroler memiliki kemampuan yang lebih lengkap dibandingkan dengan mikroprosesor (Heri, 2012).

Menurut Abdul Kadir (2013), Arduino merupakan suatu pengendali *mikro single-board open-source* yang didesain untuk memudahkan penggunaan elektronik pada berbagai bidang. *Hardware* dari Arduino dilengkapi dengan prosesor Atmel AVR dan menggunakan software dan bahasa program sendiri. Selain itu, Arduino juga

merupakan jenis *controller*. Dalam hal ini, Syahwill (2013) menjelaskan bahwa mikrokontroler terdiri dari dua jenis utama, yaitu RISC dan CISC. *Reduced Instruction Set Computer* (RISC) merupakan bagian dari arsitektur mikroprocessor yang relatif kecil dan berfungsi untuk mengatur instruksi dalam komunikasi antara arsitektur yang lain. Di sisi lain, *Complex Instruction Set Computing* (CISC) terdiri dari kumpulan instruksi komputasi kompleks. Beberapa jenis mikrokontroler yang umum digunakan meliputi keluarga MCS51 yang termasuk keluarga CISC dengan arsitektur Harvard dan sebagian besar instruksinya dieksekusi dalam 12 siklus clock, AVR (Alv and Vegard's RISC Processor) yang merupakan jenis mikrokontroler RISC 8 bit dengan instruksi yang dieksekusi dalam satu siklus clock, PIC (Programmable Intelligent Controller) yang menggunakan arsitektur Harvard, Arduino yang merupakan kit elektronik open source dengan mikrokontroler jenis AVR, dan ARM Cortex-M0 (*Advance RISC Machine*) yang tergolong keluarga RISC dengan arsitektur set instruksi 32 bit.

Menurut Sulaiman (2012), Arduino adalah sebuah platform yang terdiri dari perangkat lunak dan keras (*hardware*). Perangkat keras Arduino memiliki kesamaan dengan mikrokontroler yang umum, tetapi Arduino dilengkapi dengan penamaan pin yang mudah diingat. Perangkat lunak Arduino bersifat *open source* sehingga dapat diunduh secara gratis dan digunakan untuk membuat serta memasukkan program ke dalam Arduino. Berbeda dengan pemrograman mikrokontroler konvensional yang memiliki banyak tahapan, pemrograman Arduino didesain dengan cara yang mudah dipelajari, sehingga cocok bagi para pemula yang ingin belajar mikrokontroler.

### **2.8.1 Arduino Uno**

Mikrokontroler *Arduino Uno* merupakan salah satu jenis mikrokontroler yang paling populer dan cocok digunakan oleh pemula. *Arduino Uno* menggunakan ATMEGA328 sebagai mikrokontrolernya dan memiliki 14 pin I/O digital serta 6 pin masukan analog. *Arduino Uno R3* adalah versi terbaru yang dilengkapi dengan perbaikan pada bagian revisi dan diperbarui dari versi sebelumnya. Untuk melakukan pemrograman, hanya perlu menggunakan kabel USB type A to type B

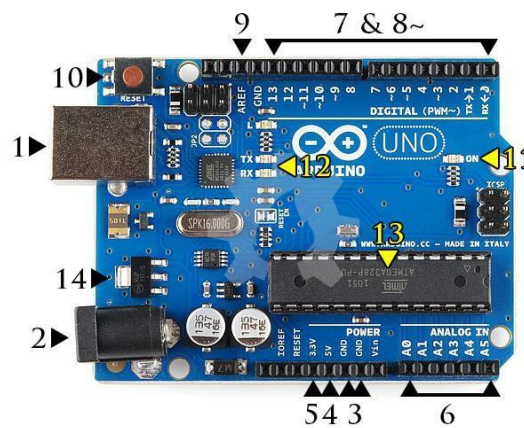
yang sama seperti yang digunakan pada USB printer. Demikian seperti yang dijelaskan oleh Aan Darmawan pada tahun 2016.

Salah satu elemen kunci dalam papan Arduino adalah mikrokontroler 8 bit yang diproduksi oleh perusahaan *Atmel Corporation* dan memiliki merek dagang Atmega. Ada berbagai jenis papan Arduino yang menggunakan berbagai tipe mikrokontroler Atmega yang berbeda, tergantung pada spesifikasinya. Sebagai contoh, *Arduino Uno* menggunakan mikrokontroler Atmega328, sementara *Arduino Mega 2560* yang lebih canggih menggunakan mikrokontroler Atmega2560 (Sanjaya, 2016).



Gambar 3. *Arduino Uno*  
(Raharja, 2014)

*Arduino Uno* adalah salah satu varian dari papan Arduino yang menggunakan IC Atmega328. Papan Arduino ini dilengkapi dengan 14 pin I/O digital dan 6 pin input analog. Selain itu, *Arduino Uno* memiliki osilator 16 Mhz, *port* USB, *jack* daya DC, *header* ICSP, dan tombol *reset*. *Board* ini sudah cukup lengkap dan hampir memiliki semua yang diperlukan untuk sebuah mikrokontroler. Penggunaannya sangat sederhana, hanya dengan menghubungkan daya melalui kabel USB ke PC atau menggunakan adaptor AC/DC yang terhubung ke *jack* DC. Berikut ini adalah bagian-bagian dari *Arduino Uno* yang ditunjukkan pada Gambar 3 dan dijelaskan pada Tabel 2.



Gambar 4. Bagian-bagian *Arduino Uno*  
(Bachri. 2017)

Tabel 2. Penjelasan bagian-bagian *Arduino Uno*

NO	Nama	Deskripsi
1.	USB FemaleType-B	Sebagai sumber DC 5V sekaligus untuk jalur pemrograman antara PC dan Arduino
2.	BarrelJack	Sebagai input sumber antara 7-12V
3	Pin GND	Sebagai sumber pentanahan ( <i>Ground</i> )
4	Pin 5V	Sebagai Sumber tegangan 5V
5	Pin 3,3V	Sebagai Sumber tegangan 3,3V
6	A0-A5	Sebagai AnalogInput
7	2-13	Sebagai I/O digital
8.	0-1	Sebagai I/O sekaligus bisa juga sebagai Rx Tx
9.	AREF	Sebagai Analog Referensi untuk fungsi ADC
10.	Tombol RESET	Sebagai perintah ResetArduino
11.	LED	Sebagai Indikator Daya
12.	LED Rx Tx	Sebagai Indikator Rx Tx saat pengisian program
13.	Mikrokontroler	Sebagai otak Arduino dengan menggunakan mikrokontroler AVR Atmega328
14.	Regulator Tegangan	Berfungsi sebagai pembatas atau penurun tegangan yang masuk melalui barreljack dengan tegangan maksimal input sebesar 20V.

### **III. METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus sampai November 2023 di Laboratorium Daya dan Alat Mesin Pertanian (DAMP), Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

##### **3.2.1 Alat**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini, sebagai berikut :

1. Kain kasa, digunakan sebagai alat untuk memeras brondol sawit untuk diambil minyak dari dagingnya.
2. Cawan, digunakan sebagai wadah dari minyak hasil perasan daging brondol sawit.
3. Erlenmeyer, digunakan sebagai wadah minyak CPO saat ditimbang dan sebagai tempat pencampuran seluruh larutan untuk dilakukan proses titrasi.
4. Pipet tetes, digunakan untuk meneteskan minyak CPO untuk ditimbang, indikator pp dan meneteskan larutan NaOH 0,1 N.
5. Kompor listrik, digunakan untuk mengukus brondol sawit sebelum diperas.
6. *Hotplate stirrer*, digunakan mencairkan minyak CPO yang sudah diperas dari brondol sawit dan sebagai pengaduk larutan.
7. Buret, digunakan sebagai alat untuk mengukur volume dari NaOH 0,1 N yang digunakan pada saat proses titrasi.
8. Timbangan analitik, digunakan untuk menimbang minyak CPO sekitar 5g yang akan digunakan sebagai sampel.



9. Gelas ukur, digunakan sebagai alat untuk mengukur volume dari *isopropyl* alkohol dengan ukuran 50 ml.
10. Gelas beaker, digunakan sebagai wadah dari alkohol dan NaOH 0,1 N.
11. Kalkulator, digunakan untuk menghitung nilai kadar Asam Lemak Bebas.
12. Buku dan pena, digunakan untuk mencatat nilai pH, *turbidity* dan kadar Asam Lemak Bebas.
13. pH meter, digunakan untuk mengukur pH pada minyak CPO yang sudah diperas.
14. *Turbidity* meter, digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan pada minyak CPO yang sudah diperas.
15. *Arduino Uno* merupakan komponen penting yang digunakan sebagai mesin kontrol pada alat pendeteksi kadar Asam Lemak Bebas.
16. Potensiometer adalah suatu jenis resistor variabel yang dapat diatur atau disesuaikan untuk mengubah nilai hambatan pada suatu rangkaian, pada penelitian ini digunakan sebagai pengatur nilai pH dan *turbidity*.
17. Papan *breadboard*, digunakan sebagai penyambung seluruh komponen yang terdapat pada alat pendeteksi kadar Asam Lemak Bebas.
18. Kabel jumper, digunakan sebagai alat penghubung dari komponen ke mikrokontroler.
19. *Liquid Crystal Display* (LCD), digunakan untuk menampilkan nilai dari potensiometer dan hasil kadar Asam Lemak Bebas.

### 3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini, sebagai berikut :

1. Tandan kelapa sawit yang diproses dengan cara pelepasan brondol sawit, dipilah dan dikukus selama 2 jam, lalu diperas menjadi minyak CPO untuk dijadikan sampel.
2. *Isopropyl* alkohol, digunakan sebagai pelarut dalam ekstraksi Asam Lemak Bebas dari sampel.

3. Indikator fenolftalein, digunakan untuk mengindikasikan titik akhir reaksi dengan perubahan warna dari merah muda kembali tidak berwarna saat semua Asam Lemak Bebas bereaksi.
4. Larutan NaOH 0,1 N, digunakan sebagai larutan penitrasi untuk melakukan titrasi terhadap sampel yang mengandung Asam Lemak Bebas.
5. Aquades, digunakan untuk menyiapkan larutan pendukung, seperti larutan penyangga atau larutan pembilasan.

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan larutan NaOH 0,1 N sebanyak 500 ml, berikut langkah-langkah pembuatannya :

1. Pertama siapkan bahan dan peralatan yang digunakan, untuk bahan yang digunakan yaitu Sodium Hydroxide (NaOH) padat dan aquades sedangkan alat yang digunakan yaitu timbangan analitik, gelas beaker dan alat pengaduk
2. Dihitung NaOH padat yang digunakan dengan rumus NaOH sesuai dengan volume aquades, hasil dari perhitungan yaitu 2 gram NaOH padat pada aquades dengan volume 500 ml.
3. Ditimbang NaOH sebanyak 2 gram menggunakan timbangan analitik
4. Dimasukkan aquades sebanyak 500 ml.
5. Tuangkan NaOH yang sudah di timbang ke dalam gelas *beaker* yang sudah diisi dengan aquades.
6. Diaduk menggunakan alat pengaduk sampai larut.

### 3.3 Kriteria Desain

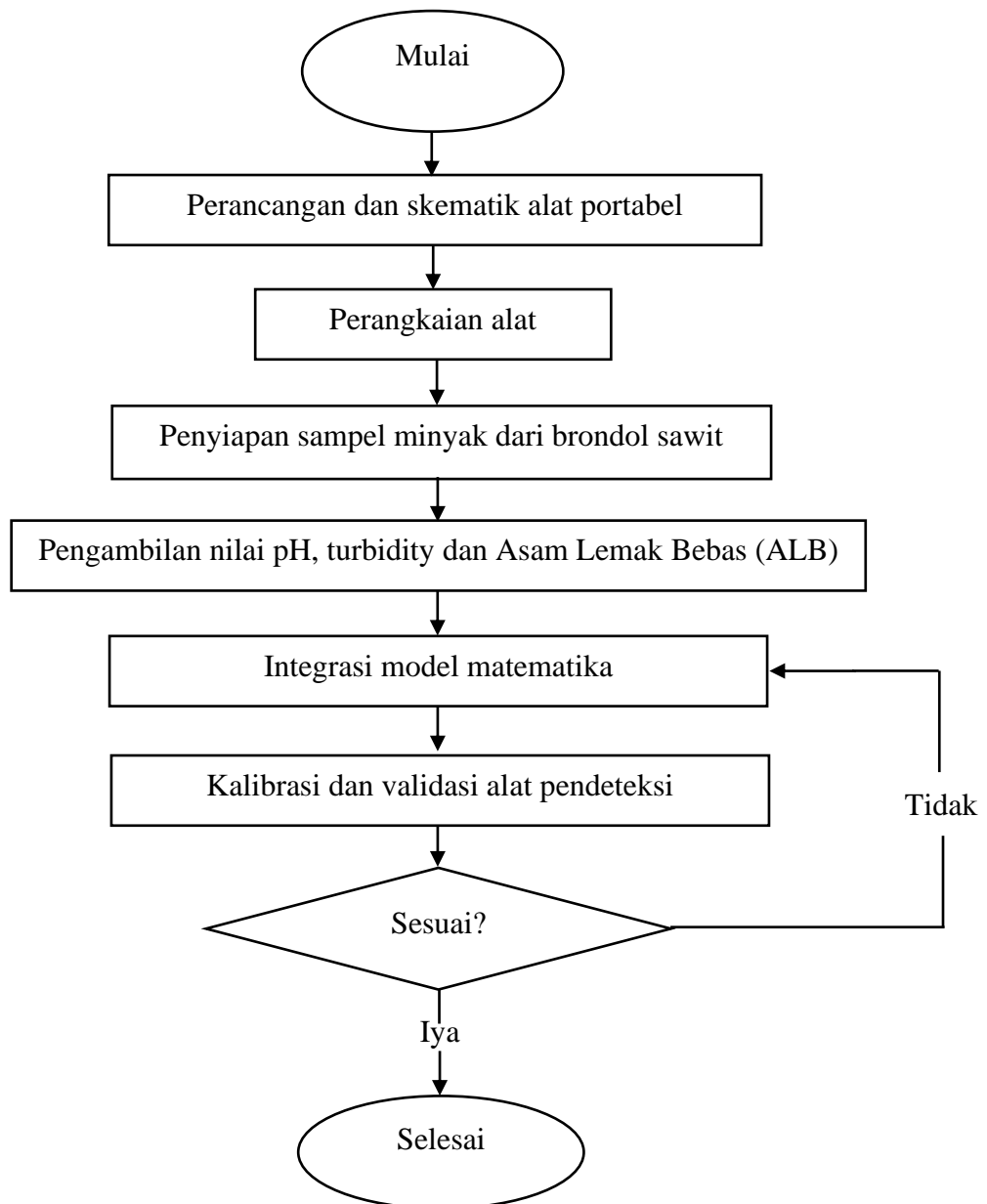
Alat ini dirancang untuk mengukur tingkat Asam Lemak Bebas pada minyak kelapa sawit dengan menggunakan pH meter dan *turbidity*, sementara Jaringan Saraf Tiruan (JST) digunakan untuk menciptakan model matematika yang disalurkan ke mikrokontroler. Setelahnya, persentase Asam Lemak Bebas ditemukan melalui rumus JST dan nilai tersebut dimasukkan dan diatur melalui potensiometer pada alat. Mikrokontroler melakukan perhitungan berdasarkan nilai ini dan menampilkan hasilnya di layar LCD sebagai nilai Asam Lemak Bebas (ALB), sambil mempertimbangkan faktor pH dan *turbidity*. Langkah selanjutnya

adalah menguji ulang hasil yang diperoleh dari mikrokontroler untuk memastikan validasinya, sehingga memungkinkan perolehan nilai ALB yang cepat dan akurat.

### 3.4 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan diantaranya perancangan alat, perakitan alat, analisis data, dan perumusan data dengan mikrokontroler.

Prosedur penelitian dapat dilihat di Gambar 4.

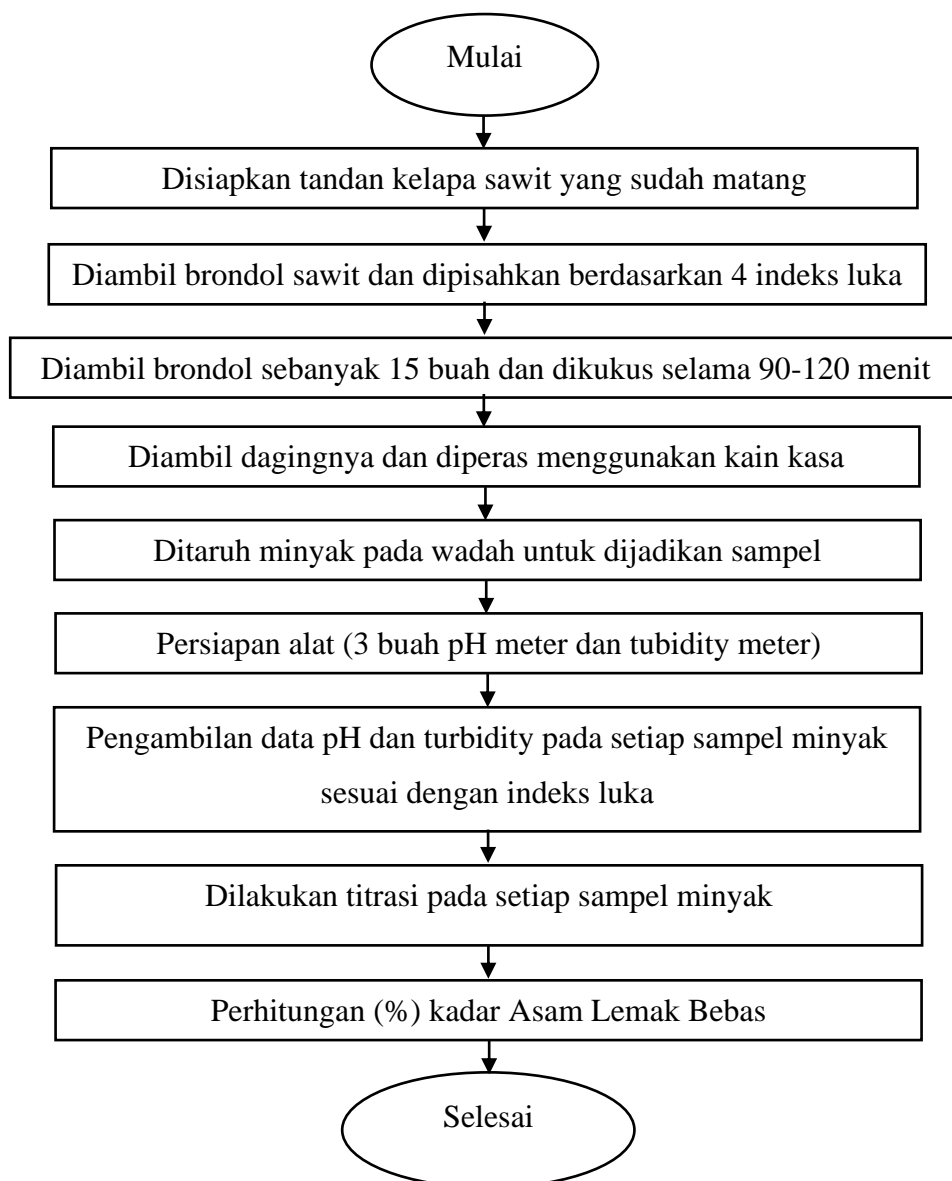


Gambar 5. Prosedur penelitian

### 3.4.1 Prosedur Pengambilan Data

Prosedur pengambilan data pada penelitian ini dimulai dengan mempersiapkan alat dan sampel minyak dari brondol kelapa sawit yang akan digunakan. Alat yang digunakan dalam prosedur pengambilan data antara lain pH meter dan *Turbidity* meter. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu minyak dari brondol sawit.

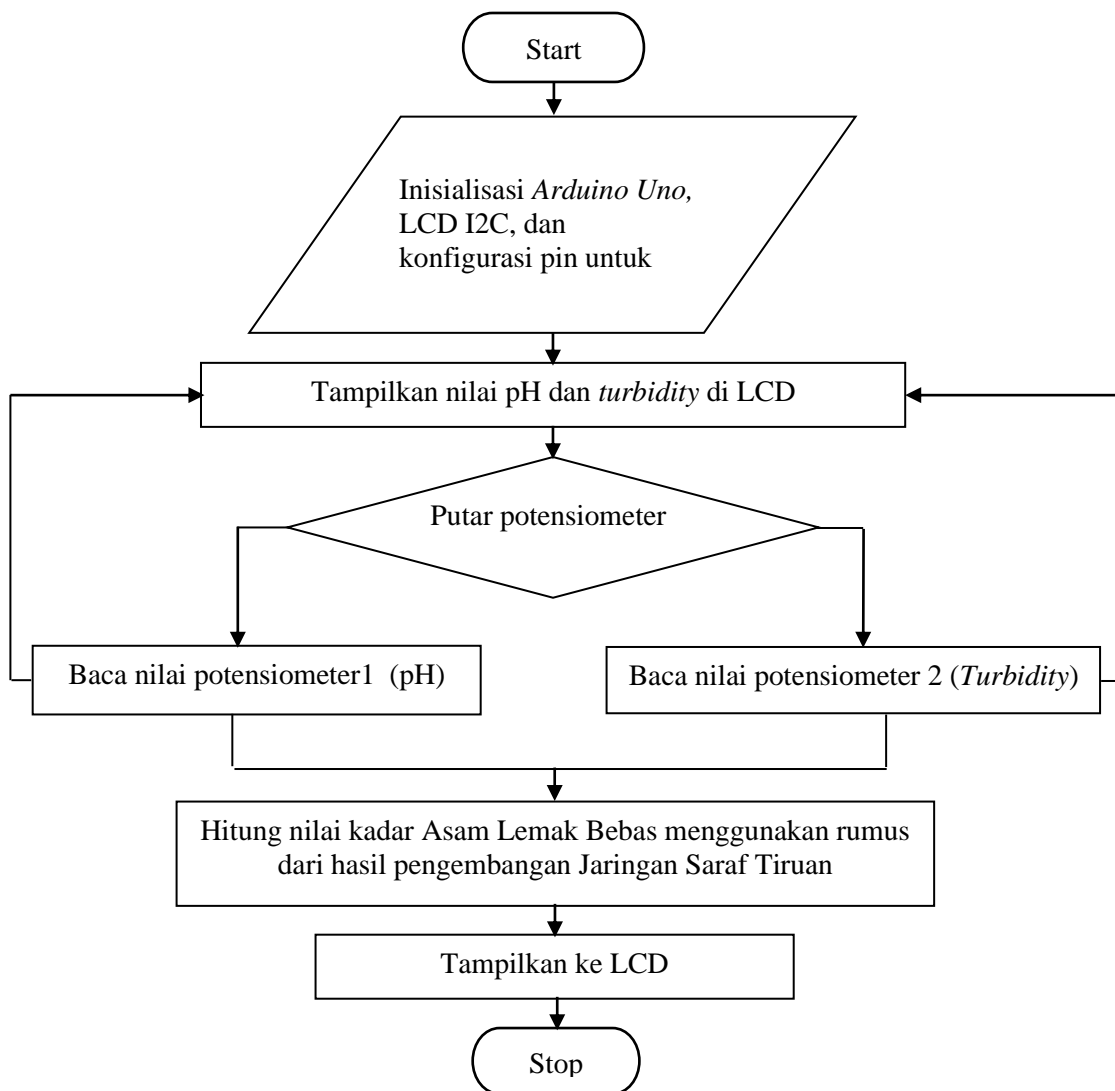
Persiapan bahan dilakukan dengan proses perebusan dan pemerasan pada brondol sawit untuk diambil minyaknya. Prosedur pengambilan data pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 6. Diagram alir pengambilan data

### 3.5 Perancangan Alat

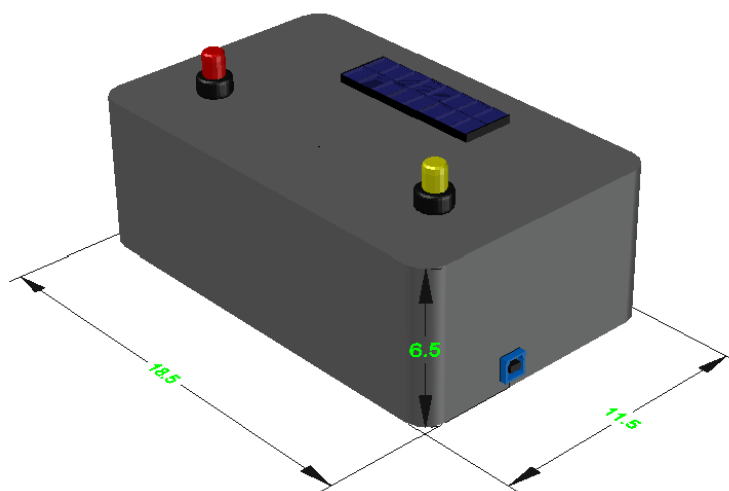
Perancangan alat ini mencakup perencanaan sistem dalam skematik, struktur rangkaian alat, pembuatan alat, penulisan kode untuk alat, dan pemasangan semua komponen ke mikrokontroler. Proses penulisan kode menggunakan bahasa C++ dan dilakukan melalui aplikasi Arduino IDE. Setelah penulisan selesai, verifikasi *sketch* dilakukan di aplikasi Arduino IDE untuk memastikan agar program yang telah dibuat dapat dibaca oleh mikrokontroler. Apabila terdapat kesalahan dalam penulisan, peringatan akan muncul setelah verifikasi program. Jika program tersebut tanpa kesalahan, tidak akan ada peringatan dan program siap untuk diunggah ke mikrokontroler.



Gambar 7. Diagram alir sistem kerja alat portabel

### 3.5.1 Rancangan Struktural

Rancangan pada alat ukur portabel ini didesain untuk memudahkan pengguna, dibuat ringan dan mudah untuk digunakan. Alat ini dirancang menggunakan kotak elektronik dengan panjang 18,5 cm, lebar 11,5 cm dan tinggi 6 cm. Alat ini dirancang untuk membaca nilai kandungan Asam Lemak Bebas kelapa sawit yang akan dimunculkan pada serial monitor dengan menggunakan potensiometer, fungsi potensiometer ini yaitu untuk mengatur nilai pH, dan *Turbidity*.



Gambar 8. Alat ukur portabel kadar Asam Lemak Bebas

Untuk mendapatkan nilai ini memerlukan beberapa bantuan alat sebagai berikut :

a. pH Meter

pH meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau alkalinitas dalam larutan, yang diukur dalam skala pH. Fungsinya utamanya adalah mengukur konsentrasi ion hidrogen (H<sup>+</sup>) dalam larutan. pH meter memiliki elektroda khusus yang merespons perubahan konsentrasi ion hidrogen dalam larutan. Nilai pH berkisar antara 0 hingga 14, dengan 7 menunjukkan larutan netral, di bawah 7 bersifat asam, dan di atas 7 bersifat basa. pH meter membantu dalam mengukur dan memantau tingkat keasaman atau kebasaaan dalam berbagai jenis larutan, seperti larutan kimia, air minum, dan cairan biologis.



Gambar 9. pH Meter

b. *Turbidity* Meter

*Turbidity* meter digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan atau partikel padat yang mengendap dalam cairan. Ini merupakan parameter penting dalam analisis kualitas air dan lingkungan. Fungsinya adalah mengukur sejauh mana cahaya dapat melewati cairan tanpa tersebar. Semakin banyak partikel padat atau partikel yang terendap dalam cairan, semakin banyak cahaya yang tersebar dan transmisi cahaya menurun. *Turbidity* meter mengukur intensitas cahaya yang tersebar pada sudut tertentu dan mengubahnya menjadi nilai kekeruhan, yang biasanya diukur dalam unit Nephelometric *Turbidity* Unit (NTU). Ini penting dalam mengontrol kualitas air dalam air minum, air limbah, dan lingkungan perairan.



Gambar 10. Turbidity meter.

### 3.5.2 Rancangan Fungsional

Pada penelitian ini rancangan didesain untuk menginput nilai pH, dan *Turbidity*. Komponen-komponen yang digunakan pada alat ini memiliki fungsi masing-masing yaitu mikrokontroler *Arduino Uno*, Potensiometer, LCD, dan I2C.

#### 1. Mikrokontroler *Arduino Uno*

Mikrokontroler merupakan salah satu sistem komputer yang fungsional dikemas dalam sebuah chip yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik, yang menekankan efisiensi dan efektivitas biaya. Pada mikrokontroler terdapat sebuah inti prosessor, memori (sejumlah kecil RAM, memori program, atau keduanya) serta perlengkapan input *output* (Manengal *et al.*, 2014). *Arduino* adalah sebuah platform yang terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak yang memungkinkan individu untuk dengan mudah dan cepat membuat prototipe rangkaian elektronika berbasis mikrokontroler. Lebih spesifiknya, papan *Arduino* menggunakan mikrokontroler dari perusahaan Atmel. Sebagai contoh, *Arduino Uno* menggunakan mikrokontroler Atmega328P (Kadir, 2016).

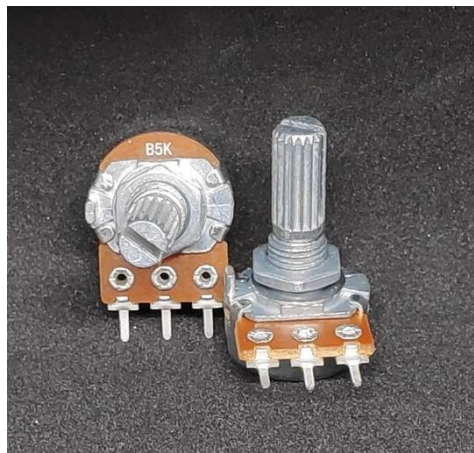
Pada penelitian ini mikrokontroler yang digunakan yaitu *Arduino Uno*, Menurut Adriansyah (2013), *Arduino Uno* adalah sebuah papan mikrokontroler yang berbasis pada ATmega328. Papan *Arduino Uno* memiliki 14 pin digital yang dapat diatur sebagai input/*output* (dengan 6 di



antaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 input analog, osilator Kristal 16 MHz, koneksi USB, *jack* daya, header ICSP, dan tombol reset Potensiometer. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 3.

## 2. Potensiometer

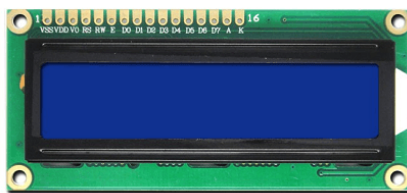
Potensiometer merupakan sebuah komponen elektronik yang berperan sebagai resistor yang dapat diubah nilainya secara manual. Fungsinya umumnya terdapat dalam rangkaian elektronik untuk mengendalikan dan mengubah besaran resistansi dalam suatu sirkuit. Potensiometer memiliki tiga terminal, yaitu terminal luar kiri, terminal luar kanan, dan terminal tengah. Penggunaan potensiometer sangat beragam, misalnya untuk mengatur volume pada peralatan elektronik seperti radio atau amplifier, mengatur kecerahan layar perangkat elektronik, mengontrol kecepatan motor, atau sebagai bagian dari sistem kontrol analog.



Gambar 11. Potensiometer

## 3. *Liquid Crystal Display* (LCD)

*Liquid Crystal Display* (LCD) adalah suatu bentuk layar tampilan yang memanfaatkan kristal cair sebagai elemen untuk menciptakan gambar. LCD sering diterapkan pada perangkat elektronik seperti telepon seluler, televisi, serta alat elektronik lainnya. Dengan kapabilitas menampilkan teks, angka, dan gambar dengan kualitas tampilan yang baik.



Gambar 12. *Liquid Crystal Display (LCD) 16x2*

#### 4. *Inter-Integrated Circuit (I2C)*

*Inter-Integrated Circuit (I2C)* merupakan sebuah protokol komunikasi serial yang dipakai untuk menghubungkan beberapa perangkat elektronik dalam satu rangkaian. I2C memungkinkan perangkat-perangkat tersebut berkomunikasi melalui jalur komunikasi hanya menggunakan dua kabel, yaitu kabel data (SDA) dan kabel *clock* (SCL). Protokol ini digunakan untuk mentransfer data dengan efisien antara mikrokontroler, sensor, aktuator, dan perangkat lainnya dalam sistem elektronik.



Gambar 13. *Inter-Integrated Circuit (I2C)*

### 3.6 Proses Pembuatan Sampel Minyak CPO dari Tandan Kelapa Sawit

Proses pembuatan sampel minyak CPO ini adalah sebagai berikut :

- a. Pertama-tama, langkah awal dalam proses pembuatan sampel minyak kelapa sawit adalah memanen Tandan Buah Segar (TBS) dari kebun sawit. Proses pemilihan TBS ini penting, dan hasil panen yang baik akan memengaruhi kualitas akhir minyak kelapa sawit yang dihasilkan.
- b. Setelah itu diipisahkan brondol dari tandan kelapa sawit, lalu dipisahkan sesuai dengan kriteria yang sudah ditentukan.
- c. Brondol sawit yang sudah dipisahkan dikukus selama 90-120 menit.
- d. Brondol sawit yang sudah dikukus diangkat dan diperas dengan menggunakan kain kasa.

### 3.6.1 Pengambilan Nilai Parameter

Parameter yang diamati pada penelitian ini adalah:

#### 1. *Potential Hydrogen* (pH)

Pengukuran nilai pH ini dilakukan di laboratorium dengan menggunakan 3 buah alat pH meter. Pengukurannya yaitu dengan cara mencelupkan alat pada sampel minyak kelapa sawit selama 2 menit lalu dilihat hasil pengukurannya pada alat tersebut.

#### 2. *Turbidity*

Pengukuran *turbidity* dilakukan di laboratorium menggunakan alat *turbidity* meter. Pengukurannya yaitu dengan cara diambil sampel dari minyak kelapa sawit sebanyak 10 ml, lalu dimasukkan ke dalam botol yang tersedia pada alat, kemudian setelah alat dijalankan tunggu hingga beberapa detik lalu dilihat hasil pengukurannya pada alat tersebut.

### 3.6.2 Pengambilan Nilai Kadar Asam Lemak Bebas %

Analisis kadar Asam Lemak Bebas pada minyak *Crude palm oil* (CPO) dilakukan menggunakan metode titrasi asam basa. Proses ini dimulai dengan menimbang 5 gram CPO, kemudian menempatkannya dalam erlenmeyer. Selanjutnya, ditambahkan 50 ml *isopropyl* alkohol ke dalam erlenmeyer, diikuti dengan penambahan 5 tetes phenolphthalein sebagai indikator. Campuran dipanaskan dan diaduk menggunakan *hotplate stirrer*, dan selanjutnya dititrasi dengan larutan NaOH 0,1 N hingga terjadi perubahan warna yang terdeteksi oleh indikator. Volume larutan NaOH yang digunakan dicatat dan akan digunakan dalam perhitungan untuk menentukan kadar ALB pada CPO, menggunakan persamaan tertentu.

$$\% \text{ kadar Asam Lemak Bebas} = \frac{25,6 \times \text{NaOH} \times \text{normalitas NaOH}}{\text{massa sampel}} \dots\dots\dots (3.1)$$

Tabel 3. Tabel unit percobaan

Indeks luka	Sampel	pH	Kekeruhan	Nilai Aktual	Prediksi
Indeks I (mulus)	1	A1	B1	C1	D1
	2	A2	B2	C2	D2
	3	A3	B3	C3	D3
Indeks II (<1cm)	1	A4	B4	C4	D4
	2	A5	B5	C5	D5
	3	A6	B6	C6	D6
Indeks III (1-2cm)	1	A7	B7	C7	D7
	2	A8	B8	C8	D8
	3	A9	B9	C9	D9
Indeks IV (>2cm)	1	A10	B10	C10	D10
	2	A11	B11	C11	D11
	3	A12	B12	C12	D12

### 3.6.3 Kategori Warna *Pink*

warna *pink* yang diinginkan dalam titrasi sering kali merupakan warna *pink* keunguan, yang muncul saat larutan mendekati titik ekuivalensi dalam titrasi asam-basa. Saat titrasi berlangsung, indikator asam-basa ditambahkan ke dalam larutan sebagai penanda titik akhir. Ketika larutan mendekati pH di mana titik ekuivalensi tercapai, warna larutan mulai berubah menjadi *pink*. Pada saat itu, perlu diingat bahwa titrasi harus dihentikan segera setelah perubahan warna menjadi *pink* keunguan terjadi. Warna *pink* keunguan menunjukkan bahwa titrasi telah mencapai titik akhir yang diinginkan, di mana jumlah asam yang dititrasi sama dengan jumlah basa dalam larutan. Oleh karena itu, titrasi harus dihentikan pada saat ini untuk menghindari penambahan lebih lanjut dari titran yang dapat mengubah pH larutan dan menghasilkan kesalahan dalam hasil analisis. Dengan demikian, pemahaman akan perubahan warna yang diinginkan dalam titrasi dan pengamatan yang cermat terhadap perubahan warna menjadi penting untuk keberhasilan eksperimen titrasi.



Gambar 14. Warna *pink* yang diinginkan

### 3.6.4 Kriteria Indeks Luka

Dalam penelitian oleh Turner dan Gillbank (2003), terungkap bahwa konsentrasi Asam Lemak Bebas (ALB) dalam buah yang mengalami luka dapat meningkat dari 1% menjadi 6% dalam waktu 20 menit. Temuan ini menekankan pentingnya klasifikasi indeks luka pada tandan buah kelapa sawit untuk memahami tingkat kerusakan dan potensi peningkatan konsentrasi ALB.

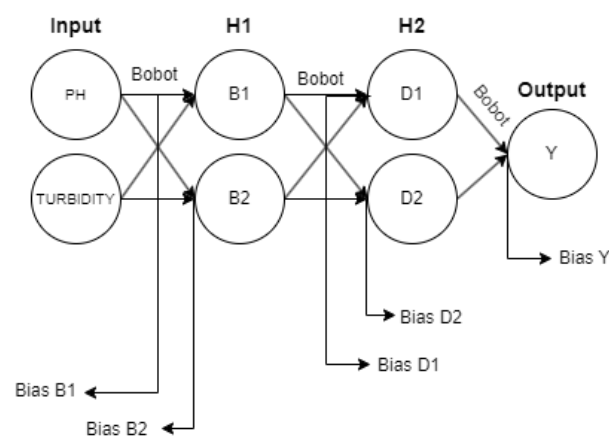
1. Indeks 1 (Mulus): Tandan buah kelapa sawit dengan indeks luka 1, yang ditandai dengan kulit buah yang mulus dan tidak ada memar, cenderung memiliki tingkat kerusakan yang minimal. Dalam kondisi seperti ini, proses hidrolisis yang menyebabkan peningkatan kadar ALB mungkin berlangsung lambat karena tidak ada kerusakan yang signifikan yang mempercepat proses tersebut.
2. Indeks 2 (<1 cm): Buah dengan indeks luka 2, yang memiliki memar dengan diameter kurang dari 1 cm, mungkin menunjukkan kerusakan yang sedang. Meskipun tidak terlalu parah, memar ini bisa mempercepat proses hidrolisis dan dengan demikian meningkatkan kadar ALB sedikit.
3. Indeks 3 (1-2 cm): Indeks luka 3 menunjukkan buah dengan memar yang lebih besar, yaitu antara 1 hingga 2 cm. Buah dengan tingkat kerusakan sedang ini cenderung memiliki proses hidrolisis yang lebih cepat, karena area yang terkena kerusakan lebih luas. Akibatnya, peningkatan kadar ALB mungkin lebih signifikan daripada pada indeks yang lebih rendah.

4. Indeks 4 ( $>2$  cm): Buah dengan indeks luka 4 memiliki memar yang lebih besar dari 2 cm. Ini menunjukkan kerusakan yang parah pada buah. Pada tingkat kerusakan yang parah seperti ini, proses hidrolisis dapat sangat dipercepat, yang berpotensi menyebabkan peningkatan kadar ALB yang cukup signifikan dalam waktu singkat.

Dengan demikian, semakin tinggi indeks luka pada tandan buah kelapa sawit, semakin besar kemungkinannya untuk mengalami peningkatan kadar ALB karena percepatan proses hidrolisis akibat kerusakan.

### 3.7 Perancangan Jaringan Saraf Tiruan

Pada tahap ini, proses dilakukan menggunakan sebuah laptop yang telah terinstal aplikasi MATLAB versi 2009. Perancangan model jaringan saraf tiruan dimulai dengan menentukan arsitektur jaringan yang terdiri dari 3 layer, yaitu input layer, hidden layer, dan *output* layer. Penentuan perancangan ditentukan oleh kesesuaian data yang diperoleh. Pada jaringan saraf tiruan, jumlah node pada masing-masing hidden layer tidak dapat melebihi dua kali jumlah dari input. Dari ketentuan tersebut, maka model jaringan saraf tiruan pada penelitian ini menggunakan 2 variabel input, 2 hidden layer yang masing-masing berjumlah 2 node, dan 1 variabel *output*. Variabel input terdiri dari nilai pH dan nilai turbidity. Variabel *output* yang dihasilkan adalah nilai ALB yang diharapkan sesuai dengan nilai dari kalibrator. Diagram arsitektur JST ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 15. Diagram arsitektur Jaringan Saraf Tiruan

### 3.8 Analisis Regresi

Dalam penelitian ini, eksplorasi dilakukan untuk memahami dampak pH dan kekeruhan terhadap kadar Asam Lemak Bebas (ALB) dalam larutan. Analisis regresi, metode statistik yang digunakan, membantu memahami hubungan antara pH (sebagai faktor pertama) dan kekeruhan (sebagai faktor kedua) dengan konsentrasi ALB. Penelitian ini melibatkan pengumpulan data dan penerapan analisis statistik untuk mengevaluasi pengaruh masing-masing faktor terhadap konsentrasi ALB. Hasil dari analisis regresi diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang seberapa jauh pH dan kekeruhan memengaruhi konsentrasi ALB dalam larutan. Selanjutnya, dilakukan evaluasi terhadap kualitas model regresi yang dihasilkan, untuk memastikan kesesuaian dengan data dan validitas temuan.

#### 3.8.1 Koefisien Korelasi dan Koefisien Determinasi

Koefisien korelasi dan koefisien determinasi adalah dua ukuran statistik yang sering digunakan dalam analisis regresi untuk memahami hubungan antara variabel-variabel. Koefisien korelasi, disimbolkan dengan  $r$ , adalah ukuran yang menentukan kekuatan dan arah hubungan linier antara dua variabel. Nilai koefisien korelasi berkisar antara -1 dan 1. Nilai  $r=1$  menunjukkan hubungan linier positif yang sempurna, di mana kedua variabel meningkat atau menurun bersama-sama, sementara nilai  $r=-1$  menunjukkan hubungan linier negatif yang sempurna, di mana satu variabel meningkat saat yang lain menurun. Nilai  $r=0$  menunjukkan tidak ada hubungan linier antara kedua variabel. Dengan kata lain, koefisien korelasi memberitahu kita apakah ada hubungan antara dua variabel dan arah hubungan tersebut (positif atau negatif) (Sugiyono, 2014).

Koefisien determinasi, disimbolkan sebagai  $R^2$ , adalah ukuran yang menunjukkan proporsi variabilitas dalam variabel dependen yang dapat dijelaskan oleh variabel independen dalam model regresi. Nilai  $R^2$  berkisar antara 0 dan 1. Nilai  $R^2=1$  menunjukkan bahwa model menjelaskan semua variasi dalam data, sedangkan  $R^2=0$  menunjukkan bahwa model tidak menjelaskan variasi dalam data sama sekali. Koefisien determinasi memberitahu kita seberapa dekat hubungan antara variabel-variabel tersebut dengan mengukur proporsi variabilitas yang dapat

dijelaskan oleh model regresi. Dengan demikian, koefisien korelasi digunakan untuk mengetahui apakah ada hubungan linier antara dua variabel, sedangkan koefisien determinasi digunakan untuk mengetahui seberapa dekat hubungan tersebut (Ghozali, 2013).

### 3.9 Kalibrasi dan Validasi Alat

#### 1. Kalibrasi

pH, dan *Turbidity* diuji yang meliputi dua tahap yaitu kalibrasi dan validasi. Kalibrasi dilakukan dengan menggunakan hasil akuisisi data dari pengukuran pH, dan *Turbidity* yang hasilnya didapatkan secara periodik. Pengukuran pH, dan *Turbidity* dilakukan secara langsung sebanyak satu kali pada tiap pengambilan sampel yang dilakukan pada alat dan di laboratorium. Data pengukuran pH, dan *turbidity* aktual kemudian dihubungkan melalui metode matematis dengan data pengukuran pH dan *turbidity* dan metode matematis yang digunakan berupa metode matematika non-linear dan pendekatan Jaringan Saraf Tiruan. Hasil Akumulasi error yang kecil diartikan bahwa tahap awal pada kalibrasi perancangan alat ukur cepat telah berjalan dengan baik, dan dapat dilanjutkan ke tahap validasi.

#### 2. Validasi

Validasi rancangan alat merupakan bagian dalam perakitan alat ukur cepat untuk menguji validitas antara rancangan alat ukur dengan nilai aktual. Adapun rancangan alat ukur yang telah divalidasi, diuji menggunakan :

##### a. Root Mean Square Error (RSME) dan Relative Root Mean Square Error (RRMSE)

Perhitungan Root Mean Square Error dalam pengujian data validasi digunakan dengan tujuan untuk mengetahui besarnya kesalahan pendugaan dari alat ukur cepat yang dikembangkan. Berikut merupakan rumus perhitungan RSME :

$$RMSE = [n^{-1} \sum_{i=1}^n |e_i|^2]^{1/2} \dots\dots\dots(3.2)$$

Dimana n adalah jumlah data dan e adalah nilai error

$$RRMSE = \frac{[n^{-1} \sum_{i=1}^n |e_i|^2]^{1/2}}{\frac{1}{n} \sum y} \times 100\% \dots\dots\dots(3.3)$$



b. Uji koefisien determinasi ( $R^2$ )

Perhitungan koefisien determinasi ( $R^2$ ) digunakan untuk mengukur besarnya kontribusi variabel bebas terhadap variabel terikat yaitu data kalibrator dan data alat ukur cepat. Berikut merupakan rumus perhitungan koefisien determinasi :

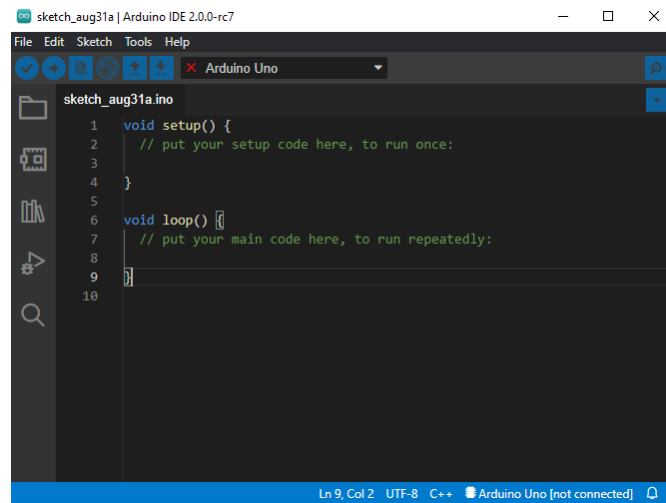
$$R^2 = \frac{[n\Sigma xy - (\Sigma x) \cdot (\Sigma y)]^2}{\sqrt{[n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2] \cdot [n\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2]}} \dots\dots\dots (3.4)$$

Dimana  $\Sigma x$  adalah jumlah data x dan  $\Sigma y$  adalah jumlah data y

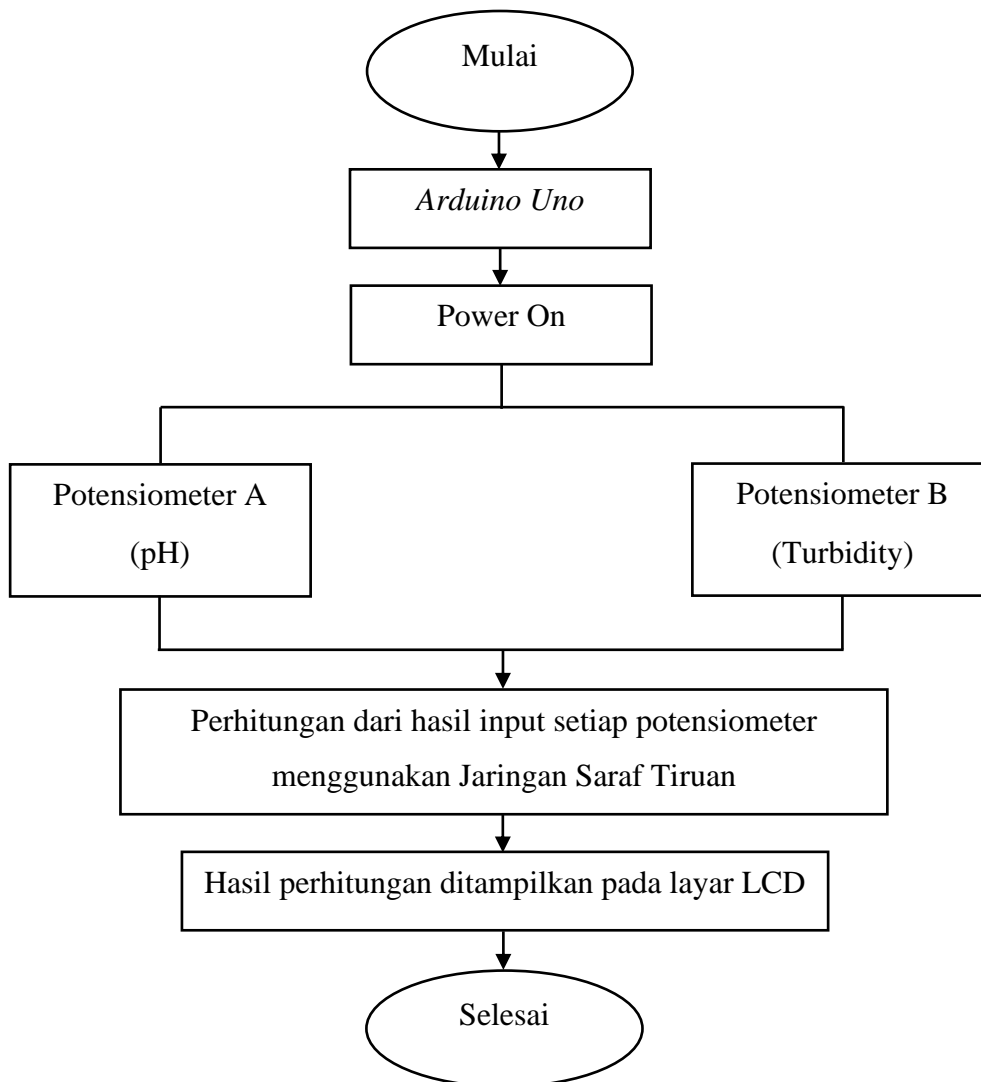
### 3.10 Pemrograman

Pada penelitian ini dalam menulis *code* dengan bantuan dari aplikasi Arduino IDE yang sudah terinstal pada laptop. Aplikasi adalah sebuah perangkat program yang mampu menjalankan instruksi yang diberikan oleh pengguna, dengan tujuan yang lebih spesifik sesuai dengan keinginan pengguna. Aplikasi adalah sebuah program yang dapat digunakan untuk melaksanakan perintah dari pengguna dengan tujuan yang lebih tepat sesuai dengan keinginan pengguna. Aplikasi dapat digunakan dalam mengolah data pada komputasi yang diinginkan (Abdurahman, 2014).

Software Arduino IDE merupakan perangkat lunak yang berperan dalam pengembangan dan pemrograman proyek dengan papan Arduino. Fungsinya melibatkan penyusunan kode program, pengunggahan kode ke papan Arduino, serta pemantauan serta pengendalian perangkat yang terhubung. Dalam lingkungan IDE ini, terbuka peluang untuk membuat prototipe perangkat elektronik, mengaitkan sensor serta aktuator, merancang proyek berbasis IoT, menyampaikan pengajaran pemrograman, dan mengatur sistem otomatis.



Gambar 16. Tampilan Arduino IDE 2.0.0



Gambar 17. Diagram alir pemrograman

### **3.11 Kemudahan Dan Kemenarikan Tampilan**

Kemudahan alat ini dan kemenarikan alat ini diperlukan dalam pembuatan alat portabel, kemudahan ini bisa menjadi daya tarik bagi pengguna dalam menggunakan alat ini secara terus menerus. Kemudahan ini bisa meliputi saat menjalankan alat ini, contohnya adalah ketika kita mencoba alat ini saat proses menyalakan sampai memasukkan nilainya. Lalu untuk kemenarikan tampilan ini bisa meningkatkan kenyamanan, tentunya jika alat yang dibuat ini menarik pastinya akan banyak juga penggunanya. Dalam hal ini untuk mengetahui penilaian kemudahan dan kemenarikan alat dilakukan sebuah survei dengan menggunakan google form, jadi proses survei ini dilakukan dengan cara alat portabel ini dicoba oleh responden untuk mengetahui seberapa mudah dan menariknya alat ini, setelah itu responden akan mengisi link google form terkait kemudahan dan kemenarikan alat. Untuk responden yang diperlukan yaitu sekitar 15 responden, agar dapat mengetahui bagaimana pengalaman mereka dalam menggunakan alat portabel ini.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang di dapat pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini menghasilkan alat yang dapat mengukur kadar Asam Lemak Bebas (ALB) menggunakan Jaringan Saraf Tiruan (JST) dengan parameter pH dan *turbidity*. Alat ini memiliki nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) sebesar 0,564 dan nilai *Relative Root Mean Square Error* (RRMSE) sebesar 1,847%, dengan nilai ini dapat diartikan alat yang dirancang dapat memberikan hasil yang cukup baik dalam mendeteksi Asam Lemak Bebas.
2. Berdasarkan analisis data *Crude palm oil* (CPO), terdapat korelasi antara pH, *turbidity*, dan kadar Asam Lemak Bebas. Nilai pH menunjukkan hubungan positif dengan kadar Asam Lemak Bebas, pengaruhnya sangat baik 82,88%. Pada *turbidity* memiliki dampak yang lebih baik, dengan koefisien determinasi yang tinggi 85,9%, dengan demikian pengaruh pH dan *turbidity* sangat baik terhadap kadar Asam Lemak Bebas pada minyak CPO.
3. Proses pengembangan Jaringan Saraf Tiruan ini menggunakan 2 *input layer*, 2 *hidden layer* 1, 2 *hidden layer* 2, dan 1 *output layer*, tipe pelatihan yang digunakan yaitu *tranlm*, dan *learning rate* 0,001, menghasilkan prediksi terbaik dengan fungsi aktivasi *logsig-tansig-tansig*. Nilai RMSE (Root Mean Square Error) dan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) dari hasil pelatihan model Jaringan Saraf Tiruan (JST) ialah 0,9571 dan 0,8447 atau sebesar 84,47%, sedangkan pada pengujian model JST nilai RMSE dan  $R^2$  yang diperoleh sebesar 0,5892 dan 0,9541 atau sebesar 95,41%. Hasil pelatihan dan hasil pengujian menghasilkan *logsig-tansig-tansig* sebagai fungsi aktivasi terbaik.

4. Berdasarkan dari 15 responden, 53,3% mahasiswa dan 46,7% umum. Mayoritas responden menilai baik kemudahan penggunaan (21,36% cukup baik, 70,68% baik, 8% sangat baik) dan kemenarikan alat (17,32% cukup baik, 66,66% baik, 16% sangat baik). Respons positif menunjukkan alat portabel untuk pengukuran Asam Lemak Bebas disukai oleh responden, baik dari kalangan mahasiswa maupun umum.

## **5.2 Saran**

Berdasarkan dengan penelitian yang sudah dilakukan, saran yang dapat disampaikan yaitu perlu adanya penelitian lanjutan dengan penambahan parameter yang dapat mempengaruhi kandungan Asam Lemak Bebas.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aan Darmawan, Heri dan Andrianto. 2016. Arduino Belajar Cepat Pemrograman. Bandung: Penerbit Informatika.
- Abdul Kadir. 2013. Arduino Dan Sensor. Jakarta;
- Abdurahman, H. & Riswaya, A.R. (2014). Aplikasi Pinjaman Pembayaran Secara Kredit Pada Bank Yudha Bhakti. \*Jurnal Computech & Bisnis\*, 8, 61-69.
- Adriansyah, A., & Hidyatama, O. (2013). rancang bangun prototipe elevator menggunakan microcontroller Arduino atmega 328p. Jurnal Teknologi Elektro, 4(3), 141675.
- Andy, S. (2016). Pengaruh Pemanasan Terhadap Komposisi Asam Lemak Penyusun Minyak Kelapa dan Analisis Sifat Minyak (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).
- Ayu, D. F., Sormin, D. S., & Rahmayuni. 2020. Kajian Pengaruh Perlakuan Awal Pada Proses Pengolahan Tepung Singkong Terhadap Kualitas Produk. Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia, 12(02), 10–16.
- Azeman, N. H., Yusof, N. A., & Othman, A. I. (2015). Detection of free fatty acid in *crude palm oil*. Asian Journal of Chemistry, 27(5), 1569.
- Bachri, A., & Utomo, E. W. (2017). Prototype penyiram tanaman otomatis dengan sensor kelembaban tanah berbasis Atmega 328. Jurnal JE-UNISLA: Electronic Control, Telecommunication, Computer Information and Power System, 2(1).

- Badan Standarisasi Nasional. 2013. SNI – 3741 – 2013 (Standar Mutu Minyak Goreng). Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Balaji, S. Arun and Baskaran, K. 2013. "Design and Development of Artificial Neural Networking (ANN) System Using Sigmoid Activation Function to Predict Annual Rice Production in Tamilnadu". *International Journal of Computer Science, Engineering and Information Technology (IJCSEIT)*, Vol. 3, No. 1.
- Chandra, M., Rini, S. & Permana, R. 2015. Analisis Metode Backpropagation Untuk Memprediksi Indeks Harga Saham Indofood Sukses Makmur TBL(INDF). *Jurnal KomTekInfo Fakultas Ilmu Komputer*, 2:1.
- Corley, R.H.V. dan Tinker, P.B. (2003). *The Oil Palm*. Ed. 4. Blackwell Science Inc., Iowa, USA.
- Devi, C. J., Reddy, B. S. P., Kumar, K. V., Reddy, B. M., & Nayak, N. R. (2012). *ANN approach for weather prediction using backpropagation. International Journal of Engineering Trends and Technology*, 3(1), 19-23.
- Diniaty, D., Hanum, F., & Hamdy, M. I. 2019. Analisis Pengendalian Mutu (Quality Control) CPO (*Crude palm oil*) pada PT. XYZ. *Jurnal Teknik Industri*, 5(2), 92–99.
- Edyson, T. J., Subekti, R., & Yuliani, S. 2022. Evaluasi non-destruktif kandungan Asam Lemak Bebas (ALB) tandan buah segar (TBS) kelapa sawit dengan metode NIR spektroskopi. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 11(1), 15-21.
- Elsa Christiana., Nurjazuli, N., & Wahyuningsih, N. E. 2019. Hubungan Jenis Minyak Goreng, Suhu, dan PH terhadap Kadar Asam Lemak Bebas pada Minyak Goreng Pedagang Penyetan. *MEDIA KESEHATAN MASYARAKAT INDONESIA*, 19(5), 375-378.

- Fajri, R. I. 2014. Identifikasi Penyakit Daun Tanaman Kelapa Sawit Menggunakan Support Vector Machine. Jurnal Teknologi Perkebunan. Diambil dari <http://repository.usu.ac.id/handle/123456789/42256>.
- Fauzi, Y., Widyastuti, Y.E., Satyawibawa, I., dan Paeru, R.H. 2012. Kelapa sawit. Penebar Swadaya Grup. Jakarta.
- Ghozali, I. (2013). *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS 21 Update PLS Regresi*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Hadi, S.,D., Ahmad, F.B, dan Akande. (2009). *Determination of the bruise indekses of oil palm fruits*. *Journal of Food Engineering* 95: 322-326.
- Hajar, S., Novany, A. A., Windarto, A. P., Wanto, A., & Irawan, E. (2020, February). Penerapan K-Means Clustering pada ekspor minyak kelapa sawit menurut negara tujuan. In Seminar Nasional Teknologi Komputer & Sains (SAINTEKS) (Vol. 1, No. 1, pp. 314-318).
- Harumi, A. 2017. *Pentingnya mengatur pH (Derajat keasaman) pada tanaman Hidroponik*. <http://www.kebunhidro.com/2015/01/pentingnya-mengaturph-derajat-keasaman.html>.
- Heri, A. 2015. Pemograman Mikrokontroler AVR ATmega16 Menggunakan Bahasa C (CodeVisionAVR). Informatika Bandung. Bandung.
- Ihsanto, E. E., & Hidayat, S. 2014. Rancang Bangun Sistem Pengukuran pH Meter dengan Menggunakan Mikrokontroler *Arduino Uno*. Jakarta.
- Kadir, A. (2016). Simulasi Arduino. Elex Media Komputindo.
- Krisdiarto, A. W., Sutiarso, L., & Widodo, K. H. (2017). Optimasi kualitas tandan buah segar kelapa sawit dalam proses panen-angkut menggunakan model dinamis. *Agritech*, 37(1), 102-108.
- Lembar, T. A. 2021. “Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, Copystandar ini dibuat untuk penayangan di [www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id) dan tidak untuk dikomersialkan” Lampiran A (normatif) Lembar penilaian sensori terasi udang. 6.



- Manengal, V. D., Lumenta, A. S., & Rumagit, A. M. (2014). Perancangan sistem monitoring mengajar berbasis mikrokontroler Atmega 8535. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 3(3), 19-25.
- Mardiah, A. 2013. Laporan Kerja Praktek Di Pabrik Kelapa Sawit PT Perkebunan Nusantara-1 Tanjung Seumantoh-Aceh Tamiang. Reulet Aceh Utara: Universitas Malikussaleh.
- Mba, O. I., Dumont, M. J., & Ngadi, M. (2015). Palm oil: Processing, characterization and utilization in the food industry—A review. *Food bioscience*, 10, 26-41.
- Muhammad Syahwil. 2013. Panduan Mudah Simulas dan Praktek Mikrokontroler Arduino. Yogyakarta: ANDI Yogyakarta.
- Nurfiqih, R., Haryanto, A., & Tjahjaningsih, W. 2021. Kadar Asam Lemak Bebas minyak kelapa sawit mentah: Faktor yang mempengaruhinya dan dampak terhadap mutu minyak. *Jurnal Pascapanen Pertanian*, 18(2), 109-118.
- Priskila, G., & Petrus, D. (2019). Analisis Bilangan Peroksida Dan Asam Lemak Bebas Pada Minyak Goreng Curah Tidak Bermerek Di Pasar Tradisional Di Kecamatan Jebres, Surakarta. *Jurnal Kimia dan Rekayasa*, 3(1), 21-26.
- Raharja, W. K., & Suhilman, M. O. (2017). Purwarupa Alat Pemotong Kabel Otomatis Berdasar Panjang dan Jumlah Potongan Berbasis Arduino. *Jurnal Ilmiah Komputasi*, 16(1), 81-92.
- Rahayu, L. H., & Purnavita, S. (2018). Pengaruh suhu dan waktu adsorpsi terhadap sifat kimia-fisika minyak goreng bekas hasil pemurnian menggunakan adsorben ampas pati aren dan bentonit. *Majalah Ilmiah MOMENTUM*, 10(2), 35-41.
- Rahma, A. 2020. Manajemen Panen Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Kebun Hikmah Satu PT Sampoerna Agro Tbk Sumatera Selatan. [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Rebello, S., Maheshwari, U., Safreena, dan Souza, R. V. D. 2011. "Metode Jaringan Saraf Mundur Backpropagation untuk Memprediksi Struktur Gen

Lac pada Streptococcus Pyogenes M Group A Streptococcus Strains".  
International Journal for Biotechnology and Molecular Biology Research.  
Vol. 2 (4), hal. 61-72.

Sanjaya, M. 2016. Panduan praktis pemrograman robot vision menggunakan  
MATLAB dan IDE Arduino.

Sugiyono. (2014). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung:  
Alfabeta.

Sulaiman, A. 2012. ARDUINO: Mikrocontroller bagi pemula hingga  
Mahir. Online]. Tersedia [http//buletin.balaelektronika.com](http://buletin.balaelektronika.com).

Suprayogi, I., Mahyudin, M., & Trimajon, T. (2014). Model Prediksi Liku  
Kalibrasi Menggunakan Pendekatan Jaringan Saraf Tiruan (JST) (Studi  
Kasus: Sub DAS Siak Hulu) (Doctoral dissertation, Riau University).

Suriana, N. 2019. Budi Daya Tanaman Kelapa Sawit. Bhuana Ilmu Populer.

Suroso, A. S. 2013. Kualitas Minyak Goreng Habis Pakai Ditinjau dari Bilangan  
Peroksida, Bilangan Asam dan Kadar Air. Jakarta: Pusat Biomedis dan  
Teknologi Dasar Kesehatan, Badan Litbangkes Kemenkes RI.

Turner, P.D dan R.A. Gillbanks. 2003. Oil Palm Cultivation and Management.  
Malaysia : The Incorporated of Planters Society.

Vamsidhar, E., Varma, K. V. S. R. P., Rao, P. S., & Satapati, R. (2010).  
Prediction of rainfall using backpropagation neural network  
model. International Journal on Computer Science and Engineering, 2(4),  
1119-1121.

Wadu, R.A., Ada, Y.S.B. and Panggalo, I.U., 2017. Rancang Bangun Sisten  
Sirkulasi Air Pada Akuarium/Bak Ikan Air Tawar Berdasarkan Kekekalan  
Air Secara Otomatis. Jurnal Ilmiah Flash, 31, pp.1-10.

Yuwana, H., Lukman, dan Sidebang, B. (2009). Kajian benturan buah kelapa  
sawit (elais guinesis) pada berbagai permukaan sebagai upaya mengurangi  
kerusakan buah penyebab penurunan kualitas bahan baku pangan. Laporan  
Penelitian HIBAH Penelitian Strategis Nasional. Fakultas Pertanian,  
Universitas Bengkulu. Bengkulu.