

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Landasan Teoritis

#### 2.1.1 Kelapa Sawit

Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) merupakan komoditas perkebunan yang berasal dari benua Afrika dan diperkenalkan ke Indonesia pada masa kolonial Belanda. Introduksi awal tanaman ini dilakukan melalui penanaman di Kebun Raya Bogor pada tahun 1848. Kesesuaian kondisi agroklimat tropis Indonesia memberikan lingkungan yang mendukung bagi pertumbuhan dan perkembangan kelapa sawit, sehingga pada awal abad ke-20, tepatnya sejak tahun 1910, komoditas ini mulai dikembangkan secara komersial dalam skala luas, khususnya di Pulau Sumatera. (Bonawati *et al.*, 2024).

Sebaran perusahaan perkebunan kelapa sawit di Indonesia pada tahun 2022 terkonsentrasi di Pulau Sumatera dan Kalimantan. Pulau Sumatera menjadi wilayah dengan jumlah perusahaan terbanyak, yaitu sebesar 51% dari total perusahaan perkebunan kelapa sawit nasional, sedangkan Pulau Kalimantan menempati urutan kedua dengan persentase 44,6%. Adapun perusahaan lainnya tersebar di beberapa wilayah, seperti Sulawesi, Jawa, Maluku, dan Papua. Secara keseluruhan terdapat 2.389 perusahaan perkebunan kelapa sawit di Indonesia, yang terdiri atas 169 perusahaan perkebunan besar negara dan 2.220 perusahaan perkebunan besar swasta. Komposisi tersebut mengindikasikan bahwa pengelolaan perkebunan kelapa sawit di Indonesia masih didominasi oleh sektor swasta, dengan proporsi mencapai sekitar 93% dari total perusahaan yang ada (BPS, 2023).

Menurut Ditjenbun (2021), Berdasarkan status pengusahaannya, sebagian besar areal perkebunan kelapa sawit di Indonesia dikelola oleh Perusahaan Besar Swasta (PBS) dengan luas mencapai 7.942.335 ha atau 54,94% dari total luas perkebunan nasional. Perkebunan Rakyat (PR) menempati urutan berikutnya dengan luas 5.896.755 ha atau setara dengan 40,79%, sedangkan Perusahaan Besar Negara (PBN) mengelola areal seluas 617.501 ha atau sekitar 4,27%. Data tersebut menunjukkan bahwa sektor swasta masih memegang peranan dominan dalam pengembangan perkebunan kelapa sawit di Indonesia, meskipun kontribusi perkebunan rakyat juga cukup signifikan.

Industri kelapa sawit juga memiliki dampak positif dalam penyerapan tenaga kerja dan penciptaan lapangan pekerjaan di berbagai daerah di Indonesia. Dengan demikian, sektor ini tidak hanya memberikan kontribusi terhadap pertumbuhan ekonomi nasional, tetapi juga terhadap kesejahteraan sosial masyarakat sekitar.

Menurut Lubis (2022), kelapa sawit merupakan salah satu tanaman primadona di sektor perkebunan karena menghasilkan *Crude Palm Oil* (CPO) yang menjadi komoditas ekspor unggulan dan penyumbang devisa besar bagi negara. Buah kelapa sawit mengandung minyak kasar (CPO) yang setelah proses pengolahan dapat menghasilkan minyak inti sawit (Palm Kernel Oil). Minyak inti ini memiliki nilai ekonomi tinggi dan memberikan keuntungan besar bagi perusahaan yang membudidayakannya.

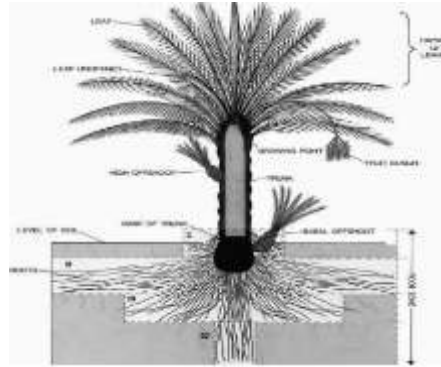
Menurut Pahan (2021), adapun klasifikasi tanama kelapa sawit adalah sebagai berikut :

Kingdom : *Plantae*  
Sub kingdom : *Viridiplantae*  
Infra kingdom : *Streptophyta*  
Divisi : *Tracheophyta*  
Sub divisi : *Spermatophyte*  
Kelas : *Magnoliopsida*  
Ordo : *Arecaceae*  
Genus : *Elaeis* jacq  
Spesies : *Elaeis guineensis* Jacq

#### **2.1.1.1 Morfologi Tanaman Kelapa Sawit**

##### **1. Akar**

Tanaman kelapa sawit memiliki tipe perakaran serabut dengan penyebaran yang umumnya berada pada lapisan tanah bagian atas. Karakteristik ini menyebabkan tanaman lebih peka terhadap kondisi kekeringan dibandingkan tanaman yang memiliki akar tunggang. Sistem perakarannya terdiri atas akar primer, sekunder, tersier, dan kuarter yang bekerja secara terintegrasi dalam menunjang penyerapan air dan nutrisi serta menjaga kestabilan pertumbuhan tanaman..



**Gambar 1.** Akar tanaman kelapa sawit  
*sumber:* Buku Teknologi Produksi Tanaman Perkebunan Keras Presisi

Untuk akar primer dapat tumbuh vertikal (radicle) maupun mendatar (adventitious roots) dan berdiameter sekitar 6-10 mm. Akar sekunder, yaitu akar yang tumbuh dari akar primer, arah tumbuhnya mendatar maupun ke bawah, berdiameter sekitar 2-4 mm. Akar tersier terbentuk sebagai percabangan dari akar sekunder dan tumbuh secara lateral mengikuti arah horizontal. Diameter akar tersier umumnya berkisar antara 0,7–1,2 mm. Selanjutnya, akar kuarter berkembang dari akar tersier dengan ukuran diameter yang lebih kecil, yaitu sekitar 0,2–0,8 mm dan panjang kurang lebih 2 cm. Sebagian besar akar tersier dan kuarter tersebar pada radius 2–2,5 meter dari pangkal tanaman atau di luar piringan, serta berada pada lapisan tanah bagian atas. Karakteristik akar kelapa sawit ditandai dengan tidak adanya buku, ujung akar yang meruncing, serta warna akar yang cenderung putih atau kekuningan. (Bonawati *et al.*, 2024).

## 2. Batang

Secara morfologis, batang kelapa sawit tidak memiliki kambium dan umumnya tumbuh tegak tanpa percabangan. Fungsi utama batang adalah menopang organ-organ di bagian atas tanaman sekaligus menjadi media transportasi bagi air, unsur hara, dan hasil fotosintesis. Pada kondisi pertumbuhan yang optimal, peningkatan tinggi tanaman dapat mencapai 35–75 cm per tahun, meskipun laju pertumbuhan tersebut dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan teknik budidaya yang diterapkan. (Bonawati *et al.*, 2024).

## 3. Daun

Secara morfologis, daun kelapa sawit tergolong daun majemuk menyirip dengan anak daun yang tersusun di sepanjang rachis. Helaian daun berwarna hijau tua, sedangkan pelepah daun menunjukkan warna yang sedikit lebih muda. Bentuk keseluruhan daun memiliki kemiripan dengan daun salak, namun duri pada pelepah kelapa sawit umumnya lebih halus dan kurang tajam.

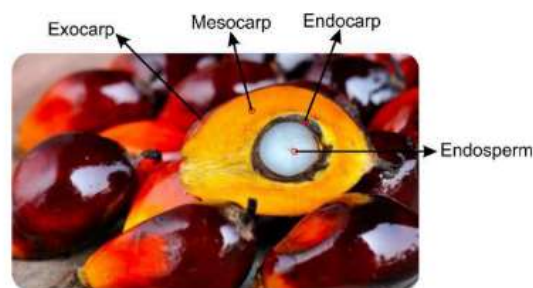
Secara morfologis, daun kelapa sawit tergolong daun majemuk dengan susunan menyirip genap serta memiliki tulang daun sejajar. Daun tersebut ditopang oleh pelepah yang dapat tumbuh hingga mencapai panjang sekitar 9 m. Jumlah anak daun pada setiap pelepah berkisar antara 250–300 helai, bergantung pada jenis dan karakteristik tanaman. Daun muda yang masih berada pada fase kuncup umumnya berwarna kuning muda. Pelepah daun tersusun secara spiral mengelilingi batang, sehingga membentuk pola yang teratur. Pada tanaman yang tumbuh normal, jumlah pelepah yang dipertahankan berkisar antara 40–50 pelepah per pohon. (Bonawati *et al.*, 2024).

#### 4. Bunga

Secara umum tanaman kelapa sawit akan mulai berbunga ketika berumur 2 tahun terhitung sejak awal tanam di lahan. Satu tanda bunga berjenis kelamin jantan atau betina akan tumbuh dari setiap ketiak pelepah daun pohon kelapa sawit. Bunga jantan memiliki bentuk lancip dan panjang sementara bunga betina terlihat lebih besar dan mekar. Bunga betina terbungkus dalam seludang (*spadiks*) yang panjangnya 24-25 cm, terdapat ribuan bunga yang tersusun secara spiral pada sumbu sentral (Idris *et al.*, 2022).

#### 5. Buah

Tandan Buah Segar (TBS) merupakan komponen produksi utama yang menentukan nilai ekonomi tanaman kelapa sawit. Buah kelapa sawit terdiri atas lapisan eksokarp sebagai kulit buah, mesokarp sebagai daging buah, endokarp sebagai cangkang, dan kernel sebagai inti biji. Dari struktur tersebut dihasilkan dua produk utama, yaitu minyak sawit (*palm oil*) yang berasal dari mesokarp dan minyak inti sawit (*palm kernel oil*) yang diperoleh dari kernel. (Idris *et al.*, 2022).



**Gambar 2.** Buah kelapa sawit

*Sumber:* buku Teknologi Agroindustri Kelapa Sawit

Buah kelapa sawit tersusun atas beberapa lapisan dengan fungsi yang berbeda. Lapisan terluar disebut eksokarp (*exocarp*), yang membentuk kulit buah dan memiliki tekstur relatif halus serta berwarna merah jingga saat buah matang. Bagian berikutnya

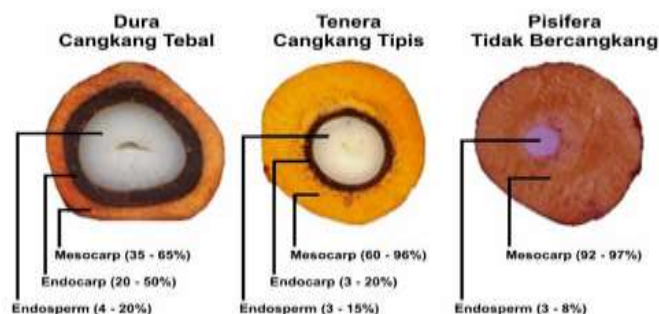
adalah mesokarp (*mesocarp*), yaitu daging buah yang mengandung sebagian besar cadangan minyak sawit. Setelah mesokarp terdapat endokarp (*endocarp*) yang berupa cangkang keras sebagai pelindung bagian dalam buah. Di dalam endokarp terdapat kernel atau inti sawit yang tersusun atas jaringan endosperma dan berpotensi menghasilkan minyak inti sawit.(Nugroho, 2019).

## 6. Biji

Ukuran dan berat biji kelapa sawit bervariasi sesuai dengan tipe genetiknya. Biji dura Afrika umumnya memiliki panjang berkisar 2–3 cm dengan berat rata-rata sekitar 4 gram per biji, sehingga jumlah biji dalam 1 kg mencapai kurang lebih 250 butir. Pada tipe dura Deli, berat biji dapat mencapai sekitar 13 gram per butir, sedangkan biji tenera Afrika memiliki berat rata-rata sekitar 2 gram per butir. Selain perbedaan karakteristik fisik tersebut, biji kelapa sawit juga memiliki sifat dormansi yang menyebabkan perkecambahan berlangsung lambat. Dalam kondisi alami, proses perkecambahan dapat berlangsung lebih dari enam bulan dengan persentase keberhasilan sekitar 50%.(Nora & Marbun, 2019).

### 2.1.1.2 Varietas Kelapa Sawit

Secara umum, dilihat dari ketebalan daging buah dan ukuran kernel ataupun ketebalan cangkangnya, dikenal tiga jenis kelapa sawit, yaitu Dura, Pisifera, dan Tenera. Walaupun sebenarnya ada banyak sekali varietas sawit baik yang telah lama ada maupun yang baru saja dikembangkan melalui persilangan guna mendapatkan karakteristik unggul (Nugroho, 2019). Pada gambar bawah ini disajikan perbedaan visual dari penampang melintang buah sawit dari ketiga jenis tersebut.



**Gambar 3.** Jenis kelapa sawit

*Sumber:* Buku Teknologi Agroindustri Kelapa Sawit

### 1. Dura

Varietas dura merupakan salah satu tipe kelapa sawit yang dicirikan oleh ketebalan cangkang buah antara 2–8 mm. Karakter tersebut dipengaruhi oleh genotipe homozigot dominan ( $Sh^+/Sh^+$ ) yang dimiliki varietas ini. Cangkang buah dura umumnya tidak memiliki lapisan serabut pada bagian luarnya. Dari segi morfologi, tipe dura memiliki anak daun yang tersusun berseling, helaian daun dengan permukaan mengilap, pelepah berduri pada bagian pangkal, dan buah berbentuk lonjong. (Rahmawati, 2023).

### 2. Psifera

Varietas psifera dikenal sebagai tipe kelapa sawit yang tidak memiliki cangkang buah. Karakteristik tersebut dikendalikan oleh sifat genetik homozigot resesif dengan genotipe  $Sh^-/Sh^-$ . Salah satu keunggulan morfologinya adalah ketebalan daging buah yang relatif lebih besar dibandingkan tipe kelapa sawit lainnya, meskipun perkembangan bijinya umumnya kurang sempurna. (Rahmawati, 2023).

Pisifera merupakan salah satu tipe kelapa sawit yang dicirikan oleh cangkang buah yang sangat tipis atau hampir tidak terbentuk. Tipe ini memiliki daging buah yang relatif tebal, tetapi bagian inti bijinya berkembang kurang sempurna. Oleh karena itu, pisifera tidak digunakan sebagai varietas utama dalam budidaya komersial. Meskipun demikian, varietas ini memiliki peran penting dalam program persilangan karena sering dimanfaatkan sebagai induk jantan untuk menghasilkan keturunan dengan produktivitas yang lebih tinggi. (Nora & Marbun, 2019).

### 3. Tenera

Tenera, merupakan hasil perkawinan silang antara Dura sebagai induk betina dengan Psifera sebagai induk jantan yang menghasilkan keturunan yang memiliki sifat-sifat unggul perpaduan dari kedua induknya, yaitu daging buah yang tebal dengan cangkang yang lebih tipis (1–4 mm). Proporsi daging buah dari jenis ini mencapai antara 60–96% serta dengan jumlah tandan per pohon yang lebih banyak walaupun dengan ukuran tandan yang relatif lebih kecil. Jenis ini dijadikan sebagai bibit unggul bersertifikat yang dibudidayakan oleh perusahaan kelapa sawit karena memiliki produktivitas yang tinggi (Nugroho, 2019).

**Table 1. Benih-benih unggul dari produsen**

| No | Produsen | Jenis Benih Unggul               |
|----|----------|----------------------------------|
| 1  | PPKS     | Dumpy, Yangambi, Langkat, SP 540 |

| No | Produsen                                 | Jenis Benih Unggul                                         |
|----|------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 2  | PT. Socfindo                             | Lames, DxP Yangambi, MT Gano                               |
| 3  | PT. London Sumatera                      | DxP Bah Lias 1, Bah Lias 2, Bah Lias 7                     |
| 4  | PT. Bina Sawit Makmoer (Sampoerna)       | DxP Sriwijaya 1-6, DxP Sriwijaya Semi Klonal 1-6           |
| 5  | PT. Tunggal Yunus Estate (Asian Agri)    | DxP Topaz 1, DxP Topaz 2, DxP Topaz 3                      |
| 6  | PT. Dami Mas Sejahtera (Smart)           | DxP Dami Mas                                               |
| 7  | PT. Tania Selatan                        | Dxp TS1 (AVROS), DxP TS2 (Ekona), DxP TS3 (Ghana)          |
| 8  | PT. Bhakti Nusantara                     | DxP Tani Nusantara (TN1)                                   |
| 9  | PT. Sarana Inti Pratama                  | DxP Sain 1-4                                               |
| 10 | PT. Sarana Echsan Mekar Sari             | DxP Mekarsari                                              |
| 11 | PT. ASD Bakrie Seed                      | DxP Themba, DxP CR Supreme, MR Gano Themba, MR Gano Spring |
| 12 | PT. Gunung Sejahtera Ibu Pertiwi (Astra) | AAL Sejahtera, AAL Lestari, AAL Nirmala                    |
| 13 | PTPN IV                                  | AVROS, DxP Simalungun                                      |
| 14 | PT. Palma Inti Lestari                   | DxP Simalungun (Waralaba PPKS)                             |
| 15 | PT. Aneka Sawit Lestari (Minamas)        | DxP icalix                                                 |
| 16 | PT. Timbang Deli                         | DxP Verdant                                                |
| 17 | PT. Mitra Agro Servindo                  | DxP Velda ML 161                                           |
| 18 | PT. Appiled Agricultured Resources       | DxP Semi Klonal Tahan Gano                                 |
| 19 | PT. Panca Surya Garden                   | DxP FR 1, DxP FR 2                                         |

*Sumber:* Buku Budidaya Tanaman Telapa Sawit I (2024)

### 2.1.1.3 Damimas

Dami Mas (Damimas) adalah varietas kelapa sawit unggul tipe DxP (Dura × Pisifera) yang dikembangkan oleh SMART Research Institute (SMARTRI), yaitu lembaga penelitian milik PT SMART Tbk. Varietas ini dirancang untuk menghasilkan produksi tandan buah segar (TBS) dan rendemen minyak yang tinggi serta adaptif terhadap kondisi lingkungan perkebunan di Indonesia. sejak tahun 2012, SMART Research Institute (SMARTRI) secara intensif telah melakukan penelitian untuk pengembangan bahan tanaman kelapa sawit toleran terhadap

kekeringan. Bahan tanaman DxP yang telah teridentifikasi untuk registrasi bahan tanaman “Moderat Toleran Kekeringan” (MTK) yang dihasilkan dari hasil penelitian lebih dari 12 tahun.

Hasil pengujian seleksi menggunakan nilai indeks kekeringan yaitu Drought Factor Index (DFI). Pengujian validasi DFI sebagai indeks yang baik untuk ketahanan terhadap kekeringan dilakukan pada areal percobaan tanaman kelapa sawit sudah menghasilkan di lapang. Berdasarkan hasil studi selama 12 tahun, penggunaan DFI telah digunakan untuk pengujian dan mengevaluasi 15.000 tanaman dari 91 famili tanaman Dami Mas yang masuk dalam 5 bahan tanaman DxP Dami Mas (DM 1 s/d DM 5 yang telah teregister).

SMART Research Institute (SMARTRI) berhasil melakukan pemuliaan benih sawit yang tahan kekeringan dengan potensi produksi tandan buah segar (TBS) 28 – 34 ton per hektare dan rendemen 24 persen.

#### **2.1.1.4 Fraksi Matang Tandan Buah Segar (TBS)**

Fraksi kematangan buah adalah pengelompokan tingkat kematangan Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit berdasarkan ciri-ciri fisik buah, terutama jumlah brondolan (buah lepas), warna kulit buah, dan kondisi tandan.

Menurut Nugroho (2019), Kriteria kematangan dapat dilihat dari perubahan warna. Proses perubahan warna yang terjadi pada tandan yaitu dari hijau berubah kehitaman kemudian berubah menjadi merah mengkilat (jingga). Kriteria matang panen juga dapat dilihat dari jumlah brondolan yang gugur tergantung pada berat tandan, untuk berat tandan >10 kg sebanyak 2 brondolan per kg tandan, dan untuk berat tandan <10 kg sebanyak 1 brondolan per kg tandan.

Secara umum, Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit dinyatakan layak dipanen ketika sebagian buah pada bagian luar tandan mulai terlepas atau membrondol secara alami. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa proses akumulasi minyak dalam buah telah mencapai tingkat yang optimal. Berdasarkan tingkat kematangannya, TBS dikelompokkan ke dalam beberapa fraksi yang digunakan sebagai acuan dalam kegiatan panen. Perbedaan fraksi kematangan ini berpengaruh terhadap mutu hasil panen dan kualitas minyak sawit yang dihasilkan. Secara umum terdapat lima fraksi kematangan TBS, dan tandan yang termasuk dalam fraksi 1, 2, serta 3 dianggap memiliki tingkat

kematangan yang paling sesuai untuk dipanen. Berikut Standar fraksi kematangan TBS seperti Tabel berikut:

**Table 2. Standar fraksi matang buah kelapa sawit**

| Fraksi Buah | Kriteria Buah & Jumlah Berondolan                         | Sifat Fraksi         |
|-------------|-----------------------------------------------------------|----------------------|
| F-00        | Tidak ada, warna hitam / hijau pekat                      | Sangat Mentah        |
| F-0         | 1-12,5% buah luar memberondol, warna buah hitam kemerahan | Mentah               |
| F-1         | 12,5-25% buah luar memberondol, warna buah kemerahan      | Kurang Matang        |
| F-2         | 25-50% buah luar memberondol, warna buah merah mengkilat  | Matang               |
| F-3         | 50-75% buah luar memberondol, warna buah orange kemerahan | Matang               |
| F-4         | 75-100% buah luar memberondol, warna buah dominan orange  | Lewat Matang         |
| F-5         | Buah dalam membrondol                                     | Lewat/Terlalu Matang |

*Sumber* : Buku Agroindustri Kelapa Sawit (Nugroho, 2019)

Ramsanjani Purba *et al.*, (2017) menyatakan Waktu panen kelapa sawit umumnya ditentukan berdasarkan tingkat kematangan buah yang diklasifikasikan ke dalam beberapa fraksi. Ketepatan dalam menentukan saat panen menjadi faktor penting karena berpengaruh terhadap kuantitas dan kualitas minyak yang dihasilkan. Semakin matang buah yang dipanen, semakin besar potensi kandungan minyak yang dapat diperoleh. Akan tetapi, tingkat kematangan yang terlalu tinggi dapat memicu peningkatan kadar asam lemak bebas (FFA), sehingga mutu minyak sawit yang dihasilkan menjadi lebih rendah.

Penentuan waktu panen kelapa sawit sebaiknya dilakukan pada waktu yang optimal, biasanya selalu ditentukan dengan fraksi-fraksi kematangan tandan kelapa sawit yaitu; fraksi 1, fraksi 2, fraksi 3, dan fraksi 4, Pemanenan pada umumnya dilakukan pada fraksi kematangan 2 dan 3 (Ramsanjani Purba *et al.*, 2017).

### 2.1.2 Crude Palm Oil (CPO)

Minyak sawit mentah atau *Crude Palm Oil* (CPO) merupakan produk minyak nabati yang diperoleh dari proses ekstraksi mesokarp buah kelapa sawit. Produksi CPO umumnya berasal dari spesies *Elaeis guineensis*, sementara kontribusi dari *Elaeis oleifera* dan *Attalea maripa* relatif lebih kecil. Warna merah pada CPO disebabkan oleh tingginya kandungan  $\beta$ -karoten yang terdapat dalam minyak tersebut. CPO memiliki karakteristik yang berbeda dengan minyak inti sawit (*Palm Kernel Oil*/PKO) maupun

minyak kelapa. PKO dihasilkan dari inti buah kelapa sawit, sedangkan minyak kelapa berasal dari endosperma buah kelapa (*Cocos nucifera*). Selain perbedaan sumber bahan baku, ketiga jenis minyak tersebut juga memiliki kandungan karotenoid dan kadar lemak jenuh yang berbeda, di mana CPO mengandung sekitar 41% lemak jenuh, PKO sekitar 81%, dan minyak kelapa sekitar 86%. (Sibuea *et al.*, 2022).

Minyak kelapa sawit atau *Crude Palm Oil* (CPO) ialah minyak kelapa yang diperoleh dari ekstraksi daging buah sawit. Minyak kelapa sawit atau crude palm oil yang merupakan komoditas yang mempunyai nilai strategis, karena crude palm oil merupakan bahan baku pembuatan minyak goreng.

Menurut Lengke' *et al.*, (2024) Kualitas CPO ditentukan oleh sejumlah faktor, termasuk kadar air, kadar asam lemak bebas (FFA), konten logam (seperti besi dan tembaga), kadar zat pengotor, serta efektivitas pemucatan yang menentukan kejernihan minyak. Berikut adalah beberapa parameter untuk menentukan kualitas pada Crude Palm Oil (CPO) yaitu:

#### **1. Kadar *Free Fatty Acid* (FFA)**

Kadar *Free Fatty Acid* (FFA) merupakan parameter mutu yang menggambarkan tingkat kerusakan minyak akibat proses hidrolisis trigliserida. Semakin tinggi kandungan FFA, semakin besar indikasi terjadinya degradasi minyak yang dapat dipengaruhi oleh aktivitas enzim lipase selama pemanenan, pengangkutan, atau penyimpanan. Peningkatan FFA tersebut dapat menyebabkan penurunan kualitas minyak, termasuk perubahan sifat sensorik dan berkurangnya nilai nutrisi produk (Chien, 2021).

Akbar *et al.*, (2022) menyatakan Kualitas CPO akan menurun seiring dengan tingginya kandungan asam lemak bebas, misalnya dengan menyebabkan minyak menjadi tengik, pembentukan rasa yang tidak enak, penurunan hasil minyak, dan perubahan warna. Oleh karena itu, tindakan pencegahan dini dari panen hingga penimbunan pra penjualan diperlukan untuk menurunkan tingkat ALB.

#### **2. Kadar Air**

Kadar air merupakan besarnya kandungan air yang terdapat dalam suatu bahan atau sampel. Pada CPO, parameter ini digunakan sebagai salah satu indikator mutu karena berpengaruh terhadap stabilitas dan kualitas minyak. Semakin tinggi kadar air yang terkandung dalam CPO, semakin rendah kualitas minyak tersebut. Kandungan air

yang berlebih dapat berasal dari buah yang telah mengalami kerusakan, proses pengolahan yang kurang optimal, maupun kondisi penyimpanan yang tidak memadai.

Kadar air merupakan salah satu parameter penting dalam penilaian mutu *Crude Palm Oil* (CPO). Keberadaan air dalam jumlah yang tinggi dapat memberikan dampak negatif terhadap kualitas minyak sawit. Kandungan air pada CPO dapat dipengaruhi oleh proses fisiologis tanaman selama pertumbuhan dan pematangan buah, serta oleh proses pengolahan yang dilakukan. Secara umum, peningkatan kadar air akan menyebabkan penurunan mutu minyak sehingga nilainya perlu dijaga serendah mungkin (Akbar *et al.*, 2022).

Khairunnisa *et al.*, (2024) Menyatakan Kenaikan kadar air juga dapat dipengaruhi selama proses penyimpanan di sebabkan karena terkena kelembaban udara atau karena adanya reaksi oksidasi. Selama proses oksidasi terjadi maka akan terbentuk gas CO<sub>2</sub>, senyawa volatil dan sejumlah molekul air.

Kadar air yang tinggi dalam CPO dapat mempercepat pertumbuhan mikroorganisme yang menyebabkan pembusukan, sehingga standar industri biasanya membatasi kadar air di bawah 0,5% untuk memastikan stabilitas dan daya simpan minyak (Maduelosi *et al.*, 2023 dalam Lengke' *et al.*, 2024). Adapun Standart mutu CPO Indonesia dapat dilihat ditabel sebagai berikut:

### **3. Kadar Kotoran**

Kadar kotoran dalam CPO pada dasarnya menggambarkan seberapa bersih minyak yang dihasilkan dari proses pengolahan buah sawit. Kotoran ini bisa berupa serat, pasir, logam halus, maupun sisa-sisa bahan organik yang ikut terbawa selama proses ekstraksi. Kalau kadar kotorannya tinggi, biasanya menunjukkan bahwa proses pengolahan kurang optimal, misalnya pada tahap klarifikasi atau penyaringan yang belum maksimal. Dalam standar mutu, kadar kotoran menjadi parameter penting karena berpengaruh langsung terhadap kualitas minyak dan juga efisiensi proses lanjutan seperti pemurnian (Soliawati & Utama, 2024).

Selain itu, kadar kotoran juga berhubungan dengan stabilitas minyak selama penyimpanan. Semakin banyak kotoran, semakin besar kemungkinan terjadi reaksi oksidasi atau kerusakan minyak. Hal ini karena partikel asing dapat mempercepat reaksi kimia yang menurunkan mutu CPO. Oleh sebab itu, standar nasional biasanya

membatasi kadar kotoran maksimal sekitar 0,25% agar minyak tetap layak dipasarkan dan mudah diproses lebih lanjut.

#### **4. Karoten**

Karoten merupakan senyawa alami yang memberikan warna merah-oranye khas pada CPO. Kandungan ini sebenarnya sangat bermanfaat karena termasuk provitamin A yang penting bagi kesehatan tubuh. Menariknya, minyak sawit dikenal sebagai salah satu sumber karotenoid alami tertinggi dibandingkan bahan pangan lain. Kandungan beta-karoten dalam CPO bisa mencapai ratusan ppm, bahkan dalam beberapa penelitian berkisar antara 337 hingga 653 ppm tergantung kualitas bahan baku dan proses pengolahan (Sagita *et al.*, 2025).

Namun, kadar karoten ini sangat sensitif terhadap panas dan proses pengolahan. Jika suhu terlalu tinggi atau proses terlalu lama, karoten bisa terdegradasi sehingga warna minyak menjadi lebih pucat dan kandungan gizinya menurun. Selain itu, tingkat kematangan buah saat panen juga berpengaruh besar buah yang matang optimal biasanya menghasilkan kandungan karoten yang lebih tinggi. Oleh karena itu, dalam industri sawit, menjaga kadar karoten bukan hanya soal kualitas warna, tetapi juga berkaitan dengan nilai gizi dari produk CPO itu sendiri.

#### **5. DOBI**

DOBI adalah salah satu parameter yang sering digunakan untuk melihat kualitas warna dan tingkat kemudahan pemucatan (bleaching) pada CPO. Nilai DOBI sebenarnya menggambarkan perbandingan antara senyawa karoten dengan produk oksidasi dalam minyak. Kalau nilai DOBI tinggi, artinya minyak masih segar, belum banyak mengalami oksidasi, dan warnanya relatif baik sehingga lebih mudah diputihkan saat proses refining. Sebaliknya, kalau nilainya rendah, biasanya minyak sudah mengalami kerusakan atau penurunan mutu sejak awal pengolahan (Rangkuti & Purwanto, 2020).

Nilai DOBI juga sangat dipengaruhi oleh kondisi bahan baku dan penanganan buah sebelum diolah. Buah sawit yang terlalu lama disimpan sebelum diproses cenderung menghasilkan CPO dengan DOBI rendah karena sudah terjadi reaksi degradasi. Dalam praktik industri, DOBI sering dijadikan indikator cepat untuk menilai apakah CPO layak masuk ke tahap pemurnian atau tidak. Bahkan beberapa standar

internasional menjadikan DOBI sebagai acuan penting dalam menentukan kualitas minyak sawit mentah (Sitinjak, 2022).

**Tabel 3. Standar Mutu CPO Indonesia**

| Parameter     | Rerata | Range       | Spesifikasi | Standart Acuan       |
|---------------|--------|-------------|-------------|----------------------|
| ALB (%)       | 3,94   | 1.26 – 7.00 | 5 % maks    | SNI 01-2901-2006     |
| Air (%)       | 0,02   | 0,01 – 0,14 | 0,5 % maks  |                      |
| Kotoran (%)   | 0,02   | 0,01 – 0,15 | 0,5 % maks  |                      |
| Karoten (ppm) | 420    | 138 – 611   | 500-700 ppm | Codex, Stan 210-1999 |
| DOBI          | 1,83   | 0,44 – 2,87 | 2,3 min     | PORAM                |

Sumber : Hasibuan (2020).

### 2.1.2.1 Produksi Minyak Kelapa Sawit

Indonesia menempati posisi sebagai produsen kelapa sawit terbesar di dunia dengan luas perkebunan yang sangat besar. Namun, besarnya luas areal tersebut belum sepenuhnya diikuti oleh tingkat produktivitas yang optimal. Data Direktorat Jenderal Perkebunan menunjukkan bahwa pada tahun 2010 produksi TBS mencapai 19.844.901 ton dari total luas areal 7.824.623 ha, sehingga produktivitas rata-ratanya sekitar 2,54 ton ha<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup>. Nilai tersebut masih jauh lebih rendah dibandingkan produktivitas yang direkomendasikan oleh PPKS, yaitu sebesar 25,93 ton ha<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup>, sehingga menunjukkan masih adanya peluang untuk meningkatkan kinerja produksi perkebunan kelapa sawit. (Junaidi, 2023).

Produksi minyak sawit mentah *Crude Palm Oil* (CPO) di Indonesia menunjukkan tren pertumbuhan yang positif dalam beberapa tahun terakhir. Pada tahun 2022, total produksi mencapai 46,82 juta ton, meningkat sebesar 3,76% dibandingkan tahun 2021. Peningkatan tersebut masih berlanjut pada tahun 2023 dengan produksi yang mencapai 47,08 juta ton. Berdasarkan status pengelolaannya, sebagian besar produksi CPO pada tahun 2022 berasal dari perkebunan besar swasta yang menyumbang 28,21 juta ton atau sekitar 60,26% dari total produksi nasional. Sementara itu, perkebunan rakyat menghasilkan 16,31 juta ton atau 34,84%, sedangkan perkebunan besar negara berkontribusi sebesar 2,30 juta ton atau sekitar 4,90%. (BPS, 2024).

### 2.1.2.2 Faktor Yang Mempengaruhi Mutu CPO

Menurut Levia & Mhubaligh, (2023) Penyebab yang mempengaruhi kualitas mutu minyak mentah yaitu kadar *Free Fatty Acid* (FFA), Kadar Air dan Kadar Kotoran. Kenaikan nilai FFA menunjukkan minyak mengalami kerusakan akibat hidrolisa.

Semakin tinggi nilai FFA dalam minyak maka kualitas minyak rendah dan sebaliknya semakin rendah nilai FFA dalam minyak maka kualitas minyak bagus.

Mutu minyak sawit dipengaruhi oleh sejumlah faktor yang berasal dari sifat genetik tanaman, penanganan pascapanen, proses pengolahan, maupun kegiatan pengangkutan. Kesalahan yang terjadi pada salah satu tahapan tersebut dapat berdampak negatif terhadap kualitas minyak yang dihasilkan. Oleh sebab itu, industri pangan dan nonpangan menuntut ketersediaan minyak sawit dengan mutu yang tinggi, yaitu minyak yang masih segar, asli, bebas dari kontaminasi, dan tidak tercampur dengan bahan lain yang dapat menurunkan kualitas maupun nilai ekonominya.

## 2.2 Hasil Pengkajian Terdahulu

Pengkajian terdahulu digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini, namun tidak sama secara keseluruhan sehingga pengkajian yang dilakukan tetap bersifat orisinal. Bertujuan untuk mengetahui metode yang digunakan dalam membandingkan tingkat kematangan buah terhadap mutu CPO. Pengkajian terdahulu bukan dimaksudkan sebagai bentuk penjiplakan, melainkan untuk mencari relevansi dan memperkuat landasan teoritis dari penelitian ini. Kajian terdahulu tersebut disajikan dalam Tabel :

**Tabel 4. Pengkajian Terdahulu**

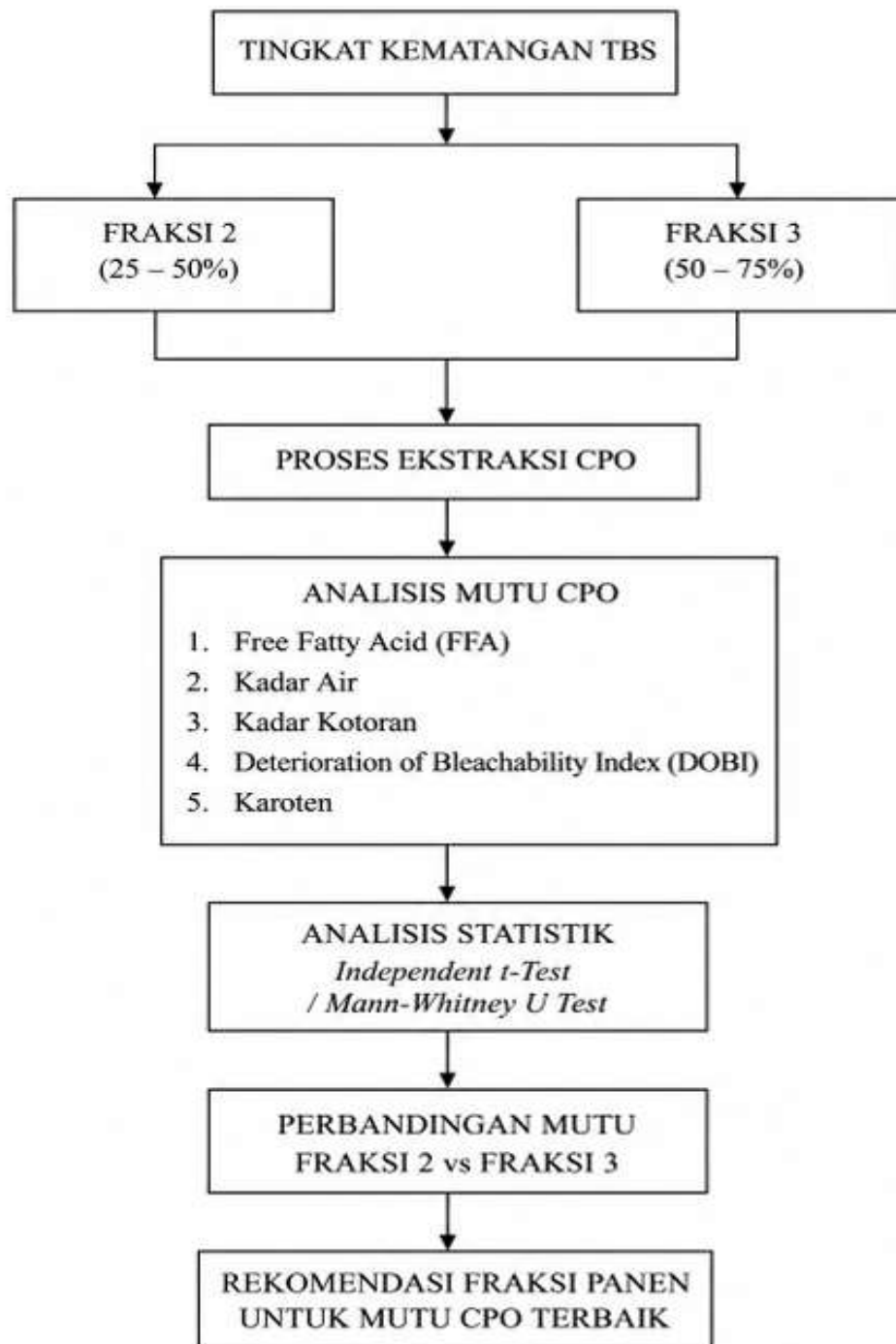
| No | Judul/Penulis                                                                                                                                                                                             | Metode                                                                                                                                                                                                                   | Hasil                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Pengaruh Kematangan Buah Kelapa Sawit Varietas Dxp Bah Lias Terhadap Kadar Minyak Sawit Mentah (Cpo) oleh Feny Rahmadhania, Pardamenta Sembiring, dan Marshal Arifin Sinaga.                              | Penelitian ini menggunakan rancangan analisa deskriptif, dengan perlakuan fraksi kematangan buah yaitu fraksi 0, 1, 2, 3, dan 4 dengan indikator jumlah berondolan sebelum panen yaitu masing-masing 0, 1, 7, 9, dan 12. | Fraksi panen berpengaruh rendemen. kelapa nyata Rendemen sawit terhadap tertinggi berada pada fraksi 3 yaitu dengan rata-rata rendemen 26,1 sedangkan rendemen terendah adalah fraksi 0 yaitu dengan rata-rata rendemen 22,0.                          |
| 2  | Penentuan Rendemen, Mutu Dan Komposisi Kimia Minyak Sawit Dan Minyak Inti Sawit Tandan Buah Segar Bervariasi Kematangan Sebagai Dasar Untuk Penetapan Standar Kematangan Panen oleh Hasrul Abdi Hasibuan. | Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang meliputi pengambilan sampel tandan buah segar (TBS) dari tanaman kelapa sawit dengan berbagai tingkat kematangan yang di analisis secara laboratorium.              | Buah matang dengan berondolan 1-3 butir di piringan merupakan fraksi kematangan buah yang menghasilkan rendemen CPO, kernel & PKO optimum serta kualitas CPO dan PKO tinggi. Pada fraksi ini menghasilkan karakteristik mutu dan rendemen relatif sama |

| No | Judul/Penulis                                                                                                                                                                  | Metode                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Hasil                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | dengan buah matang dengan 5-10 butir berondolan.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 3  | Pengaruh Kematangan Buah Terhadap FFA dan Besarnya Kandungan Minyak di Dalamnya di Pabrik Kelapa Sawit oleh Riyan Artha Sirait, Gani Supriyanto, Priambada.                    | Penelitian ini menggunakan metode analisis kimia untuk mengukur kadar Free Fatty Acid (FFA) dan kandungan minyak dalam buah kelapa sawit. Metode pengujian FFA dilakukan dengan titrasi menggunakan sodium hidroksida (NaOH) 0,1 N dengan indikator fenolftalein, setelah proses pemanasan dan penambahan alkohol. Dan menentukan kandungan minyak, dilakukan penghitungan perbandingan potensi kandungan minyak berdasarkan rasio OB (oil to bunch ratio) dan OWM (oil to wet mesocarp ratio), | 1. Tingkat kematangan buah kelapa sawit berpengaruh terhadap kadar FFA dan kandungan minyaknya. Kadar FFA meningkat seiring meningkatnya tingkat kematangan, dengan kategori rendah pada buah mentah (F-0) dan kurang matang (F-1), kategori sedang pada buah matang I (F-2) dan matang II (F-3), serta kategori tinggi pada buah lewat matang (F-4) dan buah busuk (F-5).<br>2. Kandungan minyak tertinggi ditemukan pada tingkat kematangan antara buah matang I (F-2) dan matang II (F-3). Tingkat kematangan paling optimal adalah buah matang I dan II karena menghasilkan kadar FFA sedang dan kandungan minyak tinggi. |
| 4  | Potensi Kandungan Minyak Kelapa Sawit dengan Berbagai Tingkat Berondolan Lepas di Piringan oleh Fitrah Murgianto, Edyson, Adhy Ardiyanto, Shadiar Kesuma Putra, Lilik Prabowo. | Menggunakan metode ekstraksi Soxhlet untuk menentukan persentase rasio minyak terhadap tandan (% O/B) dan rasio minyak terhadap mesocarp basah (% O/WM), dianalisis menggunakan Analisis Varians (ANOVA).                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Tandan Buah Segar (FFB) matang dengan 3-5 buah longgar pada lingkaran kelapa sawit memberikan kandungan minyak yang lebih tinggi di mesocarp (O/WM) dibandingkan dengan FFB dengan hanya 1 buah longgar. Kandungan minyak optimal dicapai dengan lima buah gembur, yang dapat berfungsi sebagai indikator praktis bagi pemanen untuk memastikan hasil minyak yang optimal.                                                                                                                                                                                                                                                    |

| No | Judul/Penulis                                                                                                                                                                              | Metode                                                                                                                                                                                                         | Hasil                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5  | Studi Pengaruh Tingkat Kematangan Buah Kelapa Sawit Terhadap Kandungan Asam Lemak Melalui Metode Maserasi oleh Saubatul Islamiah, Sri Rezeki, Wivina Diah Ivontianti.                      | menggunakan metode maserasi untuk mengekstraksi asam lemak dari buah kelapa sawit, dengan analisis selanjutnya dilakukan menggunakan Kromatografi Gas (GC) untuk menentukan komposisi asam lemak.              | <p>1. Buah kelapa sawit dari fraksi 4 (matang) menghasilkan rendemen 47,69%, sedangkan buah dari fraksi 5 (terlalu matang) menunjukkan rendemen yang lebih tinggi sebesar 56,88%.</p> <p>2. Untuk buah fraksi 4, asam palmitat merupakan 42,9% dari kandungan asam lemak, dan untuk buah fraksi 5, sedikit lebih tinggi pada 43,5%.</p> <p>3. Komponen asam lemak yang diperoleh melalui maserasi buah kelapa sawit menunjukkan kemiripan yang dekat dengan komponen asam lemak yang ditemukan dalam minyak sawit konvensional.</p>                                         |
| 6  | Analisis Rendemen Minyak Kelapa Sawit (CPO) berdasarkan Tingkat Kematangan Buah di PT. Bumitama Gunajaya Agro (Karya Bakti Agro Sejahtera) oleh Dian Bayu P., Priyambada, Gani Supriyanto. | Data yang dikumpulkan untuk fraksi buah mentah, matang, dan terlalu matang (termasuk Kelembaban (%), Minyak (%), Kotoran (%), Kernel (%), dan FFA (%)) dianalisis menggunakan metode Analisis Varians (ANOVA). | <p>1. Kelembaban: FFB mentah memiliki kadar air tertinggi (37,59%), sedangkan FFB matang memiliki yang terendah (17,71%).</p> <p>2. Kandungan Minyak: Ripe FFB menunjukkan kandungan minyak potensial tertinggi di 73,07%, tingkat kematangan secara signifikan mempengaruhi Tingkat Ekstraksi Minyak (OER), dengan ketebalan mesokarp yang lebih tinggi menyebabkan kandungan minyak yang lebih besar.</p> <p>3. FFA: FFB matang menunjukkan kualitas minyak yang lebih baik dengan nilai FFA 3,97% dibandingkan dengan buah mentah (4,78%) dan terlalu matang (2,48%)</p> |

| No | Judul/Penulis | Metode | Hasil                                                                                                                                                        |
|----|---------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |               |        | 4. Kandungan Kotoran: FFB yang terlalu matang memiliki kandungan kotoran terendah (0,039%), sedangkan FFB mentah memiliki yang tertinggi (0,058%).           |
|    |               |        | 5. Kandungan minyak potensial tertinggi ditemukan pada FFB dura matang (72,56%), dan kandungan kernel potensial tertinggi juga pada FFB dura matang (50,58%) |

### 2.3 Kerangka Pikir



**Gambar 4.** Kerangka Pikir Penelitian

## **2.4 Hipotesis**

Hipotesis dalam penelitian ini adalah:

1. Diduga terdapat perbedaan yang signifikan terhadap mutu Crude Palm Oil (CPO) yang dihasilkan dari Tandan Buah Segar (TBS) fraksi 2 dan fraksi 3, yang ditinjau berdasarkan parameter Free Fatty Acid (FFA), kadar air, kadar kotoran, DOBI, dan karoten.
2. Diduga Tandan Buah Segar (TBS) fraksi 3 menghasilkan mutu Crude Palm Oil (CPO) yang lebih optimal dibandingkan fraksi 2 karena memiliki tingkat kematangan buah yang lebih sesuai untuk proses ekstraksi minyak.