

**APLIKASI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.)
DALAM MENINGKATKAN PRODUKSI TANDAN BUAH SEGAR
MELALUI PERBAIKAN *FRUIT SET***

(Skripsi)

Oleh

DELA PUSPITA



**UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

APLIKASI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.) DALAM MENINGKATKAN PRODUKSI TANDAN BUAH SEGAR MELALUI PERBAIKAN *FRUIT SET*

Oleh

Dela Puspita

Salah satu permasalahan yang sering terjadi di perkebunan kelapa sawit adalah angka produktivitas yang mengalami fluktuasi. Salah satu faktor yang dapat memengaruhi produktivitas kelapa sawit adalah pemupukan. Pemupukan organik yang berasal dari limbah padat hasil pengolahan pada pabrik yaitu tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dinilai dapat menjadi alternatif penambahan unsur hara bagi tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah pemberian TKKS dapat meningkatkan produksi tandan buah segar (TBS) melalui perbaikan *fruit set*. Terdapat dua lokasi yang digunakan dalam memperoleh data yang meliputi komponen pertumbuhan, komponen *fruit set*, dan bobot TBS. Data tersebut diambil dari Blok 1138 yang terdiri dari 2 lokasi dengan perlakuan berbeda, yakni lokasi penelitian dengan pemberian TKKS yang sudah diaplikasikan setelah 7 bulan yang akan dibandingkan dengan lahan tanpa TKKS (NTKKS). Sampel dipilih dengan metode *purposive sampling* sesuai dengan tujuan dan kriteria yang sudah ditentukan yaitu masing-masing perlakuan dipilih 9 titik sampel dimana setiap titik sampel terdiri dari 5 pohon sehingga total setiap perlakuan berjumlah 45 pohon sampel. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dan survei dengan membandingkan antar perlakuan yang dianalisis menggunakan *uji independent sample t-test* dan analisis deskriptif (rata-rata \pm standar deviasi). Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi TKKS tidak memberikan pengaruh pada komponen pertumbuhan, nilai *fruit set*, maupun bobot TBS, meskipun memberikan pengaruh pada jumlah buah tidak jadi dan total keseluruhan buah per TBS namun belum memberikan pengaruh terhadap nilai *fruit set*.

Kata kunci: *Fruit set*, Kelapa Sawit, produksi TBS, dan TKKS

ABSTRACT

APPLICATION OF OIL PALM EMPTY BUNCHES (*Elaeis guineensis* Jacq.) IN INCREASING FRESH FRUIT BUNCH PRODUCTION THROUGH IMPROVED FRUIT SET

Oleh

Dela Puspita

One of the problems that often occurs in oil palm plantations is the fluctuating productivity figures. One of the factors that can affect oil palm productivity is fertilization. Organic fertilization derived from solid waste from processing at the mill, namely empty palm bunches (TKKS), is considered to be an alternative to adding nutrients to plants. This study aims to determine whether the application of TKKS can increase the production of fresh fruit bunches (FFB) through improved fruit set. Two locations were used to obtain data including growth components, fruit set components, and FFB weight. The data were taken from Block 1138 which consists of 2 locations with different treatments, namely the research location with the provision of TKKS that has been applied after 7 months which will be compared with the land without TKKS (NTKKS). Samples were selected by purposive sampling method in accordance with the objectives and criteria that have been determined, namely each treatment selected 9 sample points where each sample point consists of 5 trees so that the total of each treatment amounted to 45 sample trees. This study used experimental and survey methods by comparing between treatments analyzed using independent sample t-test and descriptive analysis (mean \pm standard deviation). The results showed that the application of TKKS did not affect the growth component, fruit set value, or FFB weight, although it did affect the number of unfinished fruits and the total number of fruits per FFB but did not affect the fruit set value.

Keywords: Fruit set, Oil Palm, FFB production, and TKKS

**APLIKASI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.)
DALAM MENINGKATKAN PRODUKSI TANDAN BUAH SEGAR
MELALUI PERBAIKAN *FRUIT SET***

Oleh

DELA PUSPITA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN**

Pada

**Jurusan Agronomi dan Hortikultura
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi : **Aplikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit
(*Elaeis guineensis* Jaqc.) dalam
Meningkatkan Produksi Tandan Buah Segar
melalui Perbaikan *Fruit Set***

Nama Mahasiswa : **Dela Puspita**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2014161029**

Program Studi : **Agronomi**

Fakultas : **Pertanian**

Menyetujui

1. Komisi Pembimbing



Prof. Ir. Maria Viva Rini, M.Agr.Sc., Ph.D.
NIP 196603041990122001



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP 196411181989021002

2. Ketua Jurusan Agronomi dan Hortikultura



Prof. Ir. Maria Viva Rini, M.Agr.Sc., Ph.D.
NIP 196603041990122001

MENGESAHKAN

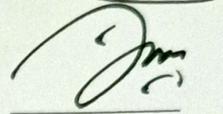
1. Tim Penguji
Ketua

: : Prof. Ir. Maria Viva Rini, M.Agr.Sc., Ph.D.



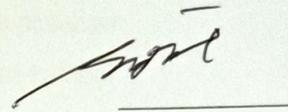
Sekretaris

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

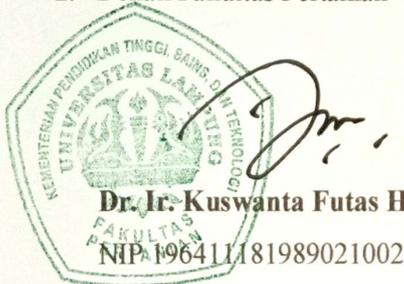


Anggota

: Prof. Dr. Ir. Rusdi Evizal, M.S.



2. Dekan Fakultas Pertanian



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

NIP. 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 24 Desember 2024

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “**APLIKASI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.) DALAM MENINGKATKAN PRODUKSI TANDAN BUAH SEGAR MELALUI PERBAIKAN *FRUIT SET*”** merupakan asli karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 12 Februari 2025



Dela Puspita
2014161029

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Mincang Sindang Marga, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung pada tanggal 26 September 2002. Penulis adalah anak pertama dari tiga bersaudara pasangan Bapak Ahmad Mulyono dan Ibu Suryanti. Tahun 2014 penulis menyelesaikan studi di SDN 1 Negeri Agung. Penulis lulus dari SMP Negeri 1 Talangpadang pada tahun 2017. Penulis melanjutkan studi di SMA Negeri 1 Talangpadang dan lulus pada tahun 2020. Tahun 2020 penulis diterima di Universitas Lampung (UNILA) melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) sebagai mahasiswa Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian.

Tahun 2023 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Preiode I pada bulan Januari – Februari 2023 Universitas Lampung di Desa Padang Raya, Kecamatan Krui Selatan, Kabupaten Pesisir Barat. Pada tahun yang sama penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Perusahaan Perkebunan Swasta yaitu PT Bumitama Gunajaya Agro. Penulis juga aktif di beberapa organisasi mahasiswa dan kepanitiaan. Tahun 2020 penulis menjadi anggota muda Bidang Fundmart Forum Studi Islam Fakultas Pertanian (FOSI FP). Tahun 2022 penulis menjadi bendahara Umum Forum Studi Islam Fakultas Pertanian (FOSI FP). Pada tahun yang sama penulis juga menjadi anggota Bidang Penelitian dan Pengembangan Himpunan Mahasiswa Jurusan Agronomi dan Hortikultura (HIMAGRHO). Pada tahun tersebut juga penulis menjadi anggota Bidang Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia (PPSDM) Forum Komunikasi Bidikmisi/KIP-K Universitas Lampung

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi Asisten Praktikum untuk mata kuliah Biologi (2022) dan Pembiakan Vegetatif (2023). Selain itu, penulis juga pernah ikut serta dalam kegiatan Pendanaan Mahasiswa Wirausaha (PMW) dan Program Kreativitas mahasiswa (PKM) pada tahun 2022.

Cukuplah Allah (menjadi penolong) bagi kami dan Dia sebaik-baik pelindung”
(Q.S.Ali Imran : 173)

“Ingat! Masalah seberat apapun harus diterima dahulu dengan sabar lalu yakinlah Allah pasti memberikan solusi, karena bukan kita saja yang sedang diuji semua orang sedang diuji (pasti selesai!)”
(Ust. Adi Hidayat)

“Jangan terlalu dikejar. Jika jalannya pasti Allah memperlancar, karena yang menjadi takdirmu akan mencari jalannya untuk menemukanmu”
(Ali bin Abi Thalib)

“Terima semua yang terjadi dengan ikhlas dan sabar lalu minta pertolongan Allah lewat ikhtiar dan serahkanlah kepada-Nya dengan tawakkal maka insyaAllah akan ada kemudahan”
(Saya)

PERSEMBAHAN

Dengan tulus dan penuh rasa syukur atas rahmat Allah SWT penulis persembahkan skripsi ini kepada:

Penulis sendiri yang sudah mampu bertahan sampai sejauh ini dan seluruh keluarga penulis terutama sang tercinta Bapak, Mamak, Adek ica, dan Adek Upi.

Serta Almamater tercinta

Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian,
Universitas Lampung

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas rahmat dan nikmat-Nya sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Aplikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dalam Meningkatkan Produksi Tandan Buah Segar Melalui Perbaikan *Fruit Set*”**, Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat utama mencapai gelar sarjana di Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penulis menyampaikan terima kasih yang tak terhingga kepada pihak-pihak yang terlibat dalam pelaksanaan penelitian maupun dalam penyelesaian skripsi, yaitu kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung, sekaligus sebagai dosen pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan serta arahan dalam melakukan penelitian ini.
2. Ibu Prof. Ir. Maria Viva Rini, M.Agr.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, sekaligus sebagai dosen pembimbing utama yang telah memberikan arahan, nasihat, serta pembelajaran baik selama melakukan penelitian hingga menyelesaikan penulisan.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Rusdi Evizal, M.S., selaku dosen penguji atas ilmu pengetahuan, saran, dan kritik yang membangun.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Setyo Dwi Utomo, M.Sc., selaku pembimbing akademik yang telah membimbing dan memberi saran kepada penulis selama menempuh pendidikan tinggi.

5. Bapak dan Ibu Dosen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, yang telah mendidik dan berbagi ilmu pengetahuan serta pengalamannya kepada penulis.
Pahlawan di keluarga, ayah terhebat sepanjang masa Bapak Ahmad Mulyono dan Ibunda yang kasih sayangnya tiada batas Mamak Suryanti yang memberikan kasih sayang, motivasi, dan doa terbaik sepanjang penulis melakukan penelitian, *support* serta nasihat yang diberikan kepada penulis sehingga penulis merasa terus bersemangat dan tidak menyerah sampai di titik ini.
6. Saudara kandung penulis Anisa Dwi Yanti dan Noviza Hayatun Nufus yang menjadi motivasi penulis untuk terus semangat dalam mengerjakan skripsi, kepada dua adik tercinta terimakasih karena selalu memberikan energi positif kepada penulis.
7. Bapak Manager Kebun Bekri yang telah memberikan kesempatan kepada penulis dalam melaksanakan penelitian di Kebun Bekri.
8. Bapak Heri Susanto dan bapak Oki Hermawan yang telah memberikan izin penelitian serta membantu dengan memberikan arahan, bimbingan, dan bantuan kepada penulis selama melakukan penelitian dari awal hingga akhir penelitian.
9. Bapak Reza Harjana Damanik selaku asisten afdeling IV, PTPN 4 Regional 7 Unit Bekri yang telah memberikan arahan, bimbingan, motivasi serta banyak bantuan kepada penulis selama menjalankan kegiatan penelitian.
10. Seluruh asisten tanaman serta seluruh *staff* dan karyawan PTPN 4 Regional 7 Unit Bekri yang telah memberikan motivasi dan arahan kepada penulis selama menjalani penelitian.
11. Para mandor Bapak Rifa'i, Bapak Supriono, Bapak Ali, dan Bapak Bolo sebagai kerani serta seluruh pekerja bagian dari *afdeling* IV yang banyak membantu penulis dalam mengarahkan dan membantu keperluan yang dibutuhkan penulis dalam melaksanakan penelitian.
12. Keluarga Ickiwirr Fame Papah Heri, Mamah Ira, Bang Reza, Bang Andre, Mas Tyo, Mba Nanin, Mba Tiwi, Mba Tyas, Mba Widya dan Adek Tita yang telah memberikan dukungan, motivasi serta semangat kepada penulis.

13. Seluruh kawan-kawan MBKM yang penulis temui selama di BGA beserta seluruh *staff* dan pengurus yang menjadi motivator dan mentor terimakasih banyak telah memberikan banyak perhatian dan arahan selama magang.
14. Yusliantika yang telah memberikan banyak motivasi dan semangat ketika magang sampai saat penyusunan skripsi.
15. Rekan Penelitian kelapa Sawit Firman Andi Setiawan yang telah berjuang bersama dalam pelaksanaan penelitian.
16. Saudara Dimas Ramadani dan Akbar Restu Waliyudha yang telah banyak membantu penulis selama penelitian di lapangan.
17. Teman perkuliahan Mita, Rani, Andika, Miftahul, atas segala motivasi dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis.
18. Sahabat yang penulis sayangi Lutfi hayati, Yulia Nurainy, Amalia Putri, Ajeng Septia Ningsih, Salsabilla Noviya R, Linda Ratna Sari, Ira Rahma yang telah memberikan motivasi dan banyak dukungan kepada penulis.
19. Saudara selama di RQM ustadzah Dhara, Ustadzah Dinati, Ustadzah Aulia dan keluarga besar asrama yang memberikan motivasi dan arahan untuk tetap berusaha dan tidak menyerah.
20. Seluruh keluarga besar FOSI FP 22 yang telah memberikan dukungan serta motivasi kepada penulis.
21. Serta teman teman Agronomi dan Hortikultura 20 dan seluruh orang-orang baik yang ada didekat penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT senantiasa membalas kebaikan yang dilakukan dan semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pembaca.

Bandar Lampung, 12 Februari 2025
Penulis

Dela Puspita

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	v
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	5
1.3 Landasan Teori	5
1.4 Kerangka Pemikiran.....	10
1.5 Hipotesis.....	13
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	14
2.1 Sejarah Kelapa Sawit	14
2.2 Klasifikasi dan Morfologi	15
2.3 Fase Generatif Kelapa Sawit.....	21
2.4 Syarat Tumbuh Tanaman Kelapa Sawit	21
2.5 Faktor Produktivitas Kelapa Sawit.....	22
2.6 Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS).....	23
2.7 Kegunaan Unsur Hara	25
2.8 <i>Fruit Set</i>	27
III. METODE PENELITIAN	29
3.1 Tempat dan Waktu.....	29
3.1.1 Gambaran Lokasi Penelitian	29
3.2 Bahan dan Alat	29
3.3 Metode Penelitian.....	30
3.4 Waktu dan Mekanisme Pemberian TKKS	31

3.5 Variabel Pengamatan.....	32
3.5.1 Komponen Pertumbuhan.....	32
3.5.1.1 Tinggi Pohon.....	32
3.5.1.2 Panjang <i>Petiole</i>	33
3.5.1.3 Panjang <i>Rachis</i>	34
3.5.1.4 Jumlah Pelepah.....	34
3.5.1.5 Persebaran Akar.....	35
3.5.2 Komponen <i>Fruit Set</i>	36
3.5.2.1 Perhitungan Jumlah Buah Jadi.....	37
3.5.2.2 Perhitungan Jumlah Buah Partenokarpi.....	37
3.5.2.3 Perhitungan Jumlah Buah Tidak Jadi.....	38
3.5.2.4 Perhitungan Nilai <i>Fruit Set</i>	39
3.5.3 Bobot Tandan Kelapa Sawit.....	39
3.6 Analisis Data.....	39
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Hasil.....	41
4.1.1 Komponen Pertumbuhan.....	41
4.1.2 Komponen <i>Fruit Set</i>	42
4.1.3 Bobot TBS.....	44
4.2 Pembahasan.....	45
V. SIMPULAN DAN SARAN	50
5.1 Simpulan.....	50
5.2 Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA.....	51
LAMPIRAN.....	62

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Sebaran Pemberian TKKS	32
2. Rekapitulasi Hasil Uji t pada Komponen Pertumbuhan	41
3. Data Tinggi Pohon Kelapa Sawit	57
4. Data Jumlah Pelepah Kelapa Sawit.....	58
5. Data Panjang <i>Rachis</i>	59
6. Data Panjang <i>Petiole</i>	59
7. Data Sebaran Perakaran	60
8. Data Sampel Komponen <i>Fruit Set</i>	60
9. Data Komponen Buah Jadi.....	61
10. Data Komponen Buah Partenokarpi.....	62
11. Data Komponen Buah Tidak Jadi.....	63
12. Data Nilai <i>Fruit Set</i>	64
13. Data Pemupukan Terakhir (2021)	64
14. Data Curah Hujan 2023.....	65
15. Data Bobot TBS Tiga Bulan Terakhir	65
16. Uji t Variabel Tinggi Pohon.....	65
17. Uji t Variabel Jumlah Pelepah	66
18. Uji t Variabel Panjang <i>Rachis</i>	66

19. Uji t Variabel Panjang <i>Petiole</i>	67
---	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Produktivitas tanaman kelapa sawit 5 tahun terakhir	2
2. Kerangka pemikiran.....	12
3. Daun kelapa sawit yang terdiri atas <i>petiole</i> , <i>rachis</i> , dan anak daun	16
4. Bagian-bagian buah kelapa sawit.....	20
5. Tipe buah kelapa sawit (a) dura; (b) pisifera; (c) tenera	20
6. Hasil pengolahan tandan buah segar	23
7. Tata letak pengambilan titik sampel.....	30
8. Sebaran tandan kosong kelapa sawit di Blok 1138 Kebun Bekri	31
9. Ilustrasi pengukuran tinggi pohon kelapa sawit.....	33
10. Posisi <i>petiole</i> pada pelepah	33
11. Posisi <i>rachis</i> pada pelepah	34
12. Penentuan data persebaran akar (a) pengambilan sampel akar; (b) akar yang sudah dibersihkan; (c) penimbangan akar	35
13. Tiga bagian pada tandan buah segar	36
14. Penentuan bagian buah brondolan (a) pengambilan sampel spikelet; (b) pemisahan buah dari spikelet	36
15. Perhitungan jumlah buah jadi	37
16. Perhitungan jumlah buah partenokarpi	38
17. Perhitungan jumlah buah tidak jadi	38

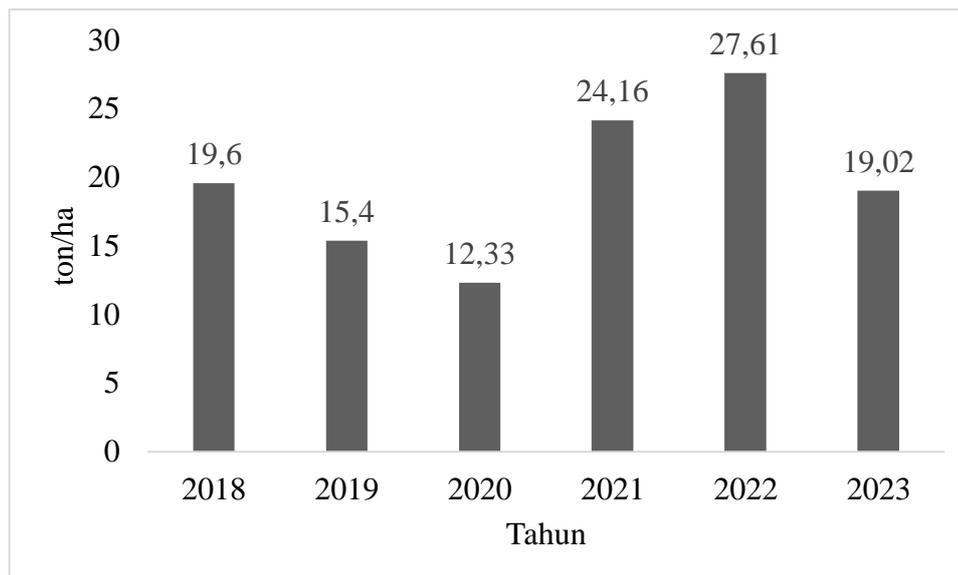
18. Persebaran akar kelapa sawit (grafik menunjukkan rerata \pm standar deviasi).....	42
19. Komponen <i>fruit set</i> (a) buah jadi; (b) buah partenokarpi; c) buah tidak jadi (, (d) total buah (grafik menunjukkan rerata \pm standar deviasi).....	43
20. Nilai <i>fruit set</i> (grafik menunjukkan rerata \pm standar deviasi).....	44
21. Produksi TBS pada blok 1135 dan 1138 (grafik menunjukkan rerata \pm standar deviasi)	44
22. Curah hujan Kebun Bekri 2023	46
23. Uji normalitas data tinggi pohon.....	68
24. Uji normalitas data jumlah pelepah	68
25. Uji normalitas panjang <i>rachis</i>	69
26. Uji normalitas panjang <i>petiole</i>	69
27. Mengukur panjang pelepah rachis	70
28. Mengukur tinggi pohon.....	70
29. TBS sampel.....	71
30. Pengukuran lubang galian pengambilan sampel akar	71

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia menjadi salah satu negara penghasil kelapa sawit terbesar di dunia. Hal tersebut dilansir dari data yang dipaparkan oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA) pada tahun 2023 yang menunjukkan bahwa Indonesia mampu memproduksi *crude palm oil* (CPO) hingga 45,4 juta ton setiap tahunnya. Hal ini menjadikan negara Indonesia sebagai penyumbang CPO dunia sekitar 59% tahun pada 2022-2023. Seiring dengan kontribusi berupa CPO yang dihasilkan, Indonesia juga memiliki perkebunan kelapa sawit yang luas. Hal ini disampaikan oleh Badan Pusat Statistik atau BPS (2023) yang menyatakan bahwa luas lahan perkebunan kelapa sawit pada 2023 mencapai 15,44 juta ha dengan produksi CPO sebesar 46,99 juta ton.

Luas lahan kelapa sawit yang ada di Indonesia tersebar di berbagai provinsi. Salah satu provinsi yang berkontribusi dalam menghasilkan kelapa sawit adalah Lampung. Menurut data BPS (2023), Lampung memiliki luas lahan kelapa sawit sekitar 199,5 ribu ha dengan produksi mencapai 481,5 ribu ton. Di samping potensi kelapa sawit yang dimiliki oleh provinsi ini, dalam kondisi aktualnya terdapat beberapa masalah yang terjadi. Salah satunya adalah angka produktivitas yang mengalami fluktuasi. Hal tersebut terjadi di beberapa perkebunan di Indonesia, salah satunya dapat dilihat pada total produktivitas kelapa sawit yang terdapat di Lampung yakni Kebun Bekri PTPN 4 Regional 7, dimana angka produktivitas kelapa sawit tersebut mengalami fluktuasi pada enam tahun terakhir yang disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Produktivitas tanaman kelapa sawit di kebun tahun 2018-2023 (Sumber: Profil Kebun Bekri 2024)

Grafik pada Gambar 1 menunjukkan bahwa produktivitas kelapa sawit di kebun tersebut mengalami fluktuasi. Fluktuasi adalah suatu perubahan naik turun atau ketidaktetapan angka akibat adanya beberapa faktor yang memengaruhi. Menurut Lubis (1992), berdasarkan kelas kesesuaian lahan dan umur tanaman kelapa sawit, rata-rata angka produktivitas kelapa sawit untuk lahan kelas 2 dan umur tanaman 4-25 tahun adalah $22.95 \text{ ton}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ tahun. produktivitas kelapa sawit dapat meningkat antara umur 15 hingga 21 tahun.

Produktivitas kelapa sawit yang mengalami fluktuasi tersebut dapat terjadi karena beberapa faktor yang memengaruhi. Faktor yang dapat memengaruhi produktivitas kelapa sawit diantaranya adalah faktor lingkungan dan genetik (Yohansyah dan Lubis, 2014). Menurut Risza (2000), secara umum terdapat beberapa faktor lainnya yang memengaruhi produktivitas seperti iklim, umur tanaman, pemupukan, dan pemberian pestisida. Berdasarkan faktor teknik budidaya, pemeliharaan memiliki peran yang cukup penting dalam mencapai produktivitas yang tinggi. Hal ini sejalan dengan pendapat Panggabean dan Purwono (2017) yang menyatakan bahwa produktivitas tanaman kelapa sawit yang tinggi dapat dicapai dengan pemeliharaan yang intensif dari fase tanaman

belum menghasilkan (TBM) sampai fase tanaman menghasilkan (TM). Kegiatan pemeliharaan merupakan aspek yang penting karena meliputi penyiraman, pemupukan, dan pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT).

Salah satu kegiatan penting dalam pemeliharaan adalah pemupukan. Pemupukan menjadi salah satu faktor utama yang berpengaruh dalam pertumbuhan dan produktivitas kelapa sawit, karena dalam fase pertumbuhan dan pembentukan buah dibutuhkan unsur hara yang cukup. Pemupukan merupakan pemberian unsur hara tambahan ke dalam tanah untuk menjaga keseimbangan hara yang dibutuhkan oleh tanaman serta dapat mengganti hara yang hilang karena terbawa hasil panen (Panggabean dan Purwono, 2017). Menurut Hasibuan (2006), pemupukan merupakan pemberian bahan pupuk atau bahan lainnya seperti bahan organik dan bahan kapur ke dalam tanah yang bertujuan untuk menambahkan unsur hara ke dalam tanah. Pupuk sendiri terdiri dari pemupukan anorganik dan pemupukan organik.

Bahan baku pupuk dapat menentukan jenis dari pupuk tersebut. Pupuk yang berasal dari bahan mineral atau senyawa kimia termasuk jenis pupuk anorganik. Menurut Manik (2018), pupuk anorganik berasal dari pabrik pembuatan pupuk dengan menggunakan bahan kimia anorganik. Bahan baku dalam pembuatan pupuk anorganik dapat berupa bahan mineral atau senyawa kimia yang diserap oleh tanaman. Salah satu contoh pupuk anorganik adalah Urea yang dikenal juga dengan istilah *karbamid* atau *diamida asam karbonat*, merupakan senyawa dengan rumus kimia $(\text{CO}(\text{NH}_2)_2)$.

Pupuk organik merupakan pupuk yang berasal dari bahan-bahan organik, seperti pelapukan sisa-sisa tanaman, hewan, serta produk organik, dan kotoran hewan. Pupuk organik dapat berbentuk padat ataupun cair yang diperkaya dengan bahan mineral atau mikroba yang bermanfaat. Pupuk organik dapat meningkatkan kandungan unsur hara dan bahan organik tanah, serta dapat memperbaiki sifat fisik, kimia, serta biologi tanah (Permentan, 2011). Pupuk organik memiliki kandungan bahan organik dan unsur hara yang dapat dimanfaatkan keberadaannya.

Sumber bahan organik bisa berupa kompos, pupuk hijau, pupuk kandang, dan sisa panen. Sisa panen pada suatu perkebunan dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan organik. Sisa panen tersebut dapat langsung digunakan di lahan perkebunan atau dapat diolah terlebih dahulu menjadi pupuk kompos.

Perkebunan kelapa sawit merupakan salah satu perkebunan yang menghasilkan sisa panen yang dapat dimanfaatkan. Sisa-sisa tanaman tersebut dapat berupa padatan maupun cair. Salah satu limbah padat yang berasal dari pabrik pengolahan kelapa sawit adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS). TKKS mengandung beberapa komponen penyusun yang sebagian besar potensial untuk dimanfaatkan. Selain bahan penyusun seperti selulosa, hemiselulosa, lignin, terdapat kandungan bahan organik seperti unsur hara N, P, K, dan Mg. Sarwono (2008) memaparkan bahwa TKKS yang bersifat organik memiliki kandungan 5% nitrogen, 0,05% fosfor, 7,3% kalium, dan 0,9% magnesium yang dapat dimanfaatkan sebagai alternatif pupuk untuk tanaman kelapa sawit.

TKKS dapat dimanfaatkan secara langsung dengan mengaplikasikannya di atas permukaan tanah sebagai mulsa, sedangkan secara tidak langsung dapat dilakukan pengomposan sekitar 6-12 bulan dengan cara dicacah serta dapat ditambahkan dengan aktivator seperti EM 4, selanjutnya dijaga kelembabannya hingga terdekomposisi sehingga dapat digunakan sebagai pupuk organik (Harahap *et al.*, 2023). Pupuk organik berupa pupuk kompos TKKS memiliki kandungan C-organik sebesar 16,84%, 1,56% nitrogen, 10,97% C/N ratio, 1,25% fosfor, serta 0,94% kalium (Santi *et al.*, 2018).

Pemanfaatan TKKS sebagai pupuk organik diharapkan mampu memperbaiki pertumbuhan vegetatif tanaman dan perkembangan tanaman kelapa sawit sehingga dapat mendukung perkembangan buah, dan pada akhirnya banyaknya jumlah buah jadi pada tandan buah segar (TBS) dapat meningkatkan bobot TBS. Banyaknya jumlah buah jadi dapat berdampak pada nilai *fruit set* sehingga dapat mendukung angka produksi kelapa sawit. *Fruit set* (tatanan buah) sendiri adalah istilah yang sering digunakan dalam bidang kelapa sawit untuk menggambarkan

perbandingan buah jadi terhadap keseluruhan buah pada satu tandan. Keseluruhan buah yang dimaksud adalah buah jadi, buah partenokarpi, dan buah tidak jadi (Wiranda dan Banowati, 2022).

Terdapat beberapa faktor yang menentukan nilai *fruit set* yaitu faktor lingkungan dan genetik. Faktor lingkungan meliputi curah hujan, umur tanaman, *sex ratio*, pemupukan (status nutrisi) dalam tanah dan faktor genetik. Pada penelitian ini akan fokus mempelajari bagaimana pengaruh faktor eksternal, dalam hal ini yaitu pemupukan. Karena faktor lainnya sudah disesuaikan atau dikendalikan pada masing-masing perlakuan, sehingga yang membedakan hanya penambahan TKKS sebagai pupuk organik.

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka masalah dalam penelitian ini adalah:

Apakah aplikasi tandan kosong kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dapat meningkatkan produksi tandan buah segar melalui perbaikan *fruit set*.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

Mengetahui apakah aplikasi tandan kosong kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dapat meningkatkan produksi tandan buah segar melalui perbaikan *fruit set*.

1.3 Landasan Teori

TKKS merupakan TBS yang telah diambil buahnya pada saat proses pengolahan kelapa sawit. Dalam satu ton pengolahan TBS akan menghasilkan sekitar 20% TKKS yang merupakan produk padat terbanyak dari produk padat lainnya, artinya dalam satu ton pengolahan TBS pada pabrik kelapa sawit akan menghasilkan sekitar 200 kg produk padat TKKS. Produk tersebut umumnya dibuang pada lahan kosong di kebun sawit atau dibakar menggunakan *insinerator*. Namun, saat ini

pemanfaatan TKKS dapat langsung dikembalikan ke lahan sebagai mulsa atau dapat dibuat kompos terlebih dahulu sebagai pupuk organik (Nuryanto *et al.*, 2013).

TKKS berpotensi untuk dijadikan pupuk organik atau pupuk kompos terutama untuk tanaman kelapa sawit. Singh *et al.* (1990) menyebutkan bahwa unsur hara yang terkandung pada TKKS antara lain 42,8% C, 2,90% K₂O, 0,80% N, 0,22% P₂O₅, 0,30% MgO, 10 ppm B, 23 ppm Cu, dan 51 ppm Zn. Unsur hara tersebut dapat digunakan sebagai tambahan nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman.

Pemberian TKKS tidak hanya dimanfaatkan sebagai penyedia bahan organik dan unsur hara, namun dapat digunakan sebagai mulsa organik. Mulsa organik merupakan mulsa yang berasal dari sisa-sisa tanaman seperti seresah hasil pertanian. Mulsa yang diberikan saat musim penghujan dapat dengan baik menahan air sehingga diharapkan mampu mencegah erosi dan pencucian unsur hara (Edy, 2008). Pemberian mulsa pada sekitar tanaman selain baik dalam menahan air dari terjadinya erosi dapat juga membantu dalam menjaga kelembaban tanah (Sukmawan dan Riniarti, 2020).

Mempertahankan tingkat kelembaban dengan memberikan TKKS di atas permukaan tanah dapat membantu tanaman dari kekurangan air karena cadangan air yang tersimpan di dalamnya. Kekurangan air pada tanaman dapat menghambat penyerapan nutrisi, karena air bertindak dalam memfasilitasi penyerapan unsur hara oleh akar tanaman sehingga dapat mendukung proses fotosintesis dan transportasi nutrisi ke seluruh tanaman. Kelembaban tanah yang kurang memadai dapat mengakibatkan penurunan laju fotosintesis karena air dibutuhkan dalam proses fotosintesis dalam mendukung produksi gula yang efisien sebagai sumber energi bagi tanaman (Sukmawan dan Riniarti, 2020).

Kelembaban yang diakibatkan dari pemberian TKKS di atas permukaan tanah dapat merangsang pertumbuhan akar sehingga dapat meningkatkan kepadatan akar sehingga dapat meningkatkan massa akar pohon kelapa sawit. Penerapan

TKKS terbukti merangsang perkembangan akar semua ordo akar seperti primer, sekunder, tersier, dan kuartener. Pendapat ini juga didukung oleh penelitian Kheong *et al.* (2009) yang menyatakan bahwa sebanyak 110 kg TKKS diaplikasikan dalam satu lapisan di atas permukaan tanah dan diletakkan satu meter dari pangkal pohon kelapa sawit memberikan pengaruh pada akar. Pengaruh tersebut terlihat pada kedalaman 30-45 cm, yaitu area yang diberi TKKS memiliki jumlah akar lebih banyak dibanding dengan area yang tidak diberi TKKS. Pada penelitian tersebut dipaparkan bahwa akar yang tumbuh pada area TKKS yakni semua ordo akar seperti primer, sekunder, tersier, dan kuartener memiliki berat rata-rata 0,147 g/100 g tanah, sedangkan untuk area yang tidak diberi TKKS hanya memiliki rata-rata akar sebanyak 0,072 g/ 100 g tanah.

Apabila pertumbuhan akar lebih luas maka kemampuan akar dalam menyerap unsur hara juga akan semakin baik. Menurut Lakitan (1993), sebagian unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman akan diserap melalui akar dari larutan tanah, kecuali oksigen dan karbon yang diserap dari udara melalui daun. Peningkatan kemampuan akar dalam menyerap unsur hara dapat menyuplai kebutuhan nutrisi pada tanaman, sehingga akar menjadi lebih luas dan terjadi peningkatan kepadatan akar. Meningkatnya kepadatan akar mampu membantu tanaman untuk mengakses sumber daya air di tanah secara efisien, mengurangi resiko stress dari kekurangan air dan memastikan hidrasi yang cukup untuk pertumbuhan. Sistem akar yang lebih padat akan meningkatkan struktur tanah dan berkontribusi pada kesehatan dan keberlanjutan tanah. Hal ini memiliki peran penting dalam penyerapan, pemanfaatan, dan pelepasan nutrisi di dalam tanah (Kheong *et al.*, 2009).

Apabila penyerapan nutrisi oleh akar ke bagian-bagian tanaman semakin baik, maka pertumbuhan yang dihasilkan juga akan lebih baik. Hal ini dijelaskan dalam penelitian Darmosarkoro *et al.* (2000) yang menyatakan bahwa dengan aplikasi kompos TKKS di permukaan tanah dapat menghasilkan peningkatan pertumbuhan tanaman dibanding tanpa kompos. Hal ini menunjukkan bahwa lingkungan yang diberi kompos cocok untuk pertumbuhan tanaman.

Pertumbuhan kelapa sawit yang baik dapat memengaruhi produktivitas tanaman. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Bata *et al.* (2016), semakin besar nilai tinggi tanaman, lingkaran batang, jumlah pelepah, panjang pelepah, jumlah bunga betina dan jumlah tandan maka akan semakin tinggi juga bobot tandan buah segar yang dihasilkan. Dalam penelitian tersebut dikatakan bahwa hasil analisis produksi menunjukkan bahwa produktivitas lahan yang diaplikasikan dengan TKKS memiliki produksi yang lebih tinggi dibandingkan lahan-lahan yang tidak diaplikasikan TKKS. Lahan yang diaplikasikan TKKS akan memberikan nilai rata-rata paling tinggi pada bobot janjang rata-rata (BJR) dibandingkan dengan lahan tanpa pemberian TKKS.

Prayitno *et al.* (2008) menyatakan bahwa penambahan TKKS di lahan pertanaman berpengaruh nyata terhadap kualitas lahan dan dapat meningkatkan produksi kelapa sawit. Aplikasi TKKS sebagai mulsa dapat berpengaruh terhadap produksi TBS kelapa sawit. Hal ini sejalan dengan penelitian Siahaan (1997) yang menyatakan bahwa pemberian TKKS dengan dosis 40 dan 60 ton TKKS/ha/tahun sebagai mulsa tanpa aplikasi pupuk standar dapat meningkatkan produksi secara berturut turut 11% dan 13% di atas produksi pada lahan yang tidak diaplikasikan TKKS atau lahan yang diaplikasikan pupuk anorganik tanpa TKKS.

Selain sebagai penyumbang unsur hara bagi tanaman, TKKS juga mengandung bahan organik yang bermanfaat untuk memperbaiki sifat biologi, kimia, dan fisik tanah. Pada biologi tanah, bahan organik berperan sebagai sumber energi dan makanan bagi mikroba di dalam tanah. Adanya aktivitas mikroorganisme dapat mendukung proses dekomposisi bahan organik menjadi humus, selain itu dengan adanya aktivitas mikroorganisme membantu dalam pembentukan agregat tanah yang stabil sehingga dapat memperbaiki struktur tanah. Menurut Halim *et al.* (1986), semakin tinggi bahan organik dalam tanah maka akan semakin tinggi kapasitas tukar kation (KTK). Selanjutnya, pengaruh bahan organik pada sifat fisik tanah adalah untuk memperbaiki agregasi partikel yang mampu mengikat partikel tanah menjadi agregat yang baik, hal ini dapat meningkatkan struktur tanah dan mengurangi kepadatan tanah sehingga meningkatkan ukuran pori dalam

tanah yang nantinya akan berkontribusi pada kapasitas menahan air (*water holding capacity*) (Lawenga *et al.*, 2015).

Hasil analisis pada laboratorium Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) menunjukkan bahwa kandungan hara dalam kompos TKKS relatif tinggi. Salah satu kandungan hara yang tinggi pada tandan kosong kelapa sawit yakni unsur hara kalium. Unsur hara kalium merupakan hara yang paling banyak dibutuhkan dalam pembentukan tandan (Lubis, 1992). Hal ini didukung oleh Sastrosayono (2003) yang menyatakan bahwa unsur kalium nyata dapat memperbesar perkembangan bobot tandan dan mempercepat panen pertama pada tanaman kelapa sawit muda, selain itu unsur K juga dapat berperan dalam meningkatkan aktivitas enzim dalam reaksi fotosintesis dan respirasi sehingga berdampak pada pertumbuhan tanaman.

Penelitian yang dilakukan oleh Putra (2022) memberikan informasi bahwa nutrisi yang ada pada TKKS dapat meningkatkan kesuburan dan kesehatan tanah yang akan mengarah pada pertumbuhan dan hasil yang lebih baik di perkebunan kelapa sawit. Hal ini akan berdampak positif terhadap produktivitas pertanian dan keberlanjutan budidaya kelapa sawit. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Susanto *et al.* (2005) yang menyatakan bahwa kesehatan tanaman sangat memengaruhi performa tandan buah kelapa sawit yang dihasilkan, seperti pada tanaman yang kurus ternyata dapat menghasilkan nilai *fruit set* lebih rendah dibandingkan tanaman dengan ukuran stabil.

Fruit set merupakan perbandingan antara buah jadi terhadap keseluruhan buah kelapa sawit. Pembentukan nilai *fruit set* dipengaruhi oleh beberapa faktor yakni ketersediaan air, ketersediaan nutrisi, dan kualitas penyerbukan. Kelembaban tanah dapat memengaruhi ketersediaan air. Salah satu cara dalam menjaga kelembaban tanah adalah dengan pemberian mulsa (Harahap *et al.*, 2022). Apabila tanah semakin lembab maka ketersediaan air akan semakin baik dan tercukupi untuk pertumbuhan tanaman. Ketersediaan air dalam tanah berperan sebagai pelarut berbagai senyawa molekul organik dari dalam tanah ke dalam

tanaman. Hal ini memungkinkan proses fotosintesis dan transportasi unsur hara berjalan dengan sehingga dapat mendukung pertumbuhan dan perkembangan pohon kelapa sawit.

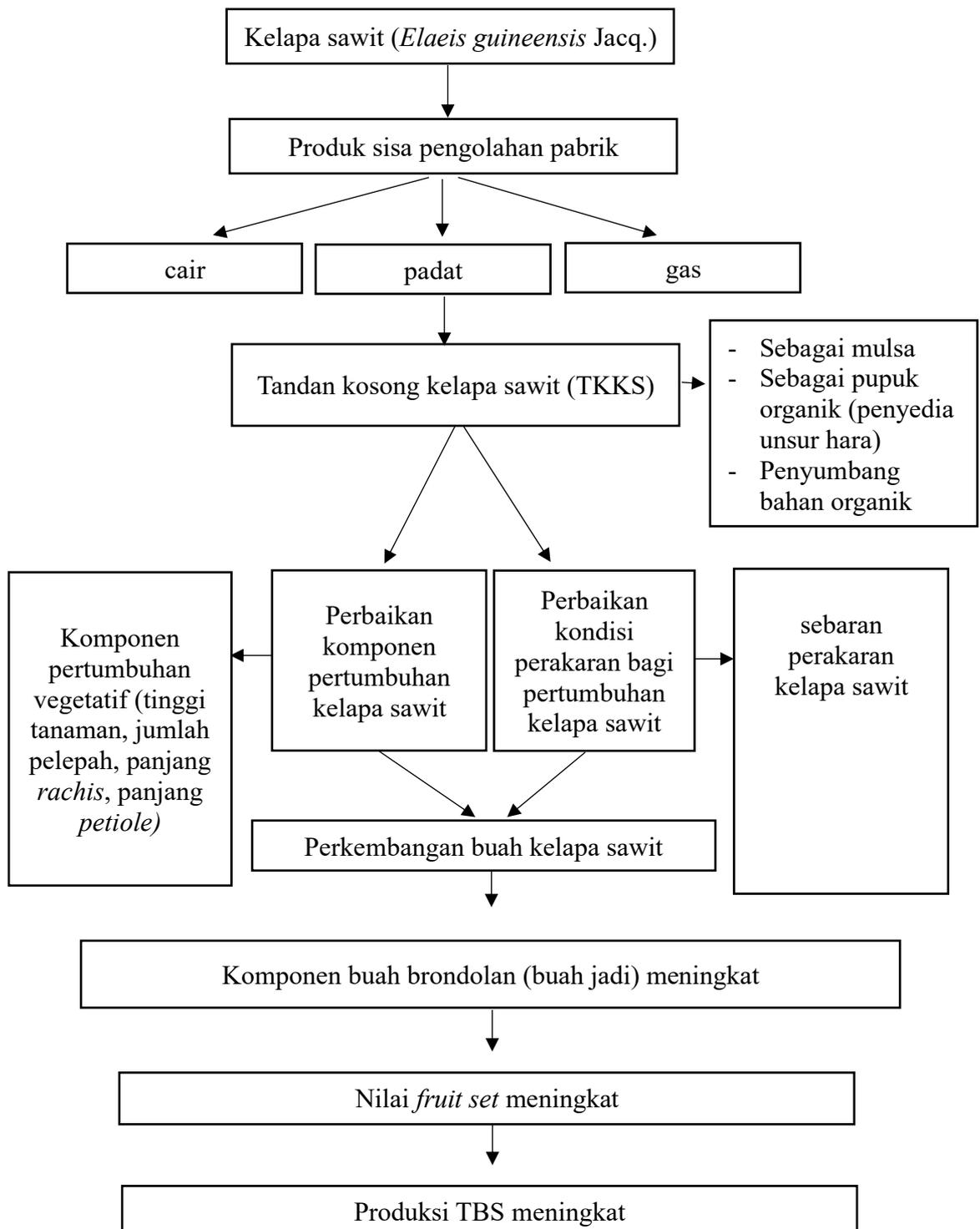
Pemberian TKKS sebagai pupuk dapat memenuhi ketersediaan nutrisi dalam tanah. Ketersediaan nutrisi dalam tanah dipengaruhi oleh praktik pemupukan yang tepat. Pemberian pupuk TKKS dapat menjadi tambahan unsur hara bagi tanaman, sehingga memfasilitasi pertumbuhan tanaman. Hal ini akan secara langsung berdampak pada kemampuan tanaman dalam menghasilkan bunga yang baik sehingga tingkat penyerbukan akan lebih baik. Apabila proses penyerbukan berjalan baik maka pembentukan nilai *fruit set* dapat dimaksimalkan, sehingga produksi buah kelapa sawit akan mengalami kenaikan (Susanto *et al.*, 2005).

1.4 Kerangka Pemikiran

Pengolahan kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) menghasilkan berbagai jenis limbah, termasuk limbah cair, padat, dan gas. salah satu limbah padat yang memiliki potensi besar untuk dapat dimanfaatkan adalah TKKS. limbah tersebut dapat digunakan sebagai bahan organik yang berfungsi sebagai mulsa untuk menjaga kelembaban tanah. Selain itu, TKKS dapat digunakan menjadi bahan pupuk organik dengan penambahan bioaktivator untuk mempercepat proses dekomposisi sehingga hara yang dihasilkan dapat dimanfaatkan oleh tanaman.

Bahan organik yang diberikan dapat memperbaiki kualitas tanah dengan memperbaiki struktur tanah melalui ikatan partikel tanah sehingga menjadikan tanah tersebut lebih agregat, pada akhirnya tanah menjadi lebih gembur dan aerasi tetap terjaga. Kondisi ini dapat mencegah tanah menjadi terlalu padat sehingga sebaran perakaran lebih luas. Selain itu, kandungan dari TKKS seperti hara N, P, dan K dapat memberikan suplai nutrisi tambahan bagi tanaman. Aktivitas mikroorganisme tanah juga meningkat dengan adanya tambahan bahan organik untuk mendukung proses dekomposisi dan membantu dalam menjaga keseimbangan ekosistem tanah.

Apabila nutrisi terpenuhi, kebutuhan air terjaga, lingkungan sekitar tanaman semakin baik, maka dapat memengaruhi pertumbuhan vegetatif seperti tinggi tanaman, lingkaran batang, jumlah pelepah, panjang pelepah, jumlah bunga betina dan jumlah tandan. Pertumbuhan vegetatif yang baik akan meningkatkan kemampuan tanaman untuk menyerap unsur hara yang diperlukan untuk pertumbuhan generatif. Unsur hara seperti N, P, dan K sangat penting untuk pertumbuhan dan produksi buah. Selain itu, hal ini akan secara langsung berdampak pada kemampuan tanaman dalam menghasilkan bunga lebih banyak, sehingga dihasilkan banyak bunga yang berhasil menjadi buah jadi. Apabila proses penyerbukan berjalan baik maka pembentukan nilai *fruit set* dapat dimaksimalkan, sehingga produksi buah kelapa sawit akan mengalami kenaikan.



Gambar 2. Kerangka Pemikiran

1.5 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah dijelaskan di atas, maka hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah:

Aplikasi tandan kosong kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dapat meningkatkan produksi tandan buah segar melalui perbaikan nilai *fruit set*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sejarah Kelapa Sawit

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu tanaman perkebunan yang menghasilkan minyak nabati yang cukup tinggi. Kelapa sawit termasuk tanaman monokotil dalam famili Arecaceae. Nama ilmiah genus kelapa sawit tersebut yakni *Elaeis* yang berasal dari bahasa Yunani 'elaion' yang berarti minyak dan nama spesies 'guineensis' berarti menunjukkan daerah teluk Guinea di Afrika Barat yang merupakan tempat pertama kali kelapa sawit ditemukan. Kemudian sosok Jacquin yang mendeskripsikan nama binomial kelapa sawit pada tahun 1763 berdasarkan kajian ketika kelapa sawit diintroduksi dari Afrika Barat ke West Indian island of Martinique (Hapsoro dan Yusnita, 2016).

Kelapa sawit pertama kali diperkenalkan di Indonesia pada tahun 1848 oleh pemerintah belanda. Pemerintah belanda memperkenalkannya dengan membawa empat batang bibit kelapa sawit yang berasal dari Bourbon (Mauritius) dan Amsterdam. Ke-4 bibit kelapa sawit tersebut di tanam di kebun raya Bogor dan selanjutnya disebarkan ke Deli Sumatera Utara. Di tempat tersebut, selama beberapa puluh tahun, kelapa sawit yang sudah dibudidayakan hanya berperan sebagai tanaman hias di sepanjang jalan di Deli sehingga potensinya belum terlihat. Pada waktu itu pemerintah Belanda berupaya menarik minat masyarakat terhadap pengusahaan tanaman kelapa sawit yang dilakukan dengan penyuluhan yang dilakukan di Muara Enim (1869), Musi Hulu (1870), dan Belitung (1890), namun hasil yang didapatkan belum memuaskan, masyarakat masih ragu-ragu terhadap prospek kelapa sawit (Tim penulis, 1992).

Mulai tahun 1911, barulah kelapa sawit mulai dibudidayakan secara komersial, orang yang pertama merintis usaha ini adalah Adrien Hallet seorang Belgia yang telah belajar banyak terkait kelapa sawit di Afrika. Rintisan Hallet kemudian diikuti oleh K. Schadt, seorang Jerman yang mengusahakan perkebunannya di daerah Deli. Pada masa tersebut perkebunan kelapa sawit di Indonesia yang lokasinya baru ada di Pantai Timur Sumatera (Deli) dan Aceh dengan luas 5.123 Ha ini berkembang mulai pesat. Hal ini dilihat dari nilai Ekspor minyak dan inti sawit mereka di mulai pada tahun 1919 dan 1923 masing-masing sebesar 576 ton dan 850 ton. Pada masa ini, permintaan minyak sawit di pasaran dunia memang sedang meningkat sejalan dengan makin berkembangnya bisnis industri di Eropa (Fauzi *et al.*, 2012).

2.2 Klasifikasi dan Morfologi

Klasifikasi tanaman kelapa sawit menurut Pahan (2008) sebagai berikut:

Divisi	: <i>Embryophita Siphonagama</i>
Kelas	: <i>Angiospermae</i>
Ordo	: <i>Monocotyledonae</i>
Famili	: <i>Aracaceae</i> (dahulu disebut <i>Palmae</i>)
Subfamili	: <i>Cocoideae</i>
Genus	: <i>Elaeis</i>
Species	: 1. <i>Elaeis guineensis</i> Jacq. 2. <i>E. oleifera</i> (H.BK.) Cortes 3. <i>E. odora</i>

Daun/Pelepah. Daun kelapa sawit (*frond*) memerlukan waktu 2 tahun untuk berkembang dan berproses dari inisiasi sampai menjadi daun dewasa pada pusat tajuk dan dapat berfotosintesis secara aktif sampai 2 tahun lagi. Daun kelapa sawit terdiri dari helaian (*lamina*) dan tulang anak daun. Terdapat 150-250 anak daun yang tersusun berjajar pada rachis dengan panjang 5-6,5 meter. *Rachis* adalah bagian poros daun sebagai tempat melekatnya lamina yang memiliki panjang 4-5 meter. Poros daun memiliki tangkai daun atau *petiole* dengan

panjang 1-1,5 meter yang diukur dari pangkal dekat batang sampai anak daun pertama pada duri rachis. *Lamina* memiliki panjang 70-100 cm dengan tulang daun (*midrib*) yang berada di tengahnya dengan lebar 3-5 cm. Kelapa sawit muda dapat menghasilkan daun sebanyak 20-30 pelepah setiap tahun, sementara itu untuk kelapa sawit yang telah berumur lebih dari 10 tahun menghasilkan rata-rata lebih dari 20 daun per tahun (Hapsoro & Yusnita, 2016).



Gambar 3. Daun kelapa sawit yang terdiri atas petiole, rachis, dan anak daun (Sumber: Buku referensi, Kultur jaringan untuk perbanyakan Klonal, 2016)

Dalam botani, tatak letak daun disebut dengan filotaksi. Filotaksi merupakan tata letak daun simetris secara radial mengarah ke arah luar. Daun nomor satu merupakan daun terbaru yang sudah membuka penuh, sedangkan daun yang masih terbungkus seludang disebut daun nol. Daun kedua muncul setelahnya, begitu seterusnya sehingga menunjukkan filotaksi simetris (Hapsoro dan Yusnita, 2016). Perkembangan dan menuanya daun kelapa sawit secara individual terjadi dalam arah *basipetal* (dari atas ke bawah). Pada daun nomor nol rachis sudah memanjang secara lengkap, sedangkan anak-anak daun sudah membuka semua (Pahan, 2008).

Batang. Batang kelapa sawit diselimuti oleh pangkal pelepah daun tua (petiole) sampai berumur sekitar 11-15 tahun. Sebagai penyangga kumpulan daun dan

buah, tinggi maksimum batang kelapa sawit yang ditanam di suatu perkebunan adalah 15 sampai 18 meter, sedangkan di alam dapat mencapai 30 meter. Pada tahun pertama atau kedua pertumbuhan batang kelapa sawit akan membesar pada bagian pangkal. Hal tersebut terjadi karena batang kelapa sawit terdiri dari serabut vaskular yang berfungsi untuk mendukung struktur dan transportasi nutrisi. Pada tahun-tahun awal, akumulasi serabut vaskular di bagian bawah batang lebih tinggi, memberikan kekuatan dan stabilitas, sehingga menyebabkan pembesaran di area tersebut (Wulandari dan Erwinsyah, 2020), dimana diameter batang tersebut dapat mencapai 60 cm. Setelah itu lama kelamaan batang akan mengecil, biasanya dengan bertambahnya umur batang hanya berdiameter 40 cm, namun pertumbuhan tingginya akan semakin cepat. Umumnya penambahan tinggi batang dapat mencapai 35-75 cm per tahun, tergantung keadaan lingkungan dan keragaman genetik (Pahan, 2008).

Batang memiliki 3 fungsi utama, yaitu sebagai struktur utama yang mendukung daun, bunga, dan buah. Kemudian, sebagai sistem pembuluh yang mengangkut air dan hara mineral dari akar ke atas serta menyalurkan hasil fotosintesis berupa fotosintat dari daun ke seluruh bagian organ tanaman. Kemungkinan berfungsi sebagai organ penimbun zat makanan (Pahan, 2008).

Akar. Sistem perakaran kelapa sawit merupakan sistem akar serabut, yang terdiri dari akar primer, sekunder, tersier, dan kuartener. Akar primer umumnya berdiameter 6-10 mm, yang keluar dari pangkal batang dan menyebar secara horisontal dan mengarah ke dalam tanah dengan sudut yang beragam. Akar primer bercabang membentuk akar sekunder yang memiliki diameter 2-4 mm. Kemudian, akar sekunder bercabang membentuk akar tersier yang berdiameter 0,7 – 1,2 mm yang akan bercabang lagi menjadi akar kuartener. Akar kuartener tidak memiliki kandungan lignin, panjangnya hanya 1-4 mm dengan diameter akar 0,1-0,3 mm. Akar kuartener ini yang biasanya diasumsikan sebagai akar absorpsi utama. Namun, dari akar tersier juga terdapat cabang akar yang panjangnya sampai 2 cm dengan diameter 0,2-0,8 mm yang disebut akar kuartener, namun akar tersebut biasanya sering disebut sebagai cabang akar tersier karena

mengandung lignin serta strukturnya lebih tebal dibanding dengan akar kuartener sendiri (Pahan, 2008)

Secara umum sistem perakaran kelapa sawit lebih banyak berada di sekitar permukaan tanah. Sebagaimana besar sebaran perakaran yang aktif berada pada kedalaman 5-35 cm. Tetapi pada keadaan tertentu perakaran kelapa sawit menjelajah lebih dalam. Umumnya akar tersier berada pada kedalaman 10-30 cm. secara umum akar sekunder dapat mencapai kedalaman 1,5 m, yaitu kedalaman maksimal dimana akar sekunder pernah ditemukan (Pahan, 2008). Pertumbuhan dan percabangan akar dapat terangsang apabila terdapat kandungan hara dalam tanah terutama hara N dan P yang cukup besar. Hal ini dilihat dari kerapatan akar yang tinggi pada daerah yang memiliki kandungan bahan organik seperti daerah gawangan, dimana daun-daun hasil pemangkasan ditumpuk dan mengalami dekomposisi.

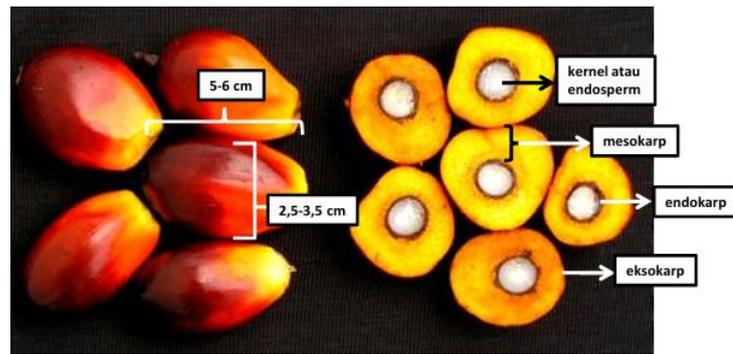
Akar kelapa sawit memiliki tiga fungsi utama, yakni dapat menunjang struktur batang di atas tanah, menyerap air dan unsur-unsur hara dari dalam tanah, sebagai salah satu alat respirasi (Pahan, 2008).

Bunga. Kelapa sawit merupakan tanaman *monoecious* (berumah satu), artinya bunga jantan dan bunga betina berada dalam rumah yang sama atau berada pada pohon yang sama, tetapi tidak pada tandan yang sama. Meskipun demikian terkadang terdapat bunga jantan dan bunga betina dalam satu tandan yang (*hermafrodit*). Bunga kelapa sawit berasal dari ketiak daun, sehingga tiap ketiak daun berpotensi menghasilkan bunga. Bunga kelapa sawit termasuk bunga majemuk karena terdiri atas kumpulan anak tangkai bunga atau *spikelet*, dimana spikelet tersebut tersusun dalam infloresen yang berbentuk spiral. Setiap bunga memiliki tangkai bunga tempat menempelnya *spikelet*. Umumnya dari pangkal rachis muncul sepasang daun pelindung (*spathes*) yang membungkus infloresen sampai menjelang terjadinya anthesis. Kemudian, dari rachis terbentuk struktur *triangular bract* yang akan membentuk tangkai bunga (*spikelet*) (Pahan, 2008).

Setiap ketiak daun potensial menjadi tempat munculnya primordia rangkaian bungayang dapat berkembang menjadi bunga jantan, bunga betina, atau hermafrodit. Rangkaian bunga jantan sendiri terdiri dari bulir (*spike*) silindris bunga jantan yang mengandung lebih dari 1.000 bunga jantan yang berwarna putih keabu-abuan. Bulir bunga jantan tersebut disangga oleh dasar bunga (*peduncle*) yang panjang. Bunga betina yang sudah diserbuki dan dibuahi lalu berkembang menjadi tandan buah. Perbedaan dari bunga jantan yakni terdapat selubung pelindung bunga dalam lempengan kayu (*woody spath*) yang terletak pada dasar petiole. Lempengan kayu tersebut akan terbuka ketika rangkaian bunga betina berkembang sehingga bunga-bunga betina terpapar keluar. Dalam satu rangkaian bunga terdapat kurang lebih 150 spike dan lebih dari 1500 individu bunga betina (Hapsoro dan Yusnita, 2016).

Dalam perkembangannya, bunga jantan kelapa sawit dalam satu rangkaian memiliki 100-250 *spikelet* yang beraroma pada saat antesis selama 2-4 hari. Bunga betina memiliki 100-200 *spikelet*, dimana setiap *spikelet* terdapat 15-20 bunga. Setelah dibuahi, bunga betina akan membentuk bakal buah. Waktu yang dibutuhkan dalam pembentukan bunga sampai masak adalah 5-6 bulan (Lembaga Pendidikan Perkebunan, 2016).

Buah. Buah kelapa sawit memiliki bentuk oval hampir bulat dengan panjang 5-6 cm, lebar 3-3,5 cm. Buah terdiri dari biji yang dikelilingi *mesocarp* berdaging dan kaya dengan minyak dan *exocarp* berupa kulit tipis pada bagian luar. Pada biji terdapat *endosperm* atau inti buah (kernel) yang kaya akan minyak dan *endokarp* atau tempurung yang keras (Gambar 4).



Gambar 4. Bagian-bagian buah kelapa sawit (Hapsoro dan Yusnita, 2016).



Gambar 5. Tipe buah kelapa sawit (a) dura; (b) pisifera; (c) tenera (Hapsoro dan Yusnita, 2016).

Berdasarkan (Gambar 5), dapat dilihat bahwa kelapa sawit memiliki tiga tipe buah yaitu *dura*, *pisifera*, dan *tenera*. Buah tipe *dura* memiliki *mesocarp* yang tipis dan *endocarp* yang tebal namun memiliki kernel yang besar. Tipe *pisifera* memiliki *mesocarp* yang tebal dan *endocarp* yang tipis. Selanjutnya adalah buah tipe *tenera* yang merupakan hasil persilangan dari buah tipe *dura* dan *pisifera*, tipe ini memiliki *mesocarp* yang cukup tebal, *endocarp* yang sedang dan kernel yang cukup besar, sehingga cocok untuk dikembangkan dan diproduksi secara massal (Hapsoro dan Yusnita, 2016)

2.3 Fase Generatif Kelapa Sawit

Fase generatif kelapa sawit dimulai dari kemunculan bunga dompet (bakal bunga) yang merupakan calon bunga dari tanaman kelapa sawit yang masih terbungkus seludang bunga, sehingga identitas kelamin bunga belum diketahui kemunculan bunga. Waktu yang diperlukan dari munculnya pelepah sampai munculnya bunga dompet adalah 218 hari. Selanjutnya adalah bunga pecah seludang, yang dapat menentukan identitas bunga apakah bunga jantan atau betina. Lama periode pembukaan seludang pada bunga betina adalah 54 hari sedangkan pada bunga jantan adalah 51 hari. Setelah diketahui jenis kelamin dari bunga, selanjutnya adalah fase bunga jantan anthesis. Periode sejak bunga pecah seludang sampai anthesis adalah 7 hari. Bunga betina reseptif adalah fase dimana bunga betina sudah siap untuk terjadinya polinasi. Waktu yang diperlukan sejak seludang bunga pecah hingga reseptif berkisar 21 hari. Fase bunga betina reseptif berlangsung selama 3 hari (Sujadi dan Supena, 2020).

Perkembangan tandan hingga panen dimulai dari bunga betina yang sudah melewati fase polinasi. Awalnya buah akan berbentuk seperti buah cengkeh yang berlangsung kurang lebih selama 14 hari. Rata-rata waktu yang diperlukan sejak proses penyerbukan hingga buah kemerahan adalah 118 hari. Sedangkan, rata-rata waktu yang dibutuhkan sejak bunga betina reseptif hingga siap panen adalah 147 hari. Jadi, total yang diperlukan kelapa sawit sejak kemunculan pelepah hingga tandan siap panen adalah 444 hari. Secara umum perkembangan bunga dan tandan kelapa sawit sejak munculnya pelepah ke-1 hingga siap panen membutuhkan waktu 454 hari (Sujadi dan Supena, 2020).

2.4 Syarat Tumbuh Tanaman Kelapa Sawit

Tanaman kelapa sawit dapat tumbuh dengan baik di daerah tropika basah kawasan khatulistiwa dengan posisi geografis antara 12° LU sampai dengan 12° LS. Kelapa sawit dapat tumbuh hingga pada lahan dengan elevasi (ketinggian tempat) 1.000 meter di atas permukaan laut (dpl). Pertumbuhan dan produktivitas kelapa

sawit akan tumbuh baik jika ditanam pada ketinggian antara 0-500 meter dpl. Pada ketinggian yang lebih dari 500 meter kelapa sawit dapat hidup namun pertumbuhan dan produksinya relatif rendah. Kemiringan dan ketinggian permukaan lahan akan mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangannya. Perkembangan sistem perakaran kelapa sawit akan baik pada kedalaman efektif tanah lebih dari 120 cm karena pada umumnya lahan dengan kemiringan curam memiliki kedalaman efektif yang dangkal (Sunarko, 2008). Jumlah curah hujan serta lamanya penyinaran matahari memiliki korelasi dengan banyak dan sedikitnya produksi kelapa sawit. Curah hujan yang baik pada perkebunan kelapa sawit berada pada kisaran 2.000-2.500 mm tahun⁻¹ dan tersebar rata sepanjang tahun. Jumlah penyinaran rata rata pada perkebunan kelapa sawit sebaiknya minimal 5 jam hari⁻¹. Tanaman kelapa sawit memerlukan suhu yang optimum antara 24-28°C dengan suhu minimum 18°C dan maksimum 32°C (Mangoensoekarjo, 2007).

2.5 Faktor Produksi Tanaman Kelapa Sawit

Dalam menghasilkan kualitas minyak yang baik maka diperlukan kualitas yang baik dari tandan buah segar atau TBS. Salah satu faktor yang menentukan kualitas TBS adalah nilai *fruit set*. *Fruit set* adalah perbandingan antara buah jadi terhadap keseluruhan bunga. Buah yang dikatakan jadi adalah buah yang memiliki *endosperm*. Ketika nilai *fruit set* tinggi, ada beberapa dampak positif yang dapat diamati pada hasil produksi kelapa sawit, seperti peningkatan berat tandan, kualitas dan ukuran tandan, ukuran buah, presentase kernel, mesokarp, dan minyak per tandan.

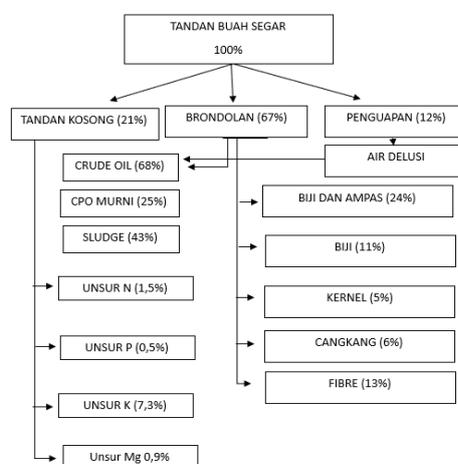
Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wiranda dan Banowati (2022), terdapat korelasi antara *fruit set* dan produksi kelapa sawit. Dengan meningkatnya nilai *fruit set* maka berat dan kualitas TBS akan meningkat. Semakin tinggi nilai *fruit set* maka berat tandan akan cenderung meningkat disebabkan oleh jumlah buah yang berkembang sempurna (buah jadi) pada tandan tersebut. Jika buah jadi cenderung meningkat dan berkembang penuh pada setiap

sipkelet dimungkinkan ukuran tandan akan semakin besar menyesuaikan banyaknya buah.

Meskipun tandan dengan nilai *fruit set* yang cukup tinggi menghasilkan tandan yang lebih berat, ukuran buah biasanya akan sedikit lebih kecil. Hal ini terjadi karena terbaginya nutrisi dan energi yang diserap oleh tanaman dibagi antara buah yang berkembang lainnya. Selain itu, ada beberapa faktor penentu berat tandan yang tidak hanya ditentukan oleh nilai *fruit set*, yakni jumlah spikelet, jumlah bunga per spikelet, berat masing-masing buah, dan tingkat penyerbukan. Semakin tinggi keberhasilan penyerbukan kemungkinan buah akan terbentuk lebih banyak, sehingga akan berkontribusi pada peningkatan berat tandan secara keseluruhan (Pratama, 2024).

2.6 Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

TKKS berasal dari produk padat kelapa sawit yang berasal yang bersumber dari hasil akhir proses pengolahan pada pabrik. Selain TKKS, terdapat produk lainnya seperti cangkang, tempurung, serabut atau serat, dan lumpur, serta bungkil (Gambar 6) (Bantacut dan Pasaribu, 2015).



Gambar 6. Hasil pengolahan tandan buah segar (Sarwono, 2008).

Dalam proses produksi, satu ton kelapa sawit dapat menghasilkan produk padat berupa tandan kosong sebesar 23% atau 230 kg. Tandan kosong menjadi produk dengan proporsi paling besar yang dihasilkan dari pengolahan TBS yang sudah melewati proses *tipper* dan *sterilizer*. Tandan kosong memiliki kandungan selulosa sebesar 41,3-46,5%, hemiselulosa 25,3-32,5% dan lignin sebesar 27,6-32,5% (Bantacut dan Pasaribu, 2015). Selain itu, TKKS adalah bahan pembenah tanah dan sumber hara bagi tanaman karena memiliki kandungan unsur hara 42,8% C, 2,90% K₂O, 0,80% N, 0,22% P₂O₅, 0,30% MgO, 10 ppm B, 23 ppm Cu, dan 51 ppm Zn (Susanto *et al.*, 2005)

Kandungan bahan organik dan unsur hara yang terdapat pada TKKS potensial dijadikan sebagai kompos dan diharapkan dapat memperbaiki sifat fisik, biologi dan kimia tanah. Kompos TKKS memiliki berbagai kandungan hara seperti 6,79% N-Total, 3,13% P₂O₅, 8,33% K₂O dengan pH 9,59 (Toiby *et al.*, 2015). Agung *et al.* (2019) menyatakan bahwa unsur hara yang terkandung dalam kompos TKKS yaitu N = 1,40%, P total = 0,96%, K = 0,41%, C-Organik = 19,81%, pH = 7,8, dan Rasio C/N 14,15. Hasil analisis kompos TKKS juga disampaikan oleh Suriadikarta (2004) yakni C-organik; 30,3 (sangat tinggi), pH; 8,06% (agak alkalis), N-total; 1,76% (sangat tinggi), P; 0,32% (sangat rendah), K; 2,63% (sangat tinggi), C/N; 17,28 (tinggi), dan total populasi mikroorganisme 4,44 x 10⁸ CFU/ gram.

Ada beberapa kemungkinan adanya perbedaan kandungan hara yang terdapat pada TKKS mentah dengan kompos TKKS. Adanya proses pengomposan, hasil akhir dari proses pengomposan TKKS adalah kompos yang telah matang, perubahan ini terjadi akibat aktivitas mikroorganisme yang menguraikan bahan organik dan mensintesis nutrient dalam bentuk yang lebih mudah diserap oleh tanaman. Adanya aktivitas mikroorganisme, seperti bakteri dan jamur berperan aktif dalam menguraikan bahan organik, aktivitas mereka dapat meningkatkan kandungan nutrient tertentu, sehingga membuat kompos memiliki profil nutrisi yang lebih kompleks daripada TKKS mentah.

2.7 Kegunaan Unsur Hara

Beberapa unsur hara yang penting bagi kelapa sawit, antara lain (Firmansyah, 2010):

a. Nitrogen (N)

Nitrogen pada tanaman berfungsi sebagai pembentukan protein, sintesis klorofil, pembentukan daun dan tubuh tanaman (vegetatif). Nitrogen yang cukup bagi tanaman akan meningkatkan jumlah pelepah pada kelapa sawit, seperti penelitian yang dilakukan oleh Shintarika (2015) yang menyatakan bahwa pemberian pupuk N pada TBM 1 dengan dosis 382 g per tanaman per tahun dapat meningkatkan lingkaran batang, tinggi, serta jumlah pelepah pada tanaman kelapa sawit. Gejala yang ditimbulkan apabila kekurangan unsur hara ini adalah daun yang berwarna hijau tua menjadi hijau muda, daun kurang berwarna yang ditandai dengan kuning sempurna (Putra dan Firmansyah, 2019).

b. Fosfor (P)

Fosfor merupakan bahan pembentuk inti sel dan dinding sel, mendorong pertumbuhan akar muda, pembentukan buah dan pemasakan biji. Gejala yang ditimbulkan apabila kekurangan unsur hara tersebut adalah batang tubuh tanaman meruncing, pelepah berwarna hijau kemerahan, bunga tidak terbentuk/apabila terbentuk akan membusuk, daun gulma di sekitar tanaman akan berwarna ungu (Putra dan Firmansyah, 2019). Perlakuan pupuk fosfor memberikan pengaruh yang nyata terhadap pertambahan jumlah daun dan pertambahan diameter batang bibit kelapa sawit pada dosis 2,5 g/polybag (Purwati, 2013).

c. Kalium (K)

Unsur kalium berperan dalam pertumbuhan dan produksi tanaman kelapa sawit. unsur ini diperlukan dalam jumlah banyak karena memengaruhi kuantitas dan kualitas tandan dan resistensi terhadap penyakit dan stress kekeringan. Unsur K mengatur fungsi stomata pada daun, dan berperan penting dalam penyerapan fotosintesis, aktivasi enzim dan sintesis minyak. Gejala defisiensi kalium terjadi di daun tua seperti munculnya bercak transparan pada daun, dan kemudian daun

mengering, defisiensi bisa menyebabkan pertumbuhan tidak berkembang dengan baik serta penurunan produksi (Putra dan Firmansyah, 2019).

d. Magnesium (Mg)

Magnesium berperan dalam respirasi tanaman maupun pengaktifan enzim dan sebagai bahan pembentuk klorofil. Kekurangan Mg akan mengakibatkan daun mengalami klorosis dan berwarna hijau segar, kemudian menjadi kekuningan pucat, warna klorosis (kuning) timbul pada tulang tulang daun dan pelepah, kemudian daun akan mengering seperti terbakar dan langsung layu (Putra dan Firmansyah, 2019). Pemberian pupuk Mg dengan dosis 58 g per tanaman pada bibit kelapa sawit memberikan pengaruh yang nyata terhadap tinggi dan diameter batang tanaman (Ningsih *et al.*, 2015).

Perhitungan untuk konversi hara ke pupuk yang biasa digunakan pada kelapa sawit menurut Firmansyah (2010) adalah sebagai berikut:

a. Perhitungan untuk konversi N ke pupuk Urea

Jika TKKS memiliki kadar N = 0,80% untuk diubah ke Urea (46%), maka 100 kg TKKS mengandung $100 \times (0,80/100) = 0,80$ kg N atau setara $0,80 \times (100/46) = 1,74$ kg Urea.

b. Perhitungan untuk konversi P ke pupuk SP-36

Jika TKKS memiliki kadar $P_2O_5 = 0,22\%$ maka 100 kg TKKS mengandung $100 \times (0,22/100) = 0,22$ kg P_2O_5 atau setara dengan $0,22 \times (100/36) = 0,61$ kg SP-36.

c. Perhitungan untuk konversi K ke pupuk KCl

Jika TKKS mengandung 2,90% K_2O maka 100 kg TKKS terdapat $100 \times (2,90/100) = 2,9$ kg K_2O atau setara dengan $2,9 \times (100/60) = 4,83$ kg KCl

2.8 Fruit Set

Fruit set (tatanan buah) merupakan istilah yang digunakan dalam bidang kelapa sawit untuk menggambarkan perbandingan/ rasio buah yang jadi terhadap keseluruhan buah pada suatu tandan termasuk buah yang partenokarpi. Perbedaan buah jadi yaitu memiliki kernel atau inti buah sedangkan buah tidak jadi yakni buah yang tidak memiliki kernel. Buah jadi umumnya berkembang dan mempunyai daging buah (*mesokarp*) yang mengandung minyak (Wahyuni, 2007).

Fruit set bertujuan untuk mengetahui presentase bunga betina yang menjadi buah sempurna dalam satu tandan buah segar. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wiranda dan Banowati (2022), *fruit set* suatu tandan yang ideal adalah 80%, artinya dalam satu tandan tersebut presentasi buah yang jadi adalah 80% sedangkan buah partenokarpi dan buah tidak jadi adalah 20%. Angka tersebut dapat dijadikan acuan oleh beberapa peneliti, intinya adalah semakin tinggi presentase nilai *fruit set* maka semakin baik juga kualitas, berat, dan ukuran tandan buah yang dihasilkan.

Permasalahan *fruit set* erat kaitanya dengan keberhasilan penyerbukan pada bunga kelapa sawit, karena proses penyerbukan yang berjalan baik dapat menghasilkan buah dengan nilai *fruit set* tinggi. Faktor yang memengaruhi penurunan efisiensi penyerbukan diantaranya adalah populasi serangga penyerbuk (kumbang *Elaeidobius kamerunicus*) serta ketersediaan bunga kelapa sawit. Semakin tinggi populasi kumbang penyerbuk maka dapat meningkatkan nilai *fruit set* kelapa sawit, dengan semakin banyak kumbang yang berkunjung ke bunga betina mekar, maka semakin tinggi nilai *fruit set* kelapa sawit yang dihasilkan (Prasetyo *et al.*, 2016).

Faktor lainnya yang dapat memengaruhi keberhasilan penyerbukan adalah curah hujan. Curah hujan dapat memengaruhi agresivitas dari serangga penyerbuk serta kualitas serbuk sari, karena curah hujan yang tinggi dapat menyebabkan serbuk sari menggumpal, sehingga mengurangi efektivitas penyerbukan dan pada

akhirnya dapat menurunkan nilai *fruit set* (Wiranda dan Banowati, 2022). Faktor selanjutnya adalah produksi polen dari bunga jantan, tanaman dengan kondisi sehat dapat menghasilkan polen lebih banyak, sehingga dapat meningkatkan peluang berhasilnya proses penyerbukan. Selain itu, ketersediaan nutrisi dan hara tanah dapat mendukung pertumbuhan dan aktivitas biologi tanaman, termasuk penyerbukan. Hal tersebut dapat terjadi karena kualitas tanah yang subur dengan ketersediaan nutrisi yang lengkap dapat mendukung tanaman yang sehat sehingga dapat menghasilkan polen lebih banyak (Susanto *et al.*, 2020).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di lahan produksi tanaman kelapa sawit Kebun Bekri, PTPN 4 Regional 7 yang merupakan salah satu perusahaan BUMN (Badan Usaha Milik Negara) yang berlokasi di Kecamatan Bekri, Kabupaten Lampung Tengah, Lampung. Penelitian ini dimulai pada Oktober 2023 sampai Februari 2024.

3.1.1 Gambaran Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Blok 1138 dengan luas 15,6 hektar yang sudah ditanami kelapa sawit varietas PPKS pada tahun tanam 2001, sehingga saat ini tanaman berusia 22 tahun. Blok tersebut sudah tidak diaplikasikan pupuk anorganik sejak tahun 2022. Maka dari itu perusahaan menggalakan pengaplikasian pupuk organik yang berasal dari TKKS yang bertujuan sebagai pemenuhan hara tambahan pada tanaman kelapa sawit. Lokasi ini memberikan kondisi yang ideal untuk membandingkan pengaruh aplikasi TKKS terhadap performa tanaman kelapa sawit pada umur yang sama dan varietas yang seragam.

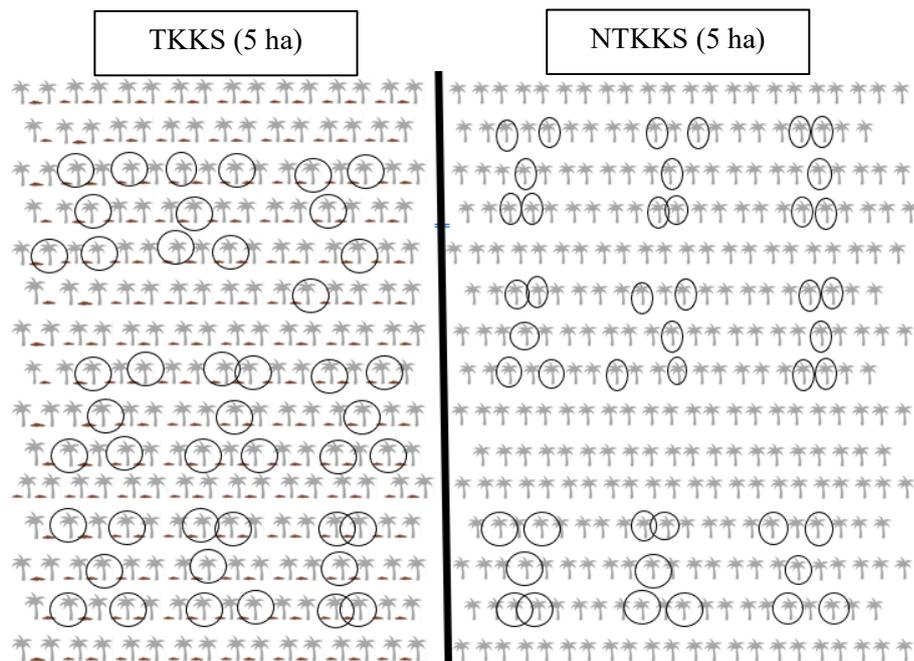
3.2 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah tanaman kelapa sawit umur 22 tahun tahun tanam 2001 (DXP, PPKS) dan TKKS yang telah teraplikasi.

Alat-alat yang digunakan dalam melakukan penelitian ini yaitu meteran, timbangan digital (kapasitas 50 kg), timbangan digital (kapasitas 1.000 g), kapak, pipa egrek, cat air, plastik bening, karung plastik, gancu, *cutter*, cangkul, ember, kamera, mistar, kertas blanko pengamatan dan alat tulis.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode survei deskriptif dengan rancangan faktor tunggal. Faktor tunggal yang diuji adalah pemberian TKKS, yang dibagi menjadi dua perlakuan yakni lokasi yang diberikan TKKS dengan lokasi yang tidak diberi TKKS (NTKKS). Penelitian dilakukan dengan membandingkan data yang diperoleh dari kedua lokasi. Kedua lokasi tersebut berasal dari Blok 1138 dengan luas 15,6 Ha. Namun, untuk keperluan penelitian ditentukan 5 Ha luas lahan dengan aplikasi TKKS dan 5 Ha tanpa aplikasi TKKS. Masing-masing lokasi tersebut ditentukan 9 titik sampel menggunakan metode *purposive sampling*. Pada setiap titik sampel terdapat 5 pohon, sehingga jumlah keseluruhan sampel berjumlah 45 pohon (Gambar 8).



Gambar 7. Tata letak pengambilan titik sampel.

3.4 Waktu dan Mekanisme Pemberian TKKS

Pemberian TKKS dilaksanakan pada bulan Mei 2023 sesuai dengan ketentuan perusahaan yang berlaku. Mekanisme pemberian TKKS dilakukan dengan meletakkan bahan organik tersebut di atas permukaan tanah yang dilakukan oleh para pekerja khusus dalam mengangkut TKKS dengan menggunakan alat angkut angkong. Dosis TKKS yang diberikan adalah 430 ton ha⁻¹ tanpa melalui proses pengomposan terlebih dahulu, hal ini dikarenakan perusahaan tersebut belum memiliki tempat khusus dalam pengomposan karena beberapa hal yang perlu dipertimbangkan. Maka, Kebun Bekri tetap memberikan TKKS secara langsung di lahan perkebunan (Gambar 7) terutama pada lahan yang sudah tidak diaplikasikan pupuk anorganik.



Gambar 8. Sebaran tandan kosong kelapa sawit di Blok 1138 Kebun Bekri

Luas areal Kebun Bekri yang diberi TKKS adalah 480 ha yakni tersebar dari berbagai tahun tanam yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sebaran Pemberian TKKS

No	Tahun Tanam	Aplikasi TKKS (ha)
1	2000	106
2	2001	15
3	2002	61
4	2003	21
5	2004	100
6	2005	40
7	2010	81
8	2011	56

Sumber: Data Pemeliharaan Afdeling IV (2024)

3.5 Variabel Pengamatan

3.5.1 Komponen Pertumbuhan

3.5.1.1 Tinggi Pohon

Pengukuran tinggi tanaman kelapa sawit dilakukan menggunakan pipa egrek dan alat ukur berupa meteran yang diukur pada pohon kelapa sawit 7 bulan setelah aplikasi (BSA). Merujuk dari mekanisme pengukuran tinggi pohon kelapa sawit oleh (Pusat Penelitian Kelapa Sawit) atau PPKS, yaitu pada tahap TM pengukuran dapat dilakukan dengan meletakkan ujung pipa egrek di atas permukaan tanah sampai ke duri rudimeter pada pelepah ke 17. Langkah selanjutnya adalah mengukur pipa tersebut menggunakan meteran untuk memastikan berapa tinggi pohon kelapa sawit (Gambar 9).



Gambar 9. Ilustrasi pengukuran tinggi pohon kelapa sawit.

Untuk keperluan pengukuran data panjang *petiole* dan panjang *rachis*, diambil pelepah ke-17 karena dianggap representatif dalam analisis pertumbuhan. Selanjutnya, pelepah tersebut dipotong dan diukur menggunakan alat ukur meteran guna memperoleh data yang akurat dan konsisten.

3.5.1.2 Panjang *Petiole*

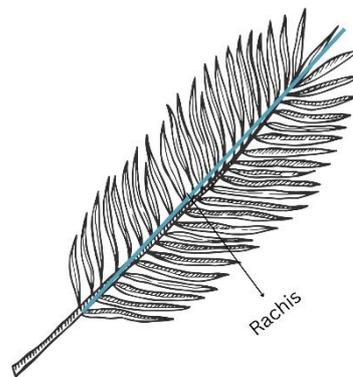
Panjang *petiole* diukur mulai dari pangkal potong pelepah hingga batas duri pertama daun *rachis* menggunakan meteran yang diukur pada pelepah kelapa sawit 7 BSA (Gambar 10).



Gambar 10. Posisi *petiole* pada pelepah.

3.5.1.3 Panjang *Rachis*

Panjang rachis diukur dengan mengukur panjang pelepah mulai dari duri *rachis* pertama sampai ujung daun pelepah kelapa sawit 7 BSA TKKS menggunakan pita ukur dengan merentangkan pelepah sejajar dengan tanah (Gambar 11).



Gambar 11. Posisi *rachis* pada pelepah.

3.5.1.4 Jumlah Pelepah

Jumlah pelepah ditentukan berdasarkan perhitungan susunan pelepah yang berwarna hijau dan sehat pada 7 BSA. Perhitungan pelepah dimulai dari pelepah yang membuka penuh yang dapat dicirikan dengan terlihatnya duri *rachis*. Perhitungan jumlah pelepah dihitung berdasarkan $1/8$ yang artinya setiap satu kali putaran terdapat 8 pelepah. Putaran pelepah dapat mengarah ke kanan dan ke kiri. Dalam satu putaran terdiri dari 8 pelepah dan untuk menghitung pelepah selanjutnya (putaran yang berada di bawahnya) apabila posisi duduk daun berada di bawah pas duduk daun putaran maka dapat di tambah 8 pelepah. Namun jika terdapat pelepah yang duduk daunnya berada di sebelah kiri sedangkan putaran sebelumnya mengarah ke kanan maka jumlahnya ditambah 5 pelepah. Selanjutnya, jika terdapat pelepah yang posisi duduk daunnya berada di sebelah kanan dari putaran yang mengarah ke kanan sebelumnya maka ditambah 3 pelepah, sebaliknya yakni ketika putaran duduk pelepah mengarah ke kiri.

3.5.1.5 Persebaran Akar

Pengambilan sampel akar berasal dari 3 pohon sampel pada area yang berbeda (pinggir, tengah, dan ujung jalan) yang dipilih untuk menggambarkan variasi lokasi. Akar dipilih dari lokasi strategis untuk mencerminkan variasi lingkungan. Lokasi pengambilan sampel akar berjarak 4 m dari pohon kelapa sawit. Persebaran akar dihitung berdasarkan bobot segar akar per volume galian tanah pada 7 BSA. Volume tanah dibuat dengan ukuran 20 x 20 x 20 cm pada tanah yang diberi TKKS dengan yang tidak diberi TKKS.

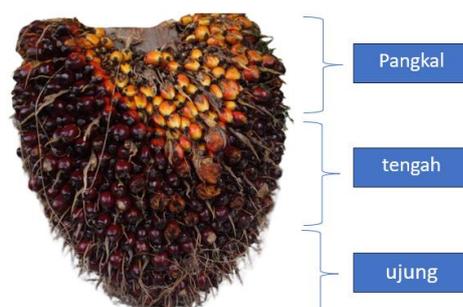
Tanah hasil galian yang menjadi sampel diambil dan diletakkan di dalam plastik kemudian diberi keterangan sesuai lokasi pengambilan sampel. Sampel tersebut kemudian dicuci menggunakan air mengalir untuk memisahkan akar dengan tanah. Setelah itu akar tersebut di dikering-anginkan menggunakan *tissue* dan diletakkan di teras selama satu jam. Hal ini dilakukan untuk mengurangi kadar air yang terdapat pada akar, lalu akar tersebut ditimbang bobot segarnya menggunakan timbangan digital (kapasitas 1.000 g) (Gambar 12).



Gambar 12. Penentuan data persebaran akar(a) pengambilan sampel akar; (b) akar yang sudah dibersihkan; (c) penimbangan akar.

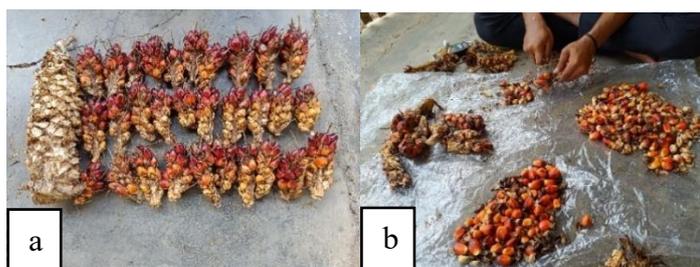
3.5.2 Komponen *Fruit Set*

Sampel dalam pengukuran komponen *fruit set* diambil dari 3 TBS yang dipilih secara acak dari 45 pohon sampel. Setiap TBS terdiri dari spikelet-spikelet yang posisinya terbagi dalam 3 bagian, yakni bagian pangkal (*proximal*), tengah (*sentral*), ujung (*distal*) pada Gambar 13.



Gambar 13. Tiga bagian pada tandan buah segar.

Masing-masing bagian spikelet tersebut diambil sebanyak 10 spikelet sampel. Selanjutnya buah dipisahkan dari masing-masing spikelet sampel menggunakan *cutter*. Setelah buah didapatkan, selanjutnya dihitung jumlah buah jadi, buah partenokarpi, dan buah tidak jadi. Kemudian dari data sampel tersebut nantinya akan dikalikan dengan total spikelet pada TBS berdasarkan masing-masing bagian (Gambar 14).



Gambar 14. Penentuan bagian buah (a) pengambilan sampel spikelet; (b) pemisahan buah dari spikelet.

3.5.2.1 Perhitungan Jumlah Buah Jadi

Buah jadi adalah buah pada TBS yang memiliki komponen lengkap dalam satu butir, yaitu memiliki *mesokarp*, *endokarp*, dan *endosperm*. Buah ini terbentuk melalui proses fertilisasi saat penyerbukan. Setelah semua buah dipisahkan dari tangkai spikelet, langkah berikutnya adalah memisahkan buah jadi, kemudian menghitung jumlah keseluruhan buah jadi dari sampel spikelet (Gambar 15).



Gambar 15. Perhitungan jumlah buah jadi.

3.5.2.2 Perhitungan Jumlah Buah Partenokarpi

Buah partenokarpi atau buah tidak sempurna disebabkan karena penyerbukan tidak sempurna atau tidak dapat dilakukan karena posisi buah yang terjepit oleh pelepah, sehingga menghasilkan buah dengan kandungan minyak yang rendah serta tidak memiliki cangkang dan *endosperm* (Lukito dan Sudrajat, 2017). Setelah semua buah dipisahkan dari tangkai spikelet, langkah berikutnya adalah memisahkan buah partenokarpi, lalu menghitung jumlah keseluruhan buah (Gambar 16).



Gambar 16. Perhitungan jumlah buah partenokarpi.

3.5.2.3 Perhitungan Jumlah Buah Tidak Jadi

Buah tidak jadi adalah bunga yang kemungkinan tidak terserbuki sehingga bunga tersebut tidak berkembang menjadi buah namun masih menempel pada tangkai tandan. Pada umumnya posisi buah tersebut terletak di pangkal TBS yang posisinya terjepit pada bagian dalam pelepah dan biasanya pada bagian dalam terjepit antara buah. Setelah semua buah terpisah dari tangkai spikelet, selanjutnya adalah memisahkan buah partenokarpi dan menghitung keseluruhan buah (Gambar 17).



Gambar 17. Perhitungan jumlah buah tidak jadi.

3.5.2.4 Perhitungan Nilai *Fruit Set*

Fruit set (tatanan buah) adalah istilah yang sering digunakan dalam bidang kelapa sawit yang menggambarkan perbandingan buah jadi (hasil dari penyerbukan) terhadap keseluruhan buah (buah jadi, buah partenokarpi, dan buah tak jadi) pada TBS. Rumus menghitung nilai *fruit set* per spikelet adalah sebagai berikut:

$$\textit{fruit set} = \text{buah jadi} : \text{total keseluruhan buah} \times 100\%$$

3.5.3 Bobot Tandan Kelapa Sawit

Perhitungan bobot kelapa sawit dilakukan dengan membandingkan rata-rata bobot dari 3 TBS yang dipilih secara acak dari 45 pohon sampel, di 3 bulan terakhir pengamatan yaitu bulan ke-5, ke-6, dan ke-7 BSA atau pada bulan Oktober, November, dan Desember di 2023.

3.6 Analisis Data

Analisis yang digunakan adalah uji *Independent Sampel t-test*, yang dalam hal ini menggunakan bantuan perangkat lunak *microsoft excel* pada data *analysis* yakni dengan pengujian t-Test: *Two-Sample Assuming Equal Variances* untuk data yang sudah homogen.

Kriteria uji:

Jika nilai signifikansi atau sig. P (2-tailed) > 0,05 maka H_0 diterima dan H_1 ditolak (artinya tidak berbeda nyata), sedangkan jika nilai signifikansi atau sig. P(2-tailed) < 0,05 maka H_0 ditolak dan H_1 diterima (berbeda nyata) (Khasanah *et al.*, 2020).

Variabel yang dilakukan pengujian hipotesis menggunakan **uji *Independent Sampel t-test*** adalah variabel tinggi tanaman, jumlah pelepah, panjang *rachis*, panjang *petiole*. Sementara itu, untuk variabel sebaran akar, komponen *fruit set*, dan komponen hasil (bobot) kelapa sawit **dianalisis secara deskriptif menggunakan nilai rata-rata \pm standar deviasi** untuk mengetahui seberapa dekat data dari sampel statistik dengan rata-rata data tersebut. Semakin rendah nilai standar deviasi, maka semakin mendekati rata-rata, sedangkan semakin tinggi nilai standar deviasi artinya akan semakin lebar rentang variasi datanya.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

Aplikasi tandan kosong kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) belum dapat meningkatkan produksi tandan buah segar melalui perbaikan nilai *fruit set*.

Banyaknya jumlah buah tidak jadi menyebabkan total keseluruhan buah pada TBS juga meningkat sehingga menyebabkan nilai *fruit set* pada perlakuan TKKS lebih rendah dari perlakuan NTKKS.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan penulis menyarankan, sebagai berikut:

1. Sebelum TKKS diaplikasikan ke lahan, sebaiknya dapat dilakukan pengomposan terlebih dahulu dengan memberikan bioaktivator.
2. Sebaiknya jika ingin diaplikasikan secara langsung di lahan, pada tahun pertama pasca aplikasi TKKS dapat dikombinasikan dengan tambahan pupuk anorganik.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, A. K., Adiprasetyo, T. A. dan Hermansyah, H. 2019. Penggunaan kompos tandan kosong kelapa sawit sebagai substitusi pupuk NPK dalam pembibitan awal kelapa sawit. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 21(2): 75-81.
- Ariyanti, M., Maxiselly, Y., Rosniawaty, S. dan Indrawan, R.A. 2019. Pertumbuhan kelapa sawit belum menghasilkan dengan pemberian pupuk organik asal pelepah kelapa sawit dan asam humat. *J. Pen. Kelapa Sawit*, 27(2): 71-82.
- Asmawati, Ahmad dan Kafrawi. 2019. Populasi kumbang penyerbuk *Elaeidobius kamerunicus* Faust. pada tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq). *Agroplanta*. 8(2): 33-41.
- Badan Pusat Statistik Indonesia. 2023. *Statistik Kelapa Sawit Indonesia* tahun 2023. Jakarta.
- Bantacut, T. dan Pasaribu, H. 2015. Aliran tertutup massa dan potensi mandiri energi pada produksi cpo closed mass flows and energy self sufficiency in cpo production. *In Hermaslin Pasaribu J Tek Ind Pert*. 25(3): 215-226.
- BPS. Provinsi Lampung Dalam Angka. 2023. *Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung*. Bandar Lampung.
- Bata, Y., Rahayu, E. dan Andayani, N. 2016. Produktivitas kelapa sawit yang dipupuk dengan tandan kosong kelapa sawit. *Jurnal Agromast*. 1(2): 1-12.
- Darmosarkoro, W., Sutarta, E. S. dan Erwinsyah. 2000. Pengaruh kompos tandan kosong sawit terhadap sifat tanah dan pertumbuhan tanaman. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*. 8(2): 107-122.
- Edy. S. H. 2008. *Pembibitan Kelapa Sawit*. Medan. Pusat Penelitian Kelapa Sawit.
- Fauzi, Y. 2012. *Kelapa Sawit, Edisi Revisi*. Penebar Swadanya. Jakarta.

- Firmansyah, M. A. 2010. *Teknik Pembuatan Kompos*. Pelatihan petani plasma kelapa Sawit. *BPTP*. Kalteng.
- Ginting, C dan Panjaitan, M. 2018. Perkembangan *fruit set* tandan kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dengan perlakuan berbagai formula hara. *AGROISTA Jurnal Agroteknologi*. 2(1): 41-51.
- Halim, H. 1986. Perbaikan tanah gambut pedala dan melalui peningkatan kejenuhan basa untuk budidaya tanaman kedelai. *Dalam Prosiding Seminar Tanah Gambut untuk Perluasan Pertanian*: 80-103.
- Halim, M., E. Wahyudi, dan I. A. Putra. 2019. Pemberian pupuk NPK dan kompos tandan kosong kelapa sawit pada pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di pembibitan awal. *Jurnal Agroteknologi dan Perkebunan*, 2 (1), 9-12.
- Hapsoro, D. dan Yusnita. 2016. *Kultur Jaringan Untuk Perbanyakan Klonal Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.)*. Aura. Bandar Lampung.
- Harahap, A. F., Hidayat, M. dan Suhanan. 2022. Pemanfaatan TKKS sebagai mulsa di perkebunan kelapa sawit milik masyarakat (Studi kasus Desa Simardona Padanglawas Utara, Sumatera Utara). *Tesis*. Universitas Gajah Mada.
- Harahap, Y. A., Hasibuan, K., Dalimunthe, W. S. dan Hasibuan, A. 2023. Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit sebagai salah satu alternatif pupuk organik di PTPN III Labuhanbatu Selatan. *Formosa Journal of Science and Technology (FJST)*. 2(7): 1667-1676.
- Hasibuan, B.E. 2006. *Ilmu Tanah*. USU pers. Medan.
- Kheong, K.V., Rahman, Z. A., Musa, M.H. dan Hussein, A. 2009. Penyerapan nutrisi oleh akar utama kelapa sawit yang terkena aplikasi TKKS. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*. 22: 711-720.
- Lakitan, B. 1993. *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*, PT Raja Gafindo Persada, Jakarta: 63-71.
- Lawenga, F.F., Hasanah, U. dan Widjajanto, D. 2015. Pengaruh pemberian pupuk organik terhadap sifat fisika tanah dan hasil tanaman tomat. *E-J. Agrotekbis* 3(5): 564-570.
- Lembaga Pendidikan Perkebunan. 2016. *Buku Pintar Mandor (BPM) Seri Budaya Tanaman Kelapa Sawit*. LPP Press. Yogyakarta.
- Lubis, A.U. 1992. *Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.) di Indonesia*. Pusat penelitian pekebunan mariat. Bandar Kuala Pematang Siantar.

- Lukito, A. P dan Sudrajat. 2017. Pengaruh kerusakan buah terhadap kandungan free fatty acid dan rendemen CPO di Kebun Talisayan 1 Berau. *Bul. Agrohorti*. 5(1): 37-44.
- Mangoensoekarjo, S. 2007. *Manajemen Tanah dan Pemupukan Budidaya Perkebunan*. Yogyakarta. Gajah Mada University Press.
- Manik, J.P. 2018. Pengaruh pupuk organik dan anorganik terhadap pertumbuhan gulma dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max L.*) tanpa olah tanah. *Skripsi*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Mardesci, H. 2015. Evaluasi kesesuaian cacahan tandan kosong sawit untuk proses dan hasil pengomposan dengan pemberian bioaktifator orgadec. *Jurnal Teknik pertanian*. 4(2): 18-29.
- Ningsih, E.P., Sudrajat. dan Supijatno. 2015. Optimasi dosis pupuk kalsium dan magnesium pada bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq.*) di pembibitan utama. *J. Agronomi Indonesia*. 43(1): 81-88.
- Nuryanto, E., Wirjosentono, B., Herawan, T. dan Agusnar, H. 2013. Ekstraksi dan karakterisasi selulosa dari tandan kosong kelapa sawit serta pemanfaatannya untuk produksi selulosa asetat. *J. Pen. Kelapa Sawit*. 21(1):40-48.
- Pahan, I. 2008. *Panduan Lengkap Kelapa Sawit. Penebar Swadaya*. Jakarta.
- Panggabean, S.M. dan Purnomo. 2017. Manajemen pemupukan tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq.*) di pelatihan agro estate. Kalimantan Tengah management of oil palm fertilization in pelantaran agro estate, center kalimantan. *Bul. Agrohorti*. 5(3): 316-324.
- Panjaitan, Y.B.A. 2018. Laju komposisi residu kelapa sawit dalam rorak di perkebunan kelapa sawit. *Skripsi*. Malang.
- Peraturan Menteri Pertanian No. 70/Permentan/57.140/10/2011 *Tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenh tanah*.
- Prasetyo, A.E., Zainudin, A. dan Harsanto, W.A. 2012. *Evaluasi Buah Partenokarpi pada Tanaman Muda Kelapa Sawit di PT Graha Inti Jaya*. Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan.
- Prasetyo, A.E., Zainudin, A. dan Susanto, A. 2016. Perkembangan populasi *Elaeidobius kamerunicus* faust pasca introduksi dan peningkatan *fruit set* kelapa sawit di Pulau Seram, Maluku, Indonesia. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*. 24(1): 47-55.
- Pratama, B. D. 2024. Peningkatan *fruit set* kelapa sawit dengan metode hatch and carry mobile dengan perlakuan tingkat kemasakan bunga yang berbeda. *Skripsi*. Institut Pertanian Yogyakarta.

- Prayitno, S., Indradewa, D. dan Sunarminto, B. H. 2008. Produktivitas kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) yang dipupuk dengan tandan tosong dan limbah cair pabrik kelapa sawit. *Jurnal Ilmu Pertanian*. 15(1): 37-48.
- Purwati, M. S. 2013. Respon pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) terhadap pemberian dolomit dan pupuk fosfor. *ZIRAA'AH*. 36(1): 25-31.
- Putra, D. P. dan Firmansyah, E. 2019. Program pakar untuk defisiensi kelapa sawit. *AGORISTA Jurnal Agroteknologi*. 3(1):11-17.
- Putra, R.T. 2022. Analisis pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit untuk meminimalisir penggunaan pupuk kimia di PTPN II. *Jurnal Ilmu Bidang Sosial, Ekonomi, Budaya, Teknologi, dan Pendidikan*. 1(8):1543-1548.
- Risza, S. 2000. *Kelapa Sawit Upaya Peningkatan Produktivitas*. Kanisius. Yogyakarta.
- Santi, A., Rahayuni, T. dan Santoso, E. 2018. Pengaruh kompos tandan kosong kelapa sawit terhadap pertumbuhan dan hasil lobak pada tanah aluvial. *Jurnal Perkebunan dan lahan Tropika*. 8 (1): 29-33.
- Sarwono, E. 2008. Pemanfaatan janjang kosong kelapa sawit sebagai substitusi pupuk tanaman kelapa sawit. *Jurnal Aplika*. 8(1): 19-23.
- Sastrosayono, S. 2003. *Budidaya Kelapa Sawit*. Agomedia Pustaka. Jakarta.
- Shintarika, F. 2015. Optimasi dosis pupuk nitrogen dan fosfor pada tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) belum menghasilkan umur satu tahun. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 43(3): 250-256.
- Siahaan, M. M., Pamin. K. dan Adiwiganda, R. 1997. Pengaruh aplikasi tandan kosong sawit sebagai mulsa terhadap produksi tanaman kelapa sawit. *Prosiding Pertemuan Teknis Kelapa Sawit*: 16-40.
- Singh, G., Manoharan, S. dan Toh, T. S. 1990. United plantation's approach to palm oil mill by product management and utilisation. proceedings of 1989 international palm oil development conference. *Palm Oil Research Institute of Malaysia*, Kuala Lumpur: 225-234 pp.
- Sopian, A., Zainudin. dan Azwar, F. 2020. Efektivitas urea dan Em4 terhadap dekomposisi tandan kosong kelapa sawit dan aplikasinya pada tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Jurnal Agroteknologi Tropika Lembab*. 3 (1): 1-5.
- Suhartati, 2008, Aplikasi inokulum EM4 dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan bibit sengon (*Paraserianthes falcataria* L.). *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. 5(1): 55-65.

- Sujadi dan Supena, N. 2020. Tahap perkembangan bunga dan buah tanaman kelapa sawit. *Warta PPKS*. 25(2): 64-71.
- Sukmawan, Y. dan Riniarti, D. 2020. Respon pertumbuhan bibit kelapa sawit akibat pengaturan bobot mulsa tandan kosong dan frekuensi penyiraman. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*. 28(3): 159-168.
- Sunarko. 2008. *Petunjuk Praktis Budidaya dan Pengolahan Kelapa Sawit*. Jakarta: Kanisius.
- Susanto, A., Prasetyo, E., Fahroidayanti., Lubis, A. F. dan Pongoran, A. P. 2005. Viabilitas bioaktivator jamur *Trichoderma koningi* kering pada media tandan kosong kelapa sawit. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*. 13(1): 25-33.
- Susanto, A., Prasetyo, E. A. dan Pratama, H. 2020. Hubungan kesehatan tanaman terhadap penyerbukan kelapa sawit. *Warta PPKS*. 25(2): 92-100.
- Toiby, A. R., Rahmadani, E. dan Oksana. 2015. Perubahan sifat kimia tandan kosong kelapa sawit yang di fermentasi dengan EM4 pada dosis dan lama pemeraman yang berbeda. *Jurnal Agroteknologi*. 6(1): 1-8.
- Tim penulis. 1992. *Buku Kelapa Sawit*. PT Penebar Swadaya, anggota IKAPI. Jakarta.
- Wahyuni. M. 2007. Botani Dan Morfologi Kelapa Sawit. *Bahan Ajar Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Agobisnis Pertanian*. Medan.
- Wiranda, M.A. dan Banowati, G. 2022. Kajian pembentukan fruit set kelapa sawit pada lahan gambut dan pasiran. *Jurnal Pengelolaan Perkebunan*. 3(2): 54-61.
- Wulandari, A dan Erwinsyah. 2020. Analisis sebaran serabut vaskuler dan sifat fisis batang kelapa sawit varietas DXP pada berbagai zona dan ketinggian batang. *J. Pen. Kelapa Sawit*. 28(1): 1-14.
- Yohansyah, W.M. dan Lubis, I. 2014. Analisis produksi kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di PT. Perdana Inti Sawit Perkasa I, Riau. *Bul. Agrohorti*. 2 (1): 125-131.