

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia sebagai salah satu negara dengan luas lahan pertanian yang besar menghadapi berbagai tantangan terkait dengan penurunan kualitas tanah. Salah satu faktor utama penyebab penurunan kualitas tanah adalah konversi lahan yang semakin meluas, baik untuk perkebunan maupun untuk pembangunan lainnya. Tanah yang terdampak oleh konversi ini sering kali mengalami degradasi, seperti penurunan kandungan bahan organik, meningkatnya erosi, serta terbatasnya kapasitas tanah untuk menyimpan air. Indonesia merupakan salah satu negara yang paling rentan terhadap degradasi lahan. Sekitar 24,3 juta hektar atau 13,5% dari luas daratan Indonesia mengalami degradasi lahan yang disebabkan oleh erosi dan degradasi tanah lainnya (Putra, 2024). Degradasi tanah ini tidak hanya mengancam ketahanan pangan nasional, tetapi juga dapat memperburuk masalah perubahan iklim yang semakin nyata, di mana tanah menjadi lebih rentan terhadap kerusakan akibat cuaca ekstrem.

Tanah Ultisol dan Inceptisol merupakan dua jenis tanah yang banyak ditemukan di Indonesia dan berperan penting dalam sektor pertanian, namun keduanya memiliki karakteristik yang rentan terhadap degradasi. Tanah ini umumnya memiliki pH sangat masam (4,3–4,9), kejenuhan basa rendah (<35%), dan kejenuhan aluminium tinggi, yang menyebabkan ketersediaan unsur hara makro seperti nitrogen, fosfor, dan kalium menjadi sangat rendah. Selain itu, kandungan bahan organik yang rendah dan

struktur tanah yang kurang stabil membuat Ultisol rentan terhadap erosi dan memiliki kapasitas retensi air yang rendah, sehingga memerlukan pengelolaan khusus untuk meningkatkan produktivitasnya (Syahputera & Fauzi, 2015). Sementara itu, tanah Inceptisol yang biasanya terdapat pada lahan pertanian dengan sistem pengelolaan yang intensif, memiliki pH tanah yang cenderung asam dan kandungan unsur hara yang terbatas (Widodo & Kusuma, 2018). Tanah Inceptisol umumnya membutuhkan perbaikan dari segi kandungan bahan organik untuk meningkatkan kesuburan tanah dan produktivitas tanaman (Siswanto & Widowati, 2018). Oleh karena itu, kedua jenis tanah ini memerlukan intervensi yang tepat agar dapat mendukung pertanian berkelanjutan.

Salah satu solusi untuk memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah adalah dengan menggunakan kompos yang terbuat dari bahan organik. Namun, pengomposan dengan cara konvensional seringkali memakan waktu lama dan menghasilkan kualitas kompos yang belum optimal. Teknologi nano, yang memanfaatkan partikel dengan ukuran sangat kecil, telah ditemukan sebagai solusi yang dapat mempercepat dekomposisi bahan organik serta meningkatkan efisiensi dalam pemupukan. Peluang dan prospek penerapan teknologi nano dalam bidang pertanian sangat tinggi, mengingat sistem produksi pertanian membutuhkan energi yang sangat tinggi terutama yang berasal dari pupuk kimia, sehingga perlu upaya efisiensi dalam sistem budidaya tanaman dengan menerapkan teknologi nano (Nurhidayati *et al.*, 2023). Nano kompos, yang merupakan gabungan

dari bahan organik seperti limbah tandan kosong kelapa sawit (TKS) dan nanopartikel, berpotensi besar untuk memperbaiki kualitas tanah secara signifikan. Sebuah penelitian oleh (Nurhidayati *et al.*, 2024) menunjukkan bahwa nano kompos yang mengandung nanopartikel ZnO dan SiO₂ dapat meningkatkan kualitas kompos dan memperbaiki pH tanah serta kapasitas tukar kation (KTK), yang sangat dibutuhkan oleh tanah Inceptisol dan Ultisol.

Di sisi lain, Indonesia juga menghadapi masalah pengelolaan limbah kelapa sawit, salah satunya adalah tandan kosong kelapa sawit (TKS). Setiap tahun, Indonesia menghasilkan lebih dari 20 juta ton TKS, yang sebagian besar belum dimanfaatkan secara optimal. Penggunaan TKS sebagai bahan baku nano kompos tidak hanya mengurangi jumlah limbah, tetapi juga memberikan manfaat bagi tanah, khususnya dalam meningkatkan kesuburan tanah yang semakin menurun akibat penggunaan pupuk kimia secara berlebihan (Zahrim *et al.*, 2015). Dengan demikian, penerapan teknologi nano pada kompos TKS diharapkan dapat menjadi solusi yang berkelanjutan dalam pengelolaan tanah pertanian, terutama pada tanah Inceptisol dan Ultisol yang memiliki keterbatasan dalam kualitas fisik dan kimianya.

Pentingnya penelitian ini terletak pada kemampuannya untuk mengisi gap pengetahuan yang masih terbatas mengenai penerapan teknologi nano dalam pengelolaan tanah di Indonesia, khususnya pada tanah Inceptisol dan Ultisol. Teknologi nano kompos sebagai bahan

organik yang diperkaya dengan nanopartikel berpotensi besar dalam meningkatkan kualitas tanah dan mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia yang dapat merusak ekosistem tanah. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi aplikasi nano kompos dalam meningkatkan kesuburan tanah dan mendukung pertanian berkelanjutan di Indonesia (Sari *et al.*, 2014). Berdasarkan uraian di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat fisik dan kimia tanah Ultisol dan Inceptisol sebelum dan setelah aplikasi nano kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKS).

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kombinasi dosis campuran pupuk kimia (PK) dan nano kompos (NK) yang optimal dalam memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah Ultisol dan Inceptisol secara keseluruhan?
2. Bagaimana pengaruh aplikasi nano kompos tandan kosong sawit dalam memperbaiki sifat fisik dan sifat kimia tanah.
3. Bagaimana pengaruh pupuk kimia dalam meningkatkan sifat fisik dan sifat kimia tanah Ultisol dan Inceptisol.

C. Tujuan Penelitian

1. Untuk menentukan kombinasi dosis campuran pupuk kimia (PK) dan nano kompos (NK) yang optimal dalam memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah Ultisol dan Inceptisol secara keseluruhan.

2. Untuk menganalisis pengaruh aplikasi nano kompos tandan kosong sawit dalam memperbaiki sifat fisik dan sifat kimia tanah.
3. Untuk menganalisis pengaruh pupuk kimia dalam meningkatkan sifat fisik dan sifat kimia tanah Ultisol dan Inceptisol.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan manfaat dalam memahami perubahan sifat fisik dan kimia tanah Ultisol dan Inceptisol akibat aplikasi nano kompos dan kombinasi pupuk kimia, sehingga dapat mendukung pengelolaan tanah yang lebih efektif untuk meningkatkan produktivitas pertanian. Selain itu, identifikasi kombinasi perlakuan terbaik dari penelitian ini dapat menjadi panduan praktis bagi petani dan praktisi pertanian dalam memilih strategi pemupukan yang optimal untuk memperbaiki kualitas tanah, khususnya pada lahan marginal seperti Ultisol dan Inceptisol, guna mencapai pertanian yang berkelanjutan.