I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemupukan di perkebunan kelapa sawit merupakan salah satu aspek sangat penting dalam pengelolaan Tanaman Menghasilkan (TM), sebab biaya yang dibutuhkan sangat besar sekitar 50-70% dari total biaya pemeliharaan TM, sehingga pengelolaan perkebunan penting memastikan ketepatan jenis dan kualitas pupuk (Syarovy *et al.,* 2025). Hingga saat ini, pemupukan di perkebunan kelapa sawit masih didominasi dengan penggunaan jenis pupuk anorganik (Priambodo dan Erdiansyah*,* 2024). Penggunaan pupuk anorganik bila tidak terkontrol, dapat mengakibatkan kerusakan sifat-sifat tanah seperti sifat fisika, kimia, dan biologi tanah (Subardja *et al.,* 2020). Kondisi ini juga akan mempengaruhi fungsi tanah sebagai lingkungan tempat tumbuh tanaman dan berpotensi menurunkan produktivitas tanaman (Pradnyasistha dan Sudiarso, 2024). Oleh karena itu, penggunaan pupuk anorganik perlu diminimalisir dengan menggunakan bantuan pupuk organik (Jailani, 2022).

Pupuk organik merupakan pupuk hasil rekayasa limbah tumbuhan atau hewan yang dimanfaatkan untuk menyediakan hara, memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Suwahyono, 2017). Salah satu sumber pupuk organik yang dapat dimanfaatkan untuk mengatasi dampak penggunaan pupuk anorganik adalah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS), yang merupakan limbah hasil industri kelapa sawit (Hasibuan *et al.,* 2023). Limbah padat ini tersusun dari berbagai kandungan bahan organik tinggi seperti 45,9% selulosa, 22,8% hemiselulosa, 16,5% lignin, kadar abu 1,2%, dan kadar air 3,7% (Amelia *et al.,* 2021). Selain mengandung bahan organik, setiap satu ton TKKS diketahui mengandung unsur hara Nitrogen (N) sebesar 1,5%, Fosfor (P) 0,5%, Kalium (K) 7,3%, dan Magnesium (Mg) 0,9% (Nata *et al.,* 2022). Dengan kandungan bahan organik dan unsur hara tersebut, TKKS berpotensi dimanfaatkan untuk mensubsititusi dan mengurangi dampak yang ditimbulkan oleh penggunaan pupuk anorganik.

Pemanfaatan kandungan bahan organik dari TKKS dilaporkan berfungsi memperbaiki struktur, meningkatkan agregat, menjaga aerasi tanah, dan mendukung aktivitas mikroba tanah dalam proses dekomposisi bahan organik menjadi unsur hara yang dibutuhkan tanaman (Wulandari *et al.,* 2023). Pemanfaatan TKKS juga dinyatakan dapat meningkatkan pH tanah, P-total, Kapasitas Tukar Kation (KTK), dan menurunkan Aluminium Dapat Dipertukarkan (Al-dd) dalam tanah (Sihite *et al.,* 2024). Selain itu, fenomena ini memberikan manfaat secara signifikan dalam sisi secara ekonomi (Hadi *et al.,* 2020). Pemanfaatan TKKS di perkebunan kelapa sawit dalam sisi ekonomi dilaporkan mampu menghemat penggunaan pupuk anorganik hingga mencapai 50% (Priambodo dan Erdiansyah, 2023). Selain itu, pemanfaatan TKKS sebagai pupuk organik menjadi metode alternatif untuk menyediakan bahan organik dan unsur hara yang dapat menekan biaya penyedian pupuk anorganik, memberikan keuntungan, menciptakan efisiensi pemupukan, dan mengurangi dampak permasalahan lingkungan di industri kelapa sawit (Hasibuan *et al.,* 2023).

Fenomena pemanfaatan TKKS menjadi sangat relevan pada kasus di perkebunan kelapa sawit PT. Patiware, khusunya Kebun Sungai Adong (KSA) yang berlokasi di Desa Karimunting, Kecamatan Sungai Raya Kepulauan, Kabupaten Bengkayang, Provinsi Kalimantan Barat. PT. Patiware mempunyai Hak Guna

Usaha (HGU) seluas 7.897 ha yang terbagi menjadi Kebun Sungai Adong (KSA) dan Kebun Sungai Talo (KST), dan didukung satu unit Pabrik Kelapa Sawit (PKS) dengan kapasitas 45 ton Tandan Buah Segar (TBS)/jam. Berdasarkan pengolahan satu ton TBS dapat menghasilkan 23% limbah TKKS, 13% serabut (*fiber*), 6,5% cangkang (*shell*), 4% lumpur sawit (*wet decanter solid*), dan 50% limbah cair (Karvinaldi *et al.,* 2022). Besarnya volume limbah TKKS dari jenis limbah lainnya, menyebabkan ketersediaan TKKS di PT. Patiware pada periode tahun 2021-2025 telah mencapai 282.884,3 ton.

Dalam upaya mengelola limbah TKKS tersebut, PT. Patiware telah memanfaatkan TKKS menjadi bahan bakar boiler dan mulsa organik yang diaplikasikan secara langsung di areal perkebunan, khusunya di Afdeling IV. Jumlah TKKS yang dimanfaatkan menjadi mulsa organik di areal perkebunan pada periode 2021-2025 telah mencapai 277.723,9 ton. Fenomena ini menunjukkan pemanfaatan TKKS bukan sebatas potensi, tetapi telah menjadi bagian dari praktik pengelolaan perkebunan di PT. Patiware. Oleh sebab itu, evaluasi terhadap efektivitas sistem pemupukan tersebut sangat penting dilakukan untuk menganalisis secara terpadu berdasarkan kondisi tanah, tanaman, perbandingan produktivitas TBS, dan biaya pemupukan. Sementara itu, beberapa penelitian terdahulu telah banyak menunjukkan manfaat TKKS terhadap tanah dan pertumbuhan Tanaman Belum Menghasilkan (TBM), tetapi kajian terhadap produksi TBS dan efisiensi biaya pemupukan masih sangat terbatas terhadap Tanaman Menghasilkan (TM). Dengan demikian, analisis terpadu pada kajian ini sangat penting dilakukan untuk mengetahui efektivitas TKKS memperbaiki kondisi tanah, tanaman, meningkatkan produksi TBS dan efisiensi biaya pemupukan di perkebunan kelapa sawit.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraiakan, penelitian ini didasarkan pada rumusan masalah sebagai berikut.

1. Apakah sifat kimia tanah, status hara daun, dan tajuk daun pada blok sistem pemupukan TKKS dengan kombinasi pupuk anorganik lebih baik dibandingkan blok sistem pemupukan pupuk anorganik?
2. Apakah terdapat perbedaan produksi Tandan Buah Segar (TBS) antara blok sistem pemupukan TKKS dengan kombinasi pupuk anorganik dan blok sistem pemupukan pupuk anorganik?
3. Sistem pemupukan apa yang lebih efisiensi dan layak secara ekonomi berdasarkan penggunaan total biaya pemupukan per hektar?

1.3 Tujuan

Sejalan dengan permasalahan yang telah dinyatakan, penelitian ini memiliki tujuan antara lain:

1. Mengetahui sifat kimia tanah, status hara daun, dan tajuk daun terbaik antara blok sistem pemupukan TKKS dengan kombinasi pupuk anorganik dan blok sistem pemupukan pupuk anorganik.
2. Mengetahui perbandingan produksi TBS blok sistem pemupukan TKKS dengan kombinasi pupuk anorganik dan blok sistem pemupukan pupuk anorganik.
3. Menentukan sistem pemupukan yang lebih efisiensi dan layak secara ekonomi berdasarkan penggunaan total biaya pemupukan per hektar.

1.4 Batasan Penelitian

Dalam penelitian ini juga dibuat batasan penelitian untuk memperjelas ruang lingkup kajian sehingga penelitian dapat terarah sesuai tujuan yang ditetapkan. Oleh sebab itu, penelitian ini dibatasi pada faktor-faktor yang berkaitan langsung dengan variabel penelitian, diantaranya:

1. Sampel atau objek penelitian merupakan blok tanaman menghasilkan kelapa sawit di Afdeling IV kebun KSA.
2. Penentuan blok sampel kedua sistem pemupukan dalam penelitian ini dibatasi pada areal yang berjarak 1-5 km dari PKS PT. Patiware.
3. Data penelitian yang digunakan merupakan kumpulan data sekunder yang diperoleh dari kantor kebun KSA.
4. Analisis sifat kimia tanah meliputi parameter pH tanah, C-organik, N-total, P-tersedia (P_2O_5), KTK, Kation Ca, Mg, dan K, serta Kejenuhan Basa (KB) yang diperoleh berdasarkan data *Soil Sampling Unit* (SSU) kebun tahun 2025.
5. Analisis status hara daun meliputi unsur hara N, P, K, Ca, Mg, dan B yang diperoleh berdasarkan hasil *Leaf Sampling Unit* (LSU) kebun tahun 2025.
6. Analisis tajuk daun meliputi parameter jumlah dan panjang pelepah, luas *petiol cross section* (PCS), dan luas permukaan daun (*leaf area*) yang diperoleh berdasarkan data pengukuran tajuk daun dalam kegiatan LSU tahun 2025.
7. Analisis produksi TBS meliputi data produksi janjang per tanaman, Berat Janjang Rata-rata (BJR), dan *yield* TBS (ton/ha) periode 2021-2025.
8. Analisis efisiensi biaya pemupukan meliputi biaya material, biaya tenaga kerja, dan biaya transportasi periode 2021-2025 di blok sistem pemupukan TKKS dengan kombinasi pupuk anorganik dan blok sistem pemupukan pupuk anorganik.