

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teoritis

2.1.1 Tanaman Kelapa Sawit

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu komoditas perkebunan yang mempunyai peranan penting dalam penyediaan minyak nabati serta menjadi penyumbang devisa negara. Tanaman ini pertama kali didatangkan ke Indonesia oleh pemerintah Hindia Belanda pada tahun 1848. Sebagian benih ditanam di Kebun Raya Bogor, sedangkan sisanya ditanam sebagai tanaman hias di wilayah Deli, Sumatera Utara pada tahun 1870-an. Seiring meningkatnya kebutuhan minyak nabati pada masa Revolusi Industri, kelapa sawit mulai dikembangkan sebagai tanaman perkebunan dan hingga saat ini menjadi salah satu komoditas unggulan di Indonesia (Sulardi, 2022).

Klasifikasi tanaman kelapa sawit menurut Sulardi (2022), sebagai berikut:

Divisi : Embryophita Siphonagama
Kelas : Angiospermae
Ordo : Monocotyledonae
Famili : Aracaceae (dahulu disebut Palmae)
Subfamili : Cocoideae
Genus : *Elaeis*
Species : *Elaeis guineensis* Jacq.

Kelapa sawit berkembang biak secara generatif melalui proses penyerbukan dan pembuahan. Biji yang telah matang akan berkecambah membentuk plumula sebagai bakal tunas dan radikula sebagai bakal akar. Berdasarkan ketebalan cangkangnya, kelapa sawit dibedakan menjadi tiga tipe, yaitu Dura, Pisifera, dan Tenera. Tipe Tenera merupakan hasil persilangan antara Dura dan Pisifera yang banyak dibudidayakan karena memiliki cangkang lebih tipis dan kandungan minyak lebih tinggi dibandingkan tipe lainnya (Sulardi, 2022).

Menurut Sulardi (2022), morfologi tanaman kelapa sawit terdiri atas akar, batang, daun, bunga, buah, serta biji yang memiliki fungsi berbeda dalam menunjang pertumbuhan dan perkembangan tanaman sebagai berikut:

1. Akar

Akar kelapa sawit merupakan sistem perakaran serabut yang terdiri atas akar primer, sekunder, tersier, dan kuarterner. Fungsi utama akar adalah menopang tanaman, menyerap air dan unsur hara, serta membantu proses respirasi. Sebagian besar akar aktif berada pada kedalaman 5–35 cm dari permukaan tanah sehingga mampu mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal (Sulardi, 2022).

2. Batang

Batang kelapa sawit berfungsi sebagai penyangga tajuk sekaligus sebagai jalur transportasi air, unsur hara, dan hasil fotosintesis menuju seluruh bagian tanaman. Pertumbuhan batang dipengaruhi oleh umur tanaman dan kondisi lingkungan, dengan pertambahan tinggi sekitar 35–75 cm per tahun. Selain itu, batang menjadi tempat melekatnya pelepah daun dan tandan buah (Sulardi, 2022).

3. Daun

Daun merupakan organ utama tempat berlangsungnya proses fotosintesis. Hasil fotosintesis dimanfaatkan untuk mendukung pertumbuhan vegetatif maupun generatif, termasuk pembentukan tandan dan perkembangan buah. Oleh karena itu, kondisi daun yang baik akan berpengaruh terhadap produktivitas tanaman (Sulardi, 2022).

4. Bunga

Tanaman kelapa sawit mulai berbunga pada umur sekitar 12–14 bulan setelah tanam di lapangan, bergantung pada varietas dan kondisi lingkungan. Dalam satu tanaman terdapat bunga jantan dan bunga betina yang tersusun pada tandan yang berbeda. Setelah terjadi penyerbukan dan pembuahan, bunga betina akan berkembang menjadi tandan buah segar (TBS) yang selanjutnya mengalami proses pertumbuhan hingga mencapai kematangan (Sulardi, 2022).

5. Buah

Berdasarkan warna eksokarpnya, kelapa sawit dibedakan menjadi tiga varietas, yaitu *Nigrescens*, *Virescens*, dan *Albescens*. Varietas *Nigrescens* memiliki warna buah ungu kehitaman ketika muda dan berubah menjadi merah jingga hingga oranye saat matang. Varietas *Virescens* berwarna hijau ketika muda dan berubah menjadi oranye setelah matang, sedangkan varietas *Albescens* memiliki warna kuning pucat karena kandungan pigmen karotenoid yang relatif rendah (Sulardi,

2022). Di PPKS Kebun Sei Aek Pancur yang umum dijumpai sebagai bahan benih untuk di edarkan adalah varietas Nigrescens dengan Jumlah Pohon Induk pada tahun 2025 sebagai berikut:

Tabel 1. Data Pohon Induk Tahun 2025

No.	Lokasi Pos	Tahun Tanam	Varietas										Total
			SP-1	La Me	SM	LT	YA	AV	PPKS 540	540 NG	PPKS 718	PPKS 239	
1	AP02S	1997	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2
2	AP04,08S	1998	-	-	-	-	9	-	2	-	-	-	11
3	AP05,07S	1998	-	-	-	-	10	-	54	-	-	-	64
4	AP10S	1999	-	-	-	5	26	-	8	-	-	-	39
5	AP12S	2001	-	-	42	3	-	12	-	-	-	-	57
6	AP19S	2005	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
7	AP21S	2006	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
8	AP22S	2007	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20
9	AP23SA	2010	-	-	-	-	10	-	223	-	-	-	233
10	AP23SB	2010	-	-	82	8	48	-	23	-	-	-	161
11	AP24S	2010	67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	67
12	AP30S	2017	4	-	78	-	22	-	-	-	7	-	111
Total			101	-	202	18	125	12	310	-	7	-	775

Sumber: PPKS Kebun Sei Aek Pancur (2025)

Setelah terjadi penyerbukan dan pembuahan, buah kelapa sawit mengalami perkembangan secara bertahap hingga mencapai kematangan. Pada dua bulan pertama setelah penyerbukan, daging buah (mesokarp) masih didominasi oleh kandungan air, serat, dan klorofil, sedangkan pembentukan minyak belum berlangsung secara optimal. Memasuki bulan ketiga, kandungan minyak mulai meningkat sehingga warna daging buah berubah menjadi kuning kehijauan. Pada periode yang sama, cangkang yang semula tipis mulai mengalami pengerasan dan berubah menjadi cokelat muda. Endosperma yang awalnya berbentuk cair secara bertahap berubah menjadi padat, sedangkan embrio mulai terlihat sekitar tiga bulan setelah penyerbukan dengan ukuran kurang lebih 3 mm (Sulardi, 2022).

Buah kelapa sawit umumnya mencapai kematangan sekitar lima hingga enam bulan setelah penyerbukan. Selama periode tersebut berlangsung perkembangan embrio, pembentukan endosperma, pengerasan cangkang, serta akumulasi cadangan makanan yang diperlukan untuk mendukung pertumbuhan embrio. Perkembangan tersebut menunjukkan bahwa proses pemasakan buah tidak hanya ditandai oleh perubahan warna, tetapi juga oleh penyempurnaan struktur dan fungsi fisiologis biji di dalam buah (Corley dan Tinker, 2016).

Menurut Corley dan Tinker (2016), kematangan tandan dapat dibedakan menjadi kematangan fisiologis dan kematangan panen. Kematangan fisiologis merupakan kondisi ketika perkembangan embrio dan pembentukan cadangan makanan telah berlangsung sempurna sehingga benih memiliki viabilitas maksimum. Sementara itu, kematangan panen merupakan kondisi ketika buah telah menunjukkan indikator yang dapat diamati di lapangan, seperti perubahan warna buah dan munculnya brondolan alami akibat terbentuknya zona absisi. Dalam kegiatan produksi benih, kedua kondisi tersebut saling berkaitan karena tandan harus telah mencapai kematangan fisiologis agar menghasilkan benih yang berkualitas, sedangkan kematangan panen digunakan sebagai dasar dalam menentukan waktu pemanenan tandan.

Pada varietas *Nigrescens*, perubahan warna buah berlangsung secara bertahap dari ungu kehitaman pada saat muda menjadi merah keunguan, kemudian berubah menjadi merah jingga hingga oranye ketika matang. Namun, perubahan warna pada varietas ini tidak selalu mudah diamati karena warna dasar eksokarp yang cenderung gelap. Oleh karena itu, dalam kegiatan operasional di lapangan, perubahan warna biasanya digunakan sebagai indikator awal kematangan dan dikombinasikan dengan indikator lain, seperti jumlah buah ataupun brondolan yang terlepas secara alami dan kondisi fisik tandan, sehingga penentuan tingkat kematangan menjadi lebih akurat (Corley dan Tinker, 2016).

Kematangan tandan di perkebunan umumnya ditandai dengan terlepasnya buah dari tandan secara alami atau yang dikenal sebagai brondolan. Pelepasan buah terjadi karena terbentuknya zona absisi pada pangkal buah sehingga ikatan antara buah dan tandan menjadi lebih lemah. Semakin banyak brondolan yang terbentuk, semakin tinggi tingkat kematangan tandan sehingga tandan dinilai telah siap dipanen. Oleh karena itu, jumlah brondolan banyak digunakan sebagai salah satu indikator kematangan tandan di perkebunan kelapa sawit (Corley dan Tinker, 2016).

Dalam kegiatan persiapan benih, tingkat kematangan tandan menjadi faktor yang sangat penting karena berhubungan dengan mutu benih yang dihasilkan. Benih yang berasal dari tandan yang telah mencapai kematangan fisiologis memiliki perkembangan embrio yang lebih sempurna serta cadangan makanan yang lebih banyak dibandingkan benih yang dipanen sebelum matang fisiologis.

Sebaliknya, tandan yang dipanen terlalu muda berpotensi menghasilkan benih dengan viabilitas yang rendah karena pembentukan embrio dan cadangan makanannya belum berkembang secara optimal. Hal tersebut didukung oleh penelitian yang menyatakan bahwa benih yang berasal dari buah yang telah mencapai masak fisiologis memiliki viabilitas lebih baik dibandingkan benih dari buah yang belum mencapai masak fisiologis.

Dengan demikian, kematangan tandan tidak hanya menentukan waktu panen, tetapi juga berpengaruh terhadap kualitas benih yang akan dihasilkan. Pada penelitian ini, tandan yang telah memenuhi kriteria kematangan selanjutnya diberikan perlakuan aplikasi etephon untuk mempercepat proses pemasakan, sehingga pelepasan buah dapat berlangsung lebih cepat dan proses pemipilan menjadi lebih mudah tanpa mengurangi mutu benih yang dihasilkan.

6. Biji

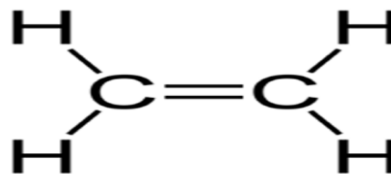
Biji kelapa sawit merupakan bagian dari buah yang diperoleh setelah daging buah dan serabut dipisahkan. Biji tersusun atas cangkang (*endocarp*), endosperma, dan embrio. Endosperma berfungsi sebagai cadangan makanan yang akan digunakan selama proses perkecambahan, sedangkan embrio merupakan calon individu baru yang akan berkembang menjadi kecambah. Embrio kelapa sawit berukuran sekitar 3 mm dengan bentuk silindris dan terdiri atas bakal tunas (*plumula*) serta bakal akar (*radikula*). Apabila memperoleh kondisi lingkungan yang sesuai, embrio akan tumbuh membentuk kecambah melalui proses perkecambahan (Sulardi, 2022).

Kualitas biji sangat dipengaruhi oleh tingkat kematangan buah saat dipanen. Biji yang berasal dari tandan yang telah mencapai kematangan fisiologis umumnya memiliki perkembangan embrio yang sempurna dan cadangan makanan yang cukup sehingga mampu menghasilkan viabilitas yang lebih tinggi. Sebaliknya, biji yang dipanen sebelum mencapai masak fisiologis cenderung memiliki embrio yang belum berkembang sempurna sehingga daya tumbuhnya menjadi lebih rendah. Hal tersebut sejalan dengan hasil penelitian Aryani dkk. (2018) yang menunjukkan bahwa benih yang berasal dari buah yang telah mencapai matang fisiologis memiliki viabilitas lebih baik dibandingkan benih yang berasal dari buah yang belum matang fisiologis.

Dengan demikian, kematangan tandan tidak hanya menentukan waktu panen, tetapi juga berpengaruh terhadap kualitas benih yang akan dihasilkan. Pada kegiatan persiapan benih di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS), tandan yang telah mencapai matang fisiologis umumnya masih memiliki buah yang keras dan belum mengalami pelepasan alami (brondolan), sehingga diperlukan perlakuan untuk mempermudah pemisahan buah dari tandan sebelum proses pemipilan. Nugroho dkk. (2013) menjelaskan bahwa aplikasi Ethrel pada tandan mampu mempercepat proses pemasakan dan merangsang pelepasan buah, sehingga waktu pemeraman menjadi lebih singkat dibandingkan metode pencincangan secara manual.

2.1.2 Etilen

Etilen merupakan salah satu zat pengatur tumbuh (ZPT) yang berperan penting dalam mengatur berbagai proses fisiologis tanaman. Berbeda dengan hormon tumbuhan lainnya, seperti auksin, sitokinin, dan giberelin, etilen berbentuk gas pada kondisi normal dengan rumus molekul C_2H_4 . Menurut Asra dkk. (2020), etilen dibedakan menjadi dua jenis, yaitu etilen endogen dan etilen eksogen. Etilen endogen diproduksi secara alami oleh jaringan tanaman sebagai bagian dari proses pertumbuhan dan perkembangan, sedangkan etilen eksogen berasal dari luar tanaman melalui pemberian senyawa tertentu yang mampu melepaskan etilen di dalam jaringan tanaman. Dalam praktik budidaya, etilen dimanfaatkan untuk mengatur berbagai proses fisiologis, terutama yang berkaitan dengan pemasakan buah.



Gambar 1. Struktur Kimia Etilen
Sumber: Buku Hormon Tumbuhan (2020)

Etilen berperan dalam mengatur berbagai perubahan fisiologis tanaman, antara lain pemasakan buah, pembentukan zona absisi, penuaan jaringan (*senescence*), serta respons tanaman terhadap berbagai kondisi lingkungan. Pada buah klimakterik, peningkatan produksi etilen diikuti dengan meningkatnya laju

respirasi yang memicu berlangsungnya proses pemasakan buah. Selama proses tersebut terjadi berbagai perubahan fisiologis, seperti degradasi klorofil, pembentukan pigmen karotenoid, pelunakan jaringan, serta pembentukan zona absisi yang menyebabkan buah lebih mudah terlepas dari tangkainya (Mubarak dkk., 2020). Oleh karena itu, etilen menjadi salah satu hormon yang banyak dimanfaatkan untuk menyeragamkan proses pemasakan buah pada berbagai komoditas pertanian.

Penggunaan etilen secara langsung di lapangan relatif sulit dilakukan karena berbentuk gas sehingga mudah menyebar dan memerlukan penanganan khusus. Oleh sebab itu, aplikasi etilen umumnya dilakukan melalui senyawa pelepas etilen salah satunya adalah etephon. Setelah diaplikasikan ke jaringan tanaman, etephon akan terurai dan menghasilkan etilen sehingga mampu memicu respons fisiologis yang sama dengan etilen alami. Penggunaan etephon dinilai lebih praktis karena lebih mudah diaplikasikan serta mampu menghasilkan etilen secara bertahap di dalam jaringan tanaman (Asra dkk., 2020).

Pada tandan buah kelapa sawit, etilen berperan dalam mempercepat proses pelepasan buah melalui pembentukan zona absisi pada pangkal buah. Pembentukan zona absisi menyebabkan ikatan antara buah dan spikelet menjadi semakin lemah sehingga buah lebih mudah terlepas dari tandan dan membentuk brondolan. Selain itu, etilen juga berperan dalam perubahan warna buah sebagai akibat menurunnya kandungan klorofil dan meningkatnya pembentukan pigmen karotenoid selama proses pemasakan (Mubarak dkk., 2020). Damanik dan Aisyah (2022) melaporkan bahwa aplikasi etephon mampu meningkatkan efisiensi pembrondolan tandan kelapa sawit sehingga pelepasan buah berlangsung lebih cepat dibandingkan tanpa perlakuan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan aktivitas etilen berperan penting dalam mempercepat proses pelepasan buah dari tandan.

2.1.3 Persiapan Benih

Keberhasilan kegiatan persiapan benih tidak hanya ditentukan oleh keberhasilan pelepasan buah dari tandan, tetapi juga oleh mutu benih yang dihasilkan. Benih yang bermutu memiliki karakter fisik dan fisiologis yang baik sehingga mampu menghasilkan daya kecambah yang tinggi dan pertumbuhan bibit yang seragam. Oleh karena itu, seluruh tahapan persiapan benih, mulai dari

pemanenan tandan, pelepasan buah, pemisahan biji, hingga seleksi benih dilakukan untuk mempertahankan mutu benih sebelum memasuki proses perkecambahan. Menurut Badan Standardisasi Nasional (2023) di Indonesia, persyaratan mutu benih kelapa sawit mengacu pada SNI 8211:2023 yang menetapkan standar mutu fisik dan fisiologis benih kelapa sawit.

Persiapan Benih adalah kegiatan di Divisi Produksi Satuan Usaha Strategis (SUS BHT) yaitu memproses tandan menjadi benih yang kemudian di kecambahkan di PPKS Unit Medan, kegiatan ini dilakukan di PPKS Kebun Sei Aek Pancur setelah proses pemanenan buah (bahan benih) dari Pohon Induk, pada produksi benih kelapa sawit, tandan yang digunakan sebagai bahan benih dipanen berdasarkan kriteria yang berbeda dengan tandan untuk produksi minyak sawit. Tandan dipilih setelah buah dan biji mencapai perkembangan optimum atau telah memenuhi kondisi matang fisiologis sebagai sumber benih. Di PPKS Kebun Sei Aek Pancur, tandan umumnya dipanen pada umur sekitar 4,5–5,5 bulan setelah penyerbukan, dengan ciri buah cangkang telah mengeras dan berwarna hitam dengan cara dikupas menggunakan pisau polinator. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa tandan telah memenuhi persyaratan sebagai bahan benih.

Setelah tandan dipanen pada kondisi matang fisiologis, buah umumnya masih melekat kuat pada spikelet sehingga belum dapat langsung dilakukan proses pemipilan. Oleh karena itu, diperlukan perlakuan untuk mempercepat proses pemasakan buah agar buah lebih mudah terlepas dari tandan. Menurut Low dkk. (2021) pemberian etilen eksogen mampu mempercepat proses pelepasan buah dari tandan, perubahan tersebut menyebabkan buah lebih mudah dipisahkan dari tandan sehingga proses pemipilan dapat dilakukan dengan lebih efisien.

Sebelum penggunaan Ethrel diterapkan, proses persiapan benih di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) dilakukan dengan metode pencincangan tandan yang dilanjutkan dengan pemeraman selama 5–7 hari hingga buah dapat membrondol. Nugroho dkk. (2013) menjelaskan bahwa metode tersebut membutuhkan waktu yang lebih lama dan berpotensi menyebabkan kerusakan benih akibat proses pencincangan tandan. Sebagai alternatif, PPKS menerapkan penggunaan Ethrel yang mengandung bahan aktif etephon untuk mempercepat pelepasan buah dari tandan. Penggunaan Ethrel mampu memperpendek waktu

pemeraman menjadi 2–3 hari sebelum dilakukan pemipilan sehingga proses persiapan benih menjadi lebih efisien serta mengurangi kerusakan benih dibandingkan metode pencincangan.

Berdasarkan mekanisme tersebut, aplikasi etephon dalam kegiatan persiapan benih tidak bertujuan membentuk kematangan fisiologis karena tandan telah dipanen pada kondisi tersebut. Aplikasi etephon dilakukan untuk mempercepat proses kematangan buah sehingga pembentukan zona absisi berlangsung lebih cepat, buah lebih mudah terlepas dari tandan, dan proses pemipilan dapat dilakukan dalam waktu yang lebih singkat (Low dkk., 2021). Dengan demikian, penggunaan etephon dapat meningkatkan efisiensi proses persiapan benih sekaligus mendukung pengolahan tandan secara individual sehingga identitas setiap tandan tetap terjaga selama proses produksi benih.

Selain umur tandan, berat tandan juga digunakan sebagai salah satu faktor dalam penelitian ini. Menurut Corley dan Tinker (2016), berat tandan kelapa sawit dipengaruhi oleh genotipe, umur tanaman, kondisi lingkungan, dan pengelolaan tanaman sehingga menghasilkan tandan dengan ukuran yang bervariasi. Berdasarkan variasi tersebut, pada penelitian ini tandan dikelompokkan menjadi tiga kategori, yaitu tandan kecil (<18 kg), tandan sedang (18–25 kg), dan tandan besar (>25 kg). Pengelompokan tersebut digunakan sebagai dasar perlakuan untuk mengevaluasi efektivitas aplikasi etephon pada berbagai kelompok berat tandan dalam kegiatan persiapan benih.



Gambar 2. Visualisasi Tandan Benih Kelapa Sawit Persiapan Benih Berdasarkan Ukuran Tandan

Dalam penelitian ini, tandan dikelompokkan sebagai dasar perlakuan untuk mengevaluasi efektivitas aplikasi etephon pada berbagai kelompok berat tandan

dalam kegiatan persiapan benih. Kegiatan persiapan benih di PPKS Kebun Sei Aek Pancur terdiri atas beberapa tahapan yang dilaksanakan berdasarkan Standar Operasional Prosedur (SOP), tahapannya meliputi penerimaan tandan, fermentasi, pemipilan dan pengupasan mesokarp, seleksi benih, serta penghitungan dan pelabelan yaitu sebagai berikut:

1. Penerimaan Tandan

Tandan benih yang datang dari lapangan diterima di Divisi Persiapan Benih, tandan-tandan tersebut dihitung jumlahnya sesuai dengan jumlah yang ada pada surat pengantar panen dari Divisi Pohon Induk, kemudian diperiksa kondisi tandan dan identitasnya, tandan yang baik akan diproses lebih lanjut dan tandan yang kurang baik serta yang identitasnya bermasalah (tidak mempunyai identitas/identitas tidak jelas) dan berkualitas rendah diafkir dengan cara di bakar. Tandan buah sudah di terima akan dilakukan penimbangan untuk mengetahui berat pertandan buah yang akan di jadikan bahan tanaman.

2. Fermentasi Tandan

Fermentasi tandan dilakukan dengan mengaplikasikan ZPT berbahan aktif Etephon tujuan fermentasi adalah untuk mempercepat proses pemasakan buah sehingga pembentukan zona absisi berlangsung lebih cepat, buah lebih mudah terlepas dari spikelet, dan mesokarp menjadi lebih lunak sehingga memudahkan proses pengupasan, aplikasi dilakukan dengan melubangi atau mengebor sedalam 15 cm pangkal buah kemudian menginjeksi larutan Ethrel dengan dosis 30 ml/tandan. Lama Fermentasi adalah selama 3-5 hari setelah aplikasi ZPT.

3. Pemipilan dan Pemisahan Biji dengan Mesocarp Buah

Setelah buah di fermentasi selanjutnya dilakukan pemipilan tandan buah tujuan perontokan adalah memisahkan brondolan dari spikelet dengan menggunakan mesin perontok (*thresher*). Seluruh tahapan dilakukan secara individual pada setiap tandan, dengan label identitas tetap disertakan selama proses berlangsung guna menghindari kesalahan identifikasi dan tercampurnya tandan benih.

Brondolan hasil fermentasi dimasukkan ke dalam mesin pengupas daging buah (*depulper*) ± 15 menit hingga daging buah terpisah dari bijinya secara sempurna. Biji-biji tersebut kemudian dicuci sebelum direndam dengan larutan

fungisida selama ± 2 menit dengan konsentrasi 0,2 - 0,3% lalu dilakukan penimbangan biji basah sebelum ditiriskan pada kotak penirisan, selanjutnya biji diletakkan di dalam ruangan pengeringan disusun pada kotak sesuai pada varietas dan tanggal panen dengan suhu 18°C - 20°C selama ± 24 jam dibantu dengan kipas angin. Kemudian penimbangan berat biji dilakukan setelah di lakukan pengeringan untuk mengetahui berat murni dari biji kelapa sawit.

4. Seleksi Biji

Seleksi biji dilakukan dengan menggunakan kawat jaring yang berdiameter 1 cm x 1 cm. Biji-biji yang telah ditiriskan kemudian diseleksi untuk memperoleh benih-benih yang baik dengan cara membuang biji berukuran kecil yang lolos dari kawat (benih minimal mempunyai berat minimal 0,8 gram), dan biji cacat. Selanjutnya benih yang telah diseleksi dibersihkan dengan menggunakan pisau mengikis serabut yang menempel pada ujung biji, adapun biji yang dikatakan cacat adalah:

1. Biji pecah yang diakibatkan oleh mesin saat melakukan pemipilan dan pengupasan daging buah.
2. Terjadi akibat proses alamiah meliputi biji-biji berlubang, biji berwarna putih >50% (ditentukan secara visual).

Biji-biji yang lolos dari kawat kotak seleksi berukuran 1 cm x 1 cm selanjutnya dihitung. Cara penghitungan biji kecil dilakukan dengan penimbangan yang kemudian dikonversi ($1 \text{ ons} \pm 70 \text{ butir}$). Sedangkan untuk biji pecah dan biji putih dihitung manual jumlah total keseluruhannya. Biji-biji afkir yang telah dihitung kemudian dimusnahkan dan dilengkapi dengan berita acara pemusnahan.

5. Penghitungan dan Pelabelan

Benih yang telah lolos seleksi dihitung dan ditimbang sebelum dikemas ke dalam kantong benih. Setiap kantong benih dilengkapi dengan label identitas yang memuat informasi asal tandan, nomor persilangan, varietas, tanggal panen, tanggal proses benih dan jumlah benih hasil seleksi. Pelabelan dilakukan untuk menjaga identitas setiap benih sehingga keaslian terjaga hingga proses penanaman.

2.1.4 Indikator Kematangan Tandan Buah Kelapa Sawit

Kematangan tandan buah kelapa sawit merupakan kondisi yang menunjukkan bahwa buah telah mencapai tahap perkembangan tertentu sesuai dengan tujuan

pemanfaatannya. Penentuan tingkat kematangan menjadi salah satu aspek penting karena berpengaruh terhadap kualitas hasil panen maupun mutu bahan tanam yang akan dihasilkan. Menurut Pahan (2012), penentuan waktu panen harus disesuaikan dengan tujuan produksi, karena tandan yang dipanen untuk menghasilkan minyak sawit memiliki kriteria kematangan yang berbeda dengan tandan yang digunakan sebagai sumber benih.

Dalam produksi benih, tandan dipanen pada saat mencapai kematangan fisiologis sehingga perkembangan embrio, endosperma, dan cangkang telah berlangsung sempurna sehingga benih memiliki potensi tumbuh yang optimum. Oleh karena itu, tandan tidak perlu menunggu hingga buah mengalami pelepasan brondolan secara alami. Di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS), tandan benih dipanen dengan kondisi buah masih berwarna kehitaman ataupun merah kehitaman, belum memberondol, dan termasuk dalam kategori matang fisiologis (fraksi 0). Kondisi tersebut dipilih karena benih telah memenuhi persyaratan untuk diproses lebih lanjut sebagai bahan tanam.

Berbeda dengan kematangan fisiologis, kematangan panen merupakan tahap ketika buah telah mengalami proses pemasakan yang ditandai dengan perubahan warna kulit buah, terbentuknya zona absisi, dan mulai terlepasnya buah dari tandan. Pada produksi kelapa sawit, kematangan panen dijadikan sebagai dasar penentuan waktu panen karena berkaitan erat dengan kualitas tandan buah segar (TBS) dan rendemen minyak yang dihasilkan (Fauzi dkk., 2012).

Dalam kegiatan persiapan benih, kedua tingkat kematangan tersebut saling berkaitan. Tandan dipanen pada kondisi matang fisiologis agar benih yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik, sedangkan proses pelepasan buah dilakukan setelah panen. Untuk mempercepat proses tersebut digunakan etephon yang akan melepaskan etilen di dalam jaringan buah. Menurut Low dkk. (2021), etilen berperan dalam mempercepat pemasakan buah melalui pembentukan zona absisi sehingga buah lebih mudah terlepas dari tandan. Dengan demikian, penggunaan etephon pada persiapan benih bukan untuk membentuk kematangan fisiologis, tetapi untuk mempercepat proses pemasakan buah sebelum dilakukan pemipilan.

Keberhasilan proses kematangan tandan buah setelah aplikasi etephon dapat diamati melalui beberapa indikator. Pelepasan brondolan menunjukkan bahwa buah

telah mudah dipisahkan dari tandan sehingga digunakan sebagai parameter utama dalam penelitian ini. Selain itu, perubahan tingkat kematangan buah selama Hari Setelah Aplikasi (HSA) digunakan untuk menggambarkan perkembangan proses kematangan, sedangkan dokumentasi visual tandan digunakan untuk memperlihatkan perubahan kondisi tandan selama masa pengamatan. Kombinasi ketiga parameter tersebut diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih lengkap mengenai efektivitas aplikasi etephon pada berbagai kombinasi kedalaman bor, jumlah lubang, dan berat tandan dalam kegiatan persiapan benih kelapa sawit.

2.2 Kajian Terdahulu

Tabel 2. Kajian Terdahulu

No.	Judul/Penulis/ Tahun	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1.	<i>Ethephon treatment enhances fruit detachment and reduces incubation time of oil palm fresh fruit bunches</i> (Low dkk., 2021)	Penelitian ini menggunakan FFB (<i>fresh fruit bunches</i>) kelapa sawit dengan berbagai usia pasca-penyerbukan (125, 135, dan 145 hari setelah penyerbukan). Etephon (<i>fenil Etilen</i>) diterapkan pada FFB dengan buffer pH 9.0 dan diinkubasi selama 72 jam. Data diambil pada tingkat <i>abscission</i> (pelepasan buah) serta waktu <i>retting</i> (periode pemisahan buah secara alami).	Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi etephon pada FFB <i>underripe</i> (125–145 DAP) dapat mempercepat <i>abscission</i> buah hingga 50% setelah 72 jam, serta mengurangi periode <i>retting</i> dari 9 hari menjadi 4 hari tanpa menurunkan kualitas benih (mis. tidak memengaruhi tingkat perkecambahan dan <i>culling rate</i>). Aplikasi pada FFB yang sudah matang penuh (>150 DAP) tidak memberikan perbaikan signifikan karena Etilen endogen sudah memadai. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pemilihan waktu panen (sekitar 145 DAP) bersama aplikasi etephon dapat meningkatkan efisiensi produksi benih kelapa sawit.
2.	<i>Effect of ethephon evaporation on fruit detachment in oil palm</i> (Zakaria dkk., 2021)	Penelitian ini meneliti aplikasi etephon (0,50% v/v) dengan metode evaporasi pada tandan buah kelapa sawit pascapanen. Pengamatan dilakukan terhadap persentase pelepasan buah (<i>fruit detachment</i>) dalam kondisi laboratorium dalam kondisi laboratorium dan	Hasil menunjukkan bahwa etephon pada dosis optimal dapat meningkatkan persentase detachment buah hingga sekitar 30,8% dalam 24 jam. Efek etephon lebih efektif jika dikombinasikan dengan stripping mekanis walaupun hal ini meningkatkan kadar FFA. Etephon stripping mekanis walaupun hal ini stripping mekanis walaupun hal ini

Lanjutan Tabel 2.

		pengaruhnya terhadap kualitas minyak (FFA). Perbandingan juga dilakukan dengan aplikasi Etilen gas.	meningkatkan kadar FFA. Etephon menunjukkan efektivitas independen terhadap ukuran tandan 14–28 kg, namun dampaknya terhadap kualitas minyak harus diperhatikan. Penelitian ini mendukung penggunaan ethephon sebagai agen pemisah buah dan menunjukkan bahwa ukuran tandan dapat memengaruhi efektivitasnya, meskipun tidak secara signifikan pada rentang berat tertentu.
3.	Kajian Perbedaan Metode Aplikasi Etephon 60% terhadap Efisiensi Pembrondolan serta Nilai DOBI, Beta Karoten dan Vitamin E pada Tandan Buah Segar Kelapa Sawit (Giyatno dkk., 2024)	Penelitian ini menggunakan ethephon 60% sebagai perlakuan pada FFB untuk melihat efisiensi pembrondolan buah serta dampaknya terhadap kualitas minyak (DOBI, beta karoten, vitamin E). Analisis dilakukan di laboratorium pemrosesan kelapa sawit sederhana dengan durasi curing tertentu.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan ethephon 60% dapat mempercepat proses pembrondolan buah dan berdampak pada parameter kualitas minyak, seperti DOBI, beta karoten, dan vitamin E, dibandingkan kontrol tanpa perlakuan. Penelitian ini relevan karena menegaskan bahwa Etephon dapat digunakan untuk mempercepat pemrosesan tandan buah sawit sekaligus mempengaruhi karakteristik produk Pasca olah.
4.	Pengaruh Umur Panen Setelah Penyerbukan dan Dosis Pemberian Ethrel terhadap Perontokan Buah Kelapa Sawit (<i>Elaeis guineensis</i>)	Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dengan dua faktor, yaitu umur panen setelah penyerbukan (140, 150, 160, dan 170 HSP) dan dosis ethrel	Hasil penelitian menunjukkan bahwa umur panen dan dosis ethrel berpengaruh nyata hingga sangat nyata terhadap jumlah buah kelapa sawit yang rontok, terutama tanpa mesin perontok. Interaksi kedua perlakuan berpengaruh nyata hanya pada perontokan tanpa mesin, sedangkan

Lanjutan Tabel 2.

	Jacq.) di PT. Socfindo SSPL Bangun Bandar (Simanjuntak, 2024)	(0, 20, 30, dan 40 ml). Data dianalisis menggunakan uji sidik ragam dan uji Duncan.	pengaruh terhadap karakter biji sebagian besar tidak nyata.
5.	Perkecambahan Benih Kelapa Sawit (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.) berdasarkan Posisi Buah Pada Tandan (Gustrianda dkk., 2021)	Penelitian berbentuk eksperimen menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Perlakuan terdiri dari 6 taraf, yaitu posisi buah: pangkal tandan spikelet dalam, pangkal tandan spikelet luar, tengah tandan spikelet dalam, tengah tandan spikelet luar, ujung tandan spikelet dalam, dan ujung tandan spikelet luar.	Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa secara umum posisi buah di tandan belum meningkatkan daya berkecambah, first count test, nilai indeks kecambah.
6.	Pengaruh Lama Perendaman Dan Pengupasan Mesokarp Terhadap Persentase Keberhasilan Proses Pembuatan Benih Kelapa Sawit (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.) (Simorangkir, 2024)	Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial. Perlakuan Perendaman dibagi menjadi 4 bagian untuk P1 (rendaman 3 hari), P2 (rendaman 5 hari), P3 (rendaman 7 hari), dan P4 (rendaman 9 hari). Perlakuan pengupasan mesocarp atau pemisahan biji dengan daging buah menggunakan mesin pengupas yang disediakan oleh PT	Hasil perlakuan perendaman dan pengupasan mesokarp terhadap persentase keberhasilan proses pembuatan benih kelapa sawit yang paling efektif dan efisien P2T2 99,58%.

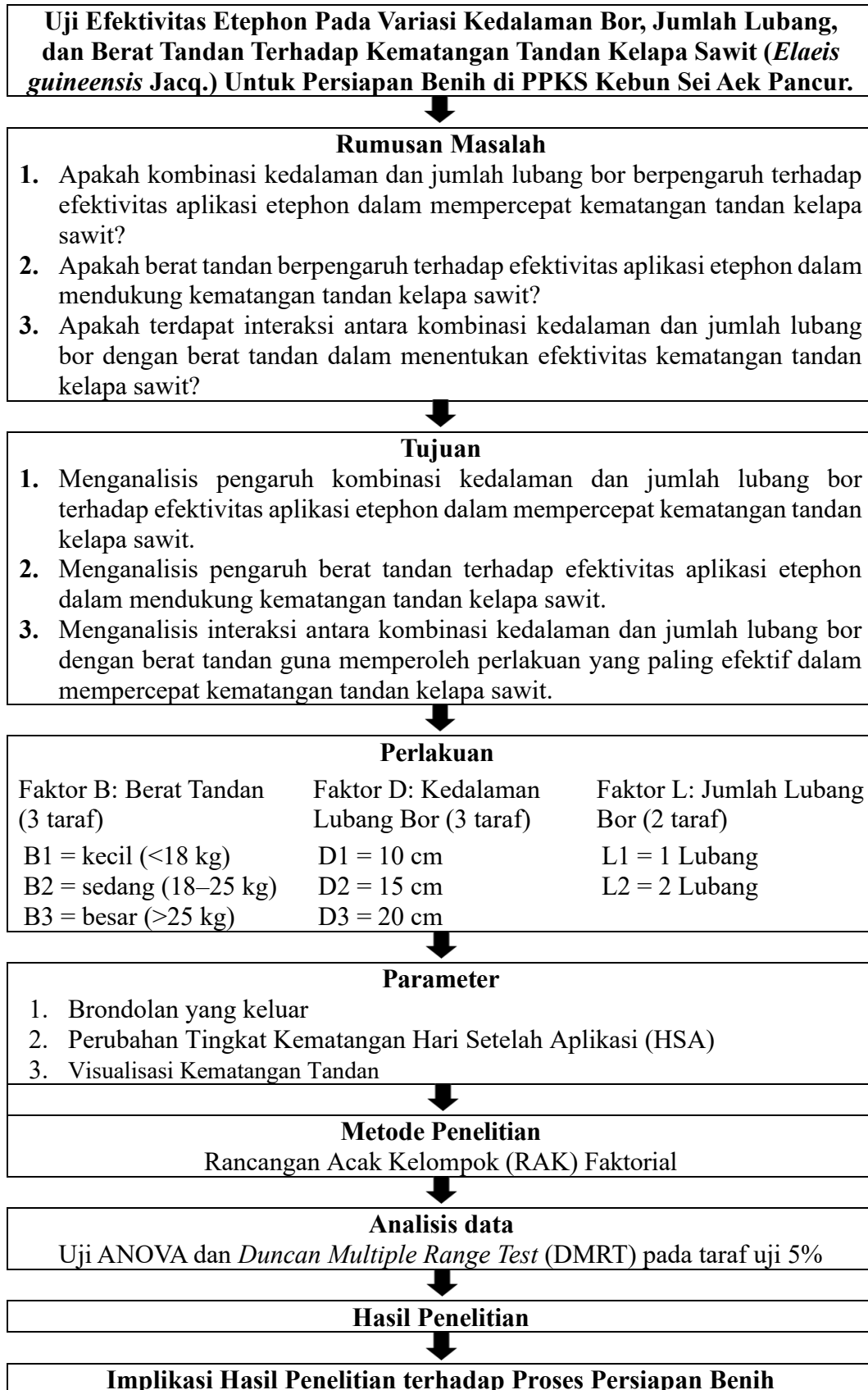
Lanjutan Tabel 2.

		Socfin Indonesia SSPL Bangun Bandar. Durasi pengupasan mesokarp adalah 3 menit (T1), 5 menit (T2), 7 menit (T3), dan pengupasan 9 menit (T4).	
7.	Prediksi Tingkat Kematangan Tandan Buah Segar (TBS) Kelapa Sawit Berbasis Sifat Optis (Sinambela dkk., 2025)	Penentuan tingkat kematangan berdasarkan sifat optis saat grading dilakukan dengan menggunakan metode k-means clustering. Penentuan berdasarkan sifat optis berupa nilai warna RGB dan HSV.	Hasil yang diperoleh didapatkan komponen warna RGB dan HSV memiliki pengaruh terhadap penentuan kematangan TBS sawit. Hal ini dibuktikan dengan nilai signifikansi kurang dari 0,05. Pengujian dari penentuan tingkat kematangan TBS sawit menghasilkan akurasi 86 % dengan Tingkat kesalahan sebesar 14 %.
8.	Hubungan Kondisi Buah Sawit Terhadap Stabilitas Warna Minyak Sawit (Rangkuti dkk., 2025)	Menggunakan metode eksperimen Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan 3 ulangan. Data dianalisis dengan ANOVA, dilanjutkan dengan uji Duncan's Multiple Range Test (DMRT) 1% dan 5% jika signifikan	Kondisi buah sawit berpengaruh nyata terhadap kestabilan warna merah (Red) dan kuning (Yellow) pada minyak sawit selama pemanasan. Perlakuan P2 (matang + lewat matang) menunjukkan kestabilan warna terbaik dengan nilai Red dan Yellow cenderung stabil hingga 24 jam pemanasan. Hal ini disebabkan oleh tingginya kandungan karotenoid yang lebih tahan panas dan tersimpan dalam matriks lipid yang utuh.
9.	Kriteria Tingkat Kematangan Buah Kelapa	Penelitian ini dilakukan dengan metode survei	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kematangan buah kelapa sawit dapat ditentukan

Lanjutan Tabel 2.

	Sawit (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.) Sebagai Indikator Siap Panen Ditinjau Dari Karakteristik Morfologis (Supriadi dkk., 2019)	terhadap 60 tandan buah yang antesis pada hari yang sama yang dipilih secara acak dari pohon berumur 7 tahun, lalu diserbuki secara buatan. Pengamatan dimulai pada hari ke 115 hingga 185 setelah penyerbukan (HSP) dengan interval 5 hari.	melalui beberapa indikator, seperti warna buah, waktu setelah penyerbukan, berat tandan, diameter, tebal mesokarp, berat segar dan kering, serta kadar air. Kadar lemak maksimum pada kelapa sawit Tenera mencapai 60,59% pada 170,76 hari setelah penyerbukan. Buah dinyatakan matang saat warna berubah menjadi ungu kemerahan gelap dan parameter fisik tersebut mencapai nilai tertentu, yang semuanya memiliki korelasi kuat hingga sangat kuat.
10.	Hubungan Fraksi Kematangan Buah dan Ketinggian Tandan terhadap Jumlah Buah Memberondol pada Panen Kelapa Sawit (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq) di Kebun Rambutan PTPN III (Purba dkk., 2017)	Menggunakan metode Rancangan Petak Terpisah (RPT) faktorial, sebagai petak utama (main plot) adalah tinggi tandan sawit (6, 8 dan 10 m) dan anak petak (sub plot) adalah fraksi kematangan tandan kelapa sawit (fraksi 1, 2, 3 dan 4). Parameter yang diamati adalah jumlah buah memberondol setelah panen, asam lemak bebas dan persentase berat buah memberondol dengan berat tandan setelah panen.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa, semakin tinggi fraksi kematangan, nyata meningkatkan jumlah buah memberondol, asam lemak bebas dan persentase berat memberondol dengan buah berat tandan setelah panen. Semakin tinggi tandan yang dipanen, nyata meningkatkan jumlah buah memberondol, asam lemak bebas dan persentase berat buah memberondol dengan berat tandan setelah panen. Interaksi antara fraksi kematangan dan tinggi tandan berpengaruh nyata terhadap semua parameter yang diamati.

2.3 Kerangka Pikir



Gambar 3 Kerangka Pikir

2.4 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, maka dapat disusun suatu hipotesis sebagai kesimpulan sementara. Adapun hipotesis pada pengkajian ini adalah:

1. Diduga kombinasi kedalaman dan jumlah lubang bor berpengaruh terhadap efektivitas aplikasi etephon
2. Diduga berat tandan berpengaruh terhadap efektivitas aplikasi etephon
3. Diduga terdapat interaksi antara kombinasi kedalaman bor, jumlah lubang bor, dan berat tandan