

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

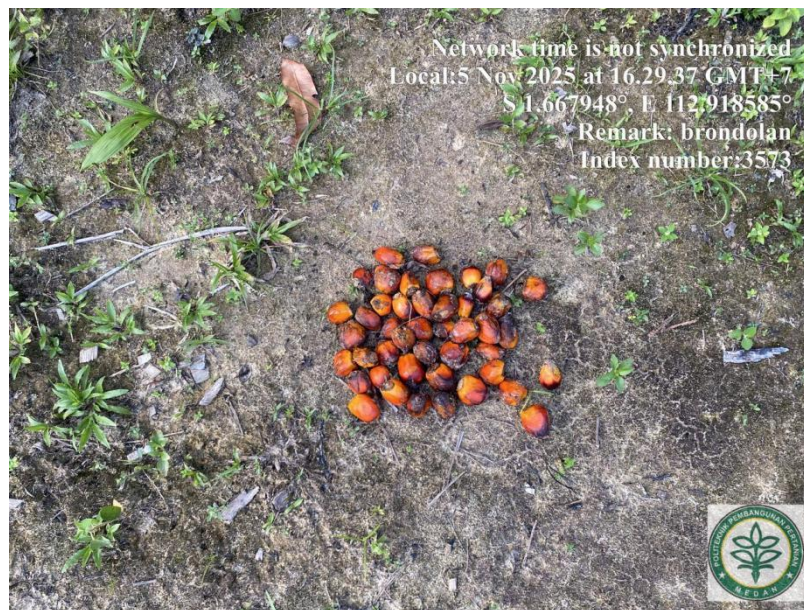
2.1.1 Brondolan

Brondolan sawit merupakan buah kelapa sawit yang terlepas dari tandan (TBS) karena kondisi matang berlebih atau akibat terjatuh saat proses panen (Dzikril A dkk., 2019). Kandungan minyak tertinggi pada brondolan kelapa sawit ditemukan di dalam daging buah, yang secara teknis disebut mesokarp (Soliawati dan Utama, 2024). Kematangan buah ditandai oleh dua kriteria: buah berwarna merah mengkilat dan persentase brondolan (buah yang lepas dari tandan) telah mencapai 26-50% (Himmah dkk., 2020). Ketika buah sudah matang maka brondolan akan terlepas dari tandan yang menjadikannya sebagai faktor tanda kematangan dari buah sawit tersebut. Selain faktor kematangan, jatuhnya brondolan juga dipengaruhi oleh beberapa faktor lain, seperti, Hama dan penyakit, misalnya aktivitas tupai dan tikus serta Faktor lingkungan, seperti curah hujan yang tinggi, yang dapat menyebabkan brondolan jatuh di piringan.

Menurut Rahman dkk. (2024), brondolan adalah bagian TBS yang menghasilkan CPO paling optimal. Oleh karena itu, jika brondolan tidak dikumpulkan, hal ini dapat mengurangi potensi produksi minyak secara keseluruhan dan menyebabkan kerugian bagi perusahaan. Brondolan yang mengalami keterlambatan dalam pengangkutan dan pengolahan dapat mempengaruhi kualitas dan kuantitas CPO yang dihasilkan. Proses pengangkutan yang memakan waktu lama akan menyebabkan penurunan mutu CPO.

Peningkatan kadar FFA paling berisiko terjadi pada brondolan restan. Brondolan restan adalah brondolan yang tertinggal di area panen dan baru dikumpulkan serta diangkut ke pabrik setelah dibiarkan selama beberapa hari. Kondisi ini menjadi ancaman serius terhadap kualitas CPO (Hudori dkk 2015). Penundaan pengolahan brondolan menyebabkan degradasi, yang ditandai dengan kerusakan fisik, fermentasi mikroba, dan dampak dari panas serta kelembaban. Proses degradasi ini bertanggung jawab mengaktifkan enzim lipase yang terkandung di dalam buah.

Enzim lipase bekerja dengan memecah trigliserida menjadi gliserol dan asam lemak bebas, sehingga mempercepat peningkatan kadar FFA dalam *CPO* yang akan dihasilkan. Di samping itu, brondolan restan memiliki risiko kerusakan yang tinggi akibat paparan terus-menerus terhadap panas matahari dan kelembaban malam hari. Saat mengutip brondolan, pekerja seringkali hanya menempatkan hasil kutipan di TPH tanpa alas, padahal seharusnya brondolan diletakkan di atas alas karung. Contohnya seperti gambar berikut ini.



Gambar 1. Brondolan Tanpa Alas
Sumber: Pribadi (2025)

2.1.2 *Crude Palm Oil (CPO)*

Buah kelapa sawit diolah menjadi minyak kelapa sawit mentah atau *Crude Palm Oil (CPO)* sebagai produk setengah jadi serta minyak kelapa sawit olahan (*palm oil*) sebagai produk jadi. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2009, sebagian besar wilayah Indonesia secara potensial dapat dimanfaatkan sebagai perkebunan kelapa sawit penghasil CPO, meskipun pada kenyataannya pengembangannya masih terkonsentrasi di pulau-pulau besar seperti Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi. Dalam beberapa tahun terakhir, produksi CPO Indonesia terus mengalami peningkatan yang sejalan dengan bertambahnya luas areal perkebunan kelapa sawit, sehingga memperkuat posisi Indonesia sebagai negara yang aktif dalam perdagangan internasional dan sebagai produsen serta pengeksport CPO terbesar di dunia (Maygirtasari dkk., 2015).

Daging buah kelapa sawit diolah menjadi *Crude Palm Oil* (CPO) atau minyak kelapa sawit mentah yang selanjutnya digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan minyak goreng maupun margarin. Minyak nabati yang dihasilkan dari kelapa sawit memiliki sejumlah keunggulan, antara lain biaya produksi yang relatif rendah, kandungan kolesterol yang rendah, serta kadar karoten yang tinggi. Selain menghasilkan CPO, proses pengolahan buah kelapa sawit juga menghasilkan berbagai produk samping yang bernilai guna. Sisa hasil pengolahan berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan campuran pakan ternak dan sebagai bahan baku kompos melalui proses fermentasi. Tandan kosong kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai mulsa pada perkebunan kelapa sawit serta sebagai bahan baku pembuatan pulp dan pelarut organik, sedangkan tempurung kelapa sawit dapat digunakan sebagai sumber energi serta bahan baku dalam pembuatan arang aktif (Nur dkk., 2019).

2.1.2 Free Fatty Acid (FFA)

Kerusakan fisik buah sawit dapat terjadi pada berbagai tahapan, mulai dari pembentukan buah, pemanenan, transportasi, hingga penyimpanan Tandan Buah Segar (TBS). Kerusakan ini dipicu oleh perlakuan fisik yang kasar dan gangguan teknis pada alat atau teknis panen (Mahfudz, dkk 2025). Mutu CPO ditentukan oleh beberapa parameter fisika dan kimia. Di antara parameter tersebut, kadar *Free Fatty Acid* (FFA) memiliki pengaruh signifikan (Soliawati dan Utama, 2024).

FFA atau Free Fatty Acid adalah asam lemak bebas yang dilepaskan selama proses hidrolisis lemak yang terdapat pada kelapa sawit (Levia, 2023). FFA merupakan salah satu parameter uji kualitas CPO yang dihasilkan dari buah kelapa sawit. FFA merupakan salah satu indikator penting dalam menentukan mutu dan kualitas minyak. Menurut (Yuandry, 2024), peningkatan kadar asam lemak bebas dalam minyak kelapa sawit disebabkan oleh beberapa factor, salah satunya adalah kerusakan morfologi dan adanya mikroorganisme pada buah kelapa sawit. Tingkat kerusakan minyak CPO menunjukkan bahwa kadar FFA yang tinggi (Levia, 2023). Tingginya nilai FFA menyebabkan mutu minyak menurun secara keseluruhan. Standar mutu FFA yang ditetapkan oleh perusahaan PT. Bumihutani Lestari yaitu 5%. Kadar yang melebihi standart ini menunjukkan kualitas yang rendah dan dapat berdampak pada kestabilan penyimpanan dan kelayakan konsumsi CPO. Upaya

yang dapat dilakukan untuk dapat menurunkan kadar FFA yaitu dengan menggunakan metode penyimpanan yang baik dan benar. Maka dari itu dalam penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk dapat menunjukkan bahwa dengan metode penyimpanan brondolan yang benar maka akan dapat mengurangi percepatan kenaikan nilai FFA.

2.1.3 *Deterition of Bleachibility Index (DOBI)*

Warna merah kekuningan pada minyak kelapa sawit mentah berasal dari kandungan karotenoidnya yang melimpah. Di samping itu, minyak tersebut diperkaya dengan senyawa minor termasuk fosfatida, logam, dan senyawa fenolik. Proses pemurnian CPO diperlukan untuk menghilangkan senyawa-senyawa pengotor sebelum dapat dimanfaatkan dalam industri atau sebagai bahan pangan. DOBI adalah singkatan dari *Deterioration Of Bleachability Index* atau indeks penurunan daya pemucatan, ini adalah parameter penting dalam industry minyak kelapa sawit (CPO) yang digunakan untuk mengukur seberapa mudah minyak dapat diputihkan selama proses pemurnian. DOBI juga bias menjadi salah satu indicator untuk mengukur sejauh mana minyak telah mengalami kerusakan, terutama karena oksidasi. Penentuan nilai DOBI dilakukan dengan mengukur nilai absorbansi menggunakan alat spektrofotometer. Panjang gelombang 446 nm digunakan untuk mengukur kadar karotenoid, dan 269 nm berfungsi untuk mendeteksi keberadaan senyawa yang dihasilkan dari oksidasi sekunder (Soliawati *dan* Utama, 2024).

Tingginya nilai DOBI pada minyak mengindikasikan bahwa minyak tersebut kaya akan karotenoid dan memiliki tingkat kerusakan oksidatif yang rendah. Konsekuensinya, minyak tersebut sangat efisien dalam proses pemutihan (bleaching) dan tidak memerlukan banyak zat adsorben. Sampai saat ini, standar DOBI pada CPO belum dicantumkan dalam SNI. Oleh karena itu, PT. Bumihutani Lestari menggunakan standar DOBI minimum 2,3, merujuk pada ketentuan yang telah ditetapkan oleh PORAM. PORAM (*Palm Oil Refiners Association of Malaysia*) adalah pihak yang pertama kali menentukan standar minimum nilai DOBI, yaitu 2,3 (Soliawati *dan* Utama, 2024).

2.1.4 Oil To Mesokarp (OTM)

Mesokarp adalah lapisan daging buah dari bromdolan kelapa sawit yang terletak antara kulit dan inti. Minyak sawit berasal dari mesokarp berdaging buah, di mana konsentrasinya sangat tinggi mencapai 90% berat kering menjadikannya sumber minyak paling terkonsentrasi di antara jaringan tanaman(Ooi, dkk., 2015). Proses pengambilan minyak kasar (“*crude palm oil*” / *CPO*) utama berasal dari ekstraksi mesokarp tersebut (Nelza dkk 2023). Jadi oil to mesokrap itu mengacu pada minyak yang berasan dari mesokrap buah sawit, atau proses ekstraksi minyak dari mesokrap tersebut. *Oil to Mesocarp* (OTM) adalah persentase kadar minyak yang terdapat dalam jaringan daging buah (mesokarp) kelapa sawit dibandingkan dengan berat total mesokarp itu sendiri. Rumus mencari persentase OTM sendiri adalah

$$\%OTM = \frac{\text{Berat minyak dalam mesokarp}}{\text{Berat mesokarp}} \times 100\%$$

Nilai OTM juga sering digunakan dalam penelitian sebagai parameter kuantitas minyak sawit mentah (CPO), bersamaan dengan parameter kualitas seperti FFA (*Free Fatty Acid*) dan DOBI (*Deterioration of Bleachability Index*).Semakin tinggi nilai OTM maka semakin besar potensi rendemen CPO (*Crude Palm Oil*) yang bias dihasilkan.

2.2 Kajian Terdahulu

Tabel 1. Kajian Terdahulu

No	Judul	Metode	Parameter	Hasil
1	Pengaruh pemberian alas karung pada brondolan di TPH terhadap kualitas minyak <i>CPO</i> (<i>FFA</i> dan <i>DOBI</i>)	Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok Non factorial yang terdiri dari 2 perlakuan yaitu menggunakan alas karung sebagai P1 dan perlakuan tanpa alas karung sebagai P2. Masing-masing	1. Persentase kenaikan nilai FFA pada P1 dan P2 2. Deviasi kenaikan FFA antara P1 dan P2. 3. Persentase nilai FFA dan DOBI terhadap brondolan restan pada perlakuan	1. Kenaikan rata-rata FFA diperoleh angka yaitu 0,42 pada brondolan dengan alas karung dan 0,78 pada brondolan tanpa alas karung. 2. Nilai signifikansi sebesar 0.014 ($P < 0.05$) menunjukkan bahwa perbedaan tersebut nyata

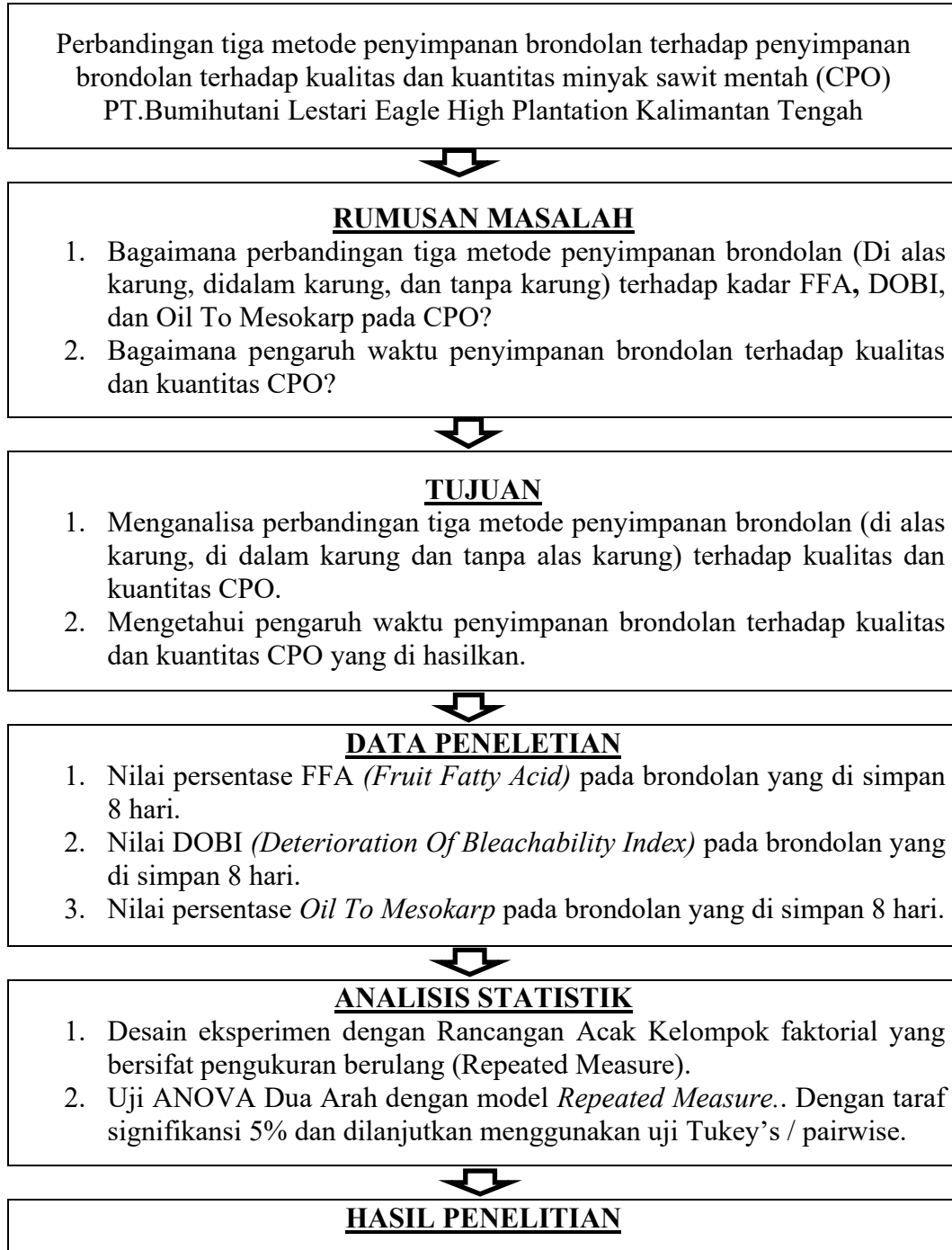
No	Judul	Metode	Parameter	Hasil
		perlakuan di ulang sebanyak 5 kali sehingga terdapat 10 unit percobaan.	yang di ujikan.	secara statistik. Perlakuan dengan menggunakan alas karung menghasilkan nilai rata-rata FFA sebesar 2.0014 yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan tanpa menggunakan alas karung dengan nilai rata- rata sebesar 2.9943.
2	Mempelajari Waktu Dan Suhu Pemurnian Terhadap Kuantitas Dan Kualitas Minyak Sawit Yang Dihasilkan	Pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Petak Terbagi (RPT) dengan dua kali pengulangan agar mendapatkan hasil yang akurat dan tepat. Petak utama adalah suhu pemanasan klarifikasi (Q) yang terdiri dua taraf yaitu Q1, Q2 dengan suhu 75-80°C dan 85-90°C	1. Persentase asam lemak bebas. 2. Kadar kotoran pada minyak yang dihasilkan 3. Kadar karoten 4. Kadar DOBI 5. Dan persentase minyak terpisah.	1. Hasil dari penelitian menunjukkan sifat minyak sawit pada variasi suhu dan waktu pemurnian CPO dengan faktor suhu tidak adanya berpengaruh nyata pada analisis asam lemak bebas, kadar kotoran, kadar karoten, DOBI, dan minyak terpisah 2. Terdapat pengaruh variasi suhu (Q) dan waktu (R) adanya berpengaruh nyata hanya pada analisis kadar karoten. Berdasarkan parameter yang telah di analisis, variasi suhu dan waktu pemurnian yang terbaik pada asam lemak bebas di perlakuan Q1R1

No	Judul	Metode	Parameter	Hasil
				dengan rata – rata 6,0540%, kadar kotoran di perlakuan Q1R4 dengan rata – rata 0,3438%, kadar karoten di perlakuan Q2R1 dengan rata – rata 509,6740 ppm, nilai DOBI di perlakuan Q1R1 dengan rata – rata 3,2640 mutu baik, dan persentase minyak terpisah di perlakuan Q1R4 dengan rata – rata 44,7250%.
3	Pengaruh Kerusakan dan Lama Penyimpanan Tandan Buah Segar (TBS) Terhadap Asam Lemak Bebas (ALB)	Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan desain faktorial dua arah yang bertujuan untuk menganalisis hubungan antara kerusakan fisik buah kelapa sawit dan lama penyimpanan terhadap ALB dalam minyak sawit. Dengan dua faktor utama yaitu kerusakan TBS (X) dan lama penyimpanan (R), untuk menganalisis pengaruhnya terhadap kadar ALB. Tingkat kerusakan tersebut terdiri atas: Tanpa	Parameter penelitian ini adalah Asam Lemak Bebas (ALB) bias juga di sebut FFA dan tingkat kerusakan selama penyimpanan.	peningkatan kadar ALB dalam minyak kelapa sawit dipengaruhi secara signifikan oleh kondisi fisik tandan buah segar (TBS) dan lama penyimpanan. Data menunjukkan bahwa TBS tanpa kerusakan mengalami peningkatan kadar ALB dari 1,25% pada hari ke-0 (R0) menjadi 2,29% pada hari ke-5. Sementara itu, TBS dengan kerusakan ringan mengalami peningkatan dari 2,68% (R0) menjadi 6,73%, dan TBS rusak sedang menunjukkan lonjakan kadar ALB dari 3,34% hingga 9,47%. Peningkatan yang jauh lebih cepat pada buah rusak menegaskan bahwa

No	Judul	Metode	Parameter	Hasil
		Kerusakan (X1), Rusak Ringan dengan Total Luas Kerusakan Sekitar $\pm 1 \text{ cm}^2$ (X2), dan Rusak Sedang Dengan Total Luas Kerusakan Antara $1-2 \text{ cm}^2$ (X3). TBS diamati berdasarkan lama penyimpanan terdiri atas: mulai dari 0 hari (R0), 1 hari (R1), 2 hari (R2), 3 hari (R3), 4 hari (R4), dan 5 hari (5R)		kerusakan fisik secara langsung mempercepat proses hidrolisis lemak oleh enzim lipase, sehingga menghasilkan kadar ALB yang lebih tinggi dalam waktu penyimpanan yang sama. Selain itu, hasil analisis varians (ANOVA) menunjukkan adanya interaksi yang signifikan antara tingkat kerusakan TBS dan lama penyimpanan terhadap kadar ALB ($p < 0,05$)
4	Pengaruh Kematangan Buah Terhadap FFA dan Besarnya Kandungan Minyak di Dalamnya di Pabrik Kelapa Sawit	Pengambilan sampel untuk tingkat kematangan buah dilakukan pada saat pensortiran padan Tandan Buah Segar, dan dilanjutkan dengan proses perebusan pada mesin Sterilizier dan proses pengolahan buah kelapa sawit selanjutnya dilakukan di Laboratorium untuk pengambilan sampel kadar FFA.	1. Kandungan FFA pada minyak yang ei ekstraksi. 2. Kandungan minyak yang ada pada minyak yang sudah di ekstraksi.	1. Semakin tinggi fraksi tingkat kematangan buah maka semakin tinggi kadar FFA yang dihasilkan. 2. Kadar FFA mulai masuk dalam kategori sedang berada pada antara buah kurang matang (F-1) dan buah matang I (F-2). Sedangkan kadar FFA mulai masuk dalam kategori tinggi antara buah matang II (F-3) dan buah kelewat matang (F-4). 3. Semakin tinggi tingkat kematangan buah semakin tinggi juga

No	Judul	Metode	Parameter	Hasil
				kandungan minyak.

2.3 Kerangka Pikir



Gambar 2. Kerangka Pikir

2.4 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah:

1. Diduga pemberian perlakuan alas karung pada brondolan yang ada di TPH berpengaruh terhadap kualitas dan kuantitas CPO yang di hasilkan.
2. Diduga lama waktu penyimpanan berpengaruh signifikan terhadap kualitas dan kuantitas CPO yang dihasilkan.