

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jagung manis (*Zea mays saccharata sturt L.*) merupakan salah satu tanaman pangan yang banyak diminati oleh masyarakat. Komoditi ini juga dapat memberikan keuntungan karena nilai jual lebih mahal dibandingkan dengan jagung biasa. Jagung manis dapat dimanfaatkan sebagai salah satu alternatif untuk memenuhi kebutuhan pangan, selain itu limbah panen jagung juga dapat dimanfaatkan untuk makanan ternak (Putriani *et al.*, 2022).

Jagung manis menjadi salah satu varietas yang sangat diminati karena memiliki nilai gizi yang tinggi. Jagung manis banyak mengandung karbohidrat, protein nabati, dan beta karoten (provitamin A) (Mutmainah, 2019). Kandungan gizi tiap 100 g jagung manis adalah Karbohidrat (g) 22.8, Protein (g) 3.5, Energi (kal) 96.0, Lemak (g) 1.0, Kalsium (mg) 3.0, Fosfor (mg) 111, Besi (mg) 0.7, Kalsium (mg) 3.0, Vitamin A (SI) 400, Vitamin B (mg) 0.15, Vitamin C (mg) 12.0, dan Air (g) 72.7 (Nelvia *et al.*, 2018).

Kebutuhan jagung nasional terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk serta perkembangan industri pangan dan pakan. Namun, peningkatan kebutuhan tersebut belum diimbangi oleh peningkatan produktivitas akibat berbagai kendala dalam pengelolaan lahan, terutama penurunan kualitas dan kesuburan tanah. Kondisi ini tercermin dari produksi jagung di Provinsi Aceh yang menurun dari 66.368 ton pada tahun 2023 menjadi 56.895 ton pada tahun 2024 atau turun sekitar 14,28% (Badan Pusat Statistik Aceh, 2024). Penurunan produksi tersebut menunjukkan perlunya penerapan teknologi budidaya yang mampu memperbaiki kualitas tanah sehingga produktivitas jagung dapat ditingkatkan secara berkelanjutan.

Perbaikan karakteristik kimia dan biologi tanah merupakan salah satu pendekatan untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan unsur hara oleh tanaman. Peningkatan kandungan bahan organik, kapasitas tukar kation (KTK), aktivitas mikroorganisme tanah, serta ketersediaan unsur hara mampu menciptakan lingkungan perakaran yang lebih baik sehingga mendukung pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman jagung manis (Abubakar *et al.*, 2024). Penerapan teknologi

pembenah tanah seperti biochar yang dikombinasikan dengan pupuk hayati menjadi salah satu alternatif yang berpotensi meningkatkan kesuburan tanah sekaligus meningkatkan produktivitas jagung manis secara berkelanjutan (Lehmann *et al.*, 2021).

Salah satu bahan pembenah tanah yang banyak dikembangkan adalah biochar, yaitu material kaya karbon yang dihasilkan melalui proses pirolisis biomassa pada kondisi oksigen terbatas. Biochar mampu meningkatkan pH tanah, kapasitas tukar kation, retensi air, kandungan karbon organik, serta menyediakan habitat yang sesuai bagi mikroorganisme tanah. Namun demikian, efektivitas biochar sangat dipengaruhi oleh jenis biomassa penyusunnya sehingga memberikan respons yang berbeda terhadap sifat tanah dan pertumbuhan tanaman.

Biochar sekam padi umumnya memiliki kandungan silika dan abu yang tinggi sehingga lebih efektif dalam meningkatkan pH tanah, kapasitas tukar kation (KTK), dan retensi air. Sebaliknya, biochar tempurung kelapa memiliki kandungan karbon tetap (*fixed carbon*) yang tinggi, struktur pori yang berkembang baik dan luas permukaan yang besar sehingga lebih efektif dalam mengadsorpsi unsur hara serta meningkatkan stabilitas karbon tanah (Dai *et al.*, 2021).

Sementara Muslimah *et al.* (2023), menambahkan biochar alang-alang (*Imperata cylindrica*) merupakan biomassa lokal yang ketersediaannya melimpah namun masih jarang dimanfaatkan sebagai pembenah tanah. Kandungan lignoselulosa dan karbon pada alang-alang berpotensi menghasilkan biochar yang mampu memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah, sekaligus menjadi alternatif pemanfaatan gulma yang bernilai ekonomi (Abubakar *et al.*, 2024).

Perbedaan karakteristik ketiga jenis biochar tersebut diperkirakan menghasilkan kemampuan yang berbeda dalam menyediakan habitat bagi mikroorganisme tanah. Struktur pori, luas permukaan spesifik, kandungan karbon stabil, nilai pH, dan gugus fungsi permukaan biochar merupakan faktor yang menentukan keberhasilan kolonisasi mikroorganisme serta aktivitas biologis di daerah perakaran. Oleh karena itu, efektivitas biochar tidak hanya ditentukan oleh

dosis aplikasi, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh jenis biomassa asalnya (Lehmann *et al.*, 2021).

Selain memperbaiki sifat kimia tanah, biochar juga berfungsi sebagai habitat bagi mikroorganisme tanah. Struktur pori biochar mampu melindungi mikroorganisme dari tekanan lingkungan sekaligus menyediakan tempat kolonisasi sehingga populasi dan aktivitas mikroba meningkat. Kondisi tersebut mendukung proses mineralisasi unsur hara dan meningkatkan efisiensi serapan hara oleh akar tanaman (Lehmann *et al.*, 2021).

Pemanfaatan pupuk hayati merupakan alternatif lain yang banyak dikembangkan dalam sistem pertanian berkelanjutan. Pupuk hayati mengandung mikroorganisme hidup seperti promi, *trichoderma*, *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dan mikoriza. Promi merupakan pupuk hayati berbasis konsorsium mikroorganisme yang berperan mempercepat dekomposisi bahan organik dan meningkatkan ketersediaan unsur hara di dalam tanah. *Trichoderma sp.* berfungsi sebagai dekomposer sekaligus agen hayati yang menghasilkan enzim ekstraseluler dan senyawa pemacu pertumbuhan tanaman serta mampu menekan perkembangan patogen tular tanah (Kurniawan *et al.*, 2024)

Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) berperan meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui fiksasi nitrogen, pelarutan fosfat, produksi fitohormon seperti auksin, sitokinin, dan giberelin, serta menghasilkan siderofor yang meningkatkan ketersediaan unsur hara mikro. Sementara itu, fungi mikoriza arbuskula (FMA) membentuk hubungan simbiosis dengan akar tanaman sehingga memperluas daerah serapan akar, meningkatkan penyerapan fosfor dan unsur hara lainnya, memperbaiki efisiensi penggunaan air, serta meningkatkan toleransi tanaman terhadap cekaman lingkungan (Herman *et al.*, 2022).

Aplikasi biochar dan pupuk hayati secara bersamaan diperkirakan memberikan efek sinergis dalam meningkatkan kesuburan tanah. Biochar menyediakan habitat yang sesuai bagi mikroorganisme pupuk hayati, sedangkan mikroorganisme memanfaatkan permukaan biochar sebagai media kolonisasi sehingga meningkatkan aktivitas biologis tanah. Sinergi tersebut mampu meningkatkan efisiensi penggunaan unsur hara, memperbaiki karakteristik kimia dan biologi tanah, serta meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman jagung

(Singh *et al.*, 2024). Tingkat sinergi tersebut diduga berbeda pada setiap kombinasi jenis biochar dan pupuk hayati karena masing-masing memiliki karakteristik fisik, kimia, dan biologis yang berbeda.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengeksplorasi dampak biochar dan pupuk hayati terhadap tanaman jagung manis. Menurut penelitian Sari *et al.* (2020) menunjukkan bahwa biochar dari limbah pertanian dapat meningkatkan pH tanah dan aktivitas mikroba pada tanaman jagung, namun belum mengintegrasikan biochar dengan pupuk hayati untuk mengukur dampak pada karakteristik biologi tanah secara komprehensif. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa pupuk hayati mampu meningkatkan populasi mikroorganisme tanah, panjang akar, serapan hara, dan produktivitas tanaman. Penelitian mengenai kombinasi berbagai jenis biochar, seperti biochar sekam padi dan biochar tempurung kelapa, dengan berbagai jenis pupuk hayati seperti promi, *trichoderma*, PGPR, dan mikoriza terhadap karakteristik kimia dan biologi tanah pada budidaya jagung manis masih relatif terbatas, khususnya pada kondisi agroekosistem Indonesia (Muslimah *et al.*, 2023).

Terkait uraian di atas, diperlukan penelitian mengenai aplikasi berbagai jenis biochar yang dikombinasikan dengan berbagai jenis pupuk hayati untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap karakteristik sifat kimia dan biologi tanah untuk pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan informasi ilmiah mengenai kombinasi perlakuan yang paling efektif dalam meningkatkan kesuburan tanah dan produktivitas jagung manis, sekaligus menjadi dasar pengembangan teknologi budidaya yang ramah lingkungan, efisien, dan berkelanjutan.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Apakah keragaman jenis biochar dapat meningkatkan sifat kimia dan biologi tanah serta pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis?
2. Apakah keragaman jenis pupuk hayati dapat meningkatkan sifat kimia dan biologi tanah serta pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis?

3. Apakah terjadi interaksi antara keragaman jenis biochar dan pupuk hayati dalam meningkatkan sifat kimia dan biologi tanah serta pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh biochar dan pupuk hayati terhadap sifat kimia dan biologi tanah serta pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis.

1.4. Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi bagi pengguna Ilmu Pengetahuan terutama bidang Ilmu Pertanian khususnya Ilmu Agroekoteknologi tentang aplikasi biochar dan pupuk hayati dalam meningkatkan sifat kimia dan biologi tanah serta pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis.
2. Memberikan pemahaman bagi petani tentang manfaat penggunaan biochar dan pupuk hayati untuk mengoptimalkan lahan tanaman jagung manis.

1.5. Kerangka Pemikiran

Pertanian berkelanjutan memerlukan pengelolaan tanah yang baik untuk meningkatkan produktivitas tanaman. Salah satu cara untuk meningkatkan kesuburan tanah dengan menggunakan bahan organik seperti biochar dan pupuk hayati. Kesuburan tanah dipengaruhi oleh kandungan hara (N, P, dan K) dan struktur tanah, sedangkan pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh ketersediaan hara, kondisi tanah dan perlakuan pemupukan. Biochar dan pupuk hayati dapat meningkatkan kesuburan tanah melalui peningkatan kapasitas penyimpanan hara dan aktivitas mikroba.

Jagung manis (*Zea mays L. saccharata sturt.*) merupakan komoditas pangan utama dengan permintaan produksi yang terus meningkat seiring dengan peningkatan penduduk dan perkembangan industri. Dengan pertumbuhan populasi yang pesat, kebutuhan akan sumber pangan yang bergizi dan berkualitas semakin tinggi. Produksi jagung manis seringkali terhambat oleh keterbatasan lahan, kualitas tanah dan ketersediaan air. Oleh karena itu diperlukan strategi untuk meningkatkan kesuburan tanah dan efisiensi penggunaan sumber daya.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan biochar dapat meningkatkan kandungan nitrogen, fosfor, dan kalium dalam tanah, yang berkontribusi pada peningkatan hasil pertanian. Observasi lapangan menunjukkan bahwa tanaman jagung manis yang diberi perlakuan biochar dan pupuk hayati menunjukkan pertumbuhan yang lebih baik, hal ini disebabkan karena dengan meningkatnya kandungan N, P, dan K dalam tanah, maka tanaman jagung manis akan mendapatkan akses yang lebih baik terhadap hara yang diperlukan untuk tumbuhan. Kombinasi biochar dan pupuk hayati dapat meningkatkan kemampuan akar tanaman dalam menyerap hara yang berkontribusi pada pertumbuhan vegetative yang lebih baik. Selain itu dapat meningkatkan kesehatan tanaman, mengurangi stress akibat hama dan penyakit (Sari *et al*, 2020).

Kerangka pemikiran ini memberikan dasar yang kuat untuk merumuskan masalah penelitian dan menentukan variabel yang akan diteliti. Dengan memahami teori, fakta dan observasi yang ada, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengelolaan tanah dan peningkatan hasil pertanian, khususnya pada tanaman jagung manis.

1.6. Hipotesis

1. Biochar dapat meningkatkan sifat kimia dan biologi tanah serta pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis.
2. Pupuk hayati dapat meningkatkan sifat kimia dan biologi tanah serta pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis.
3. Terdapat interaksi antara biochar dengan pupuk hayati terhadap peningkatan sifat kimia dan biologi tanah serta pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis.