

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perubahan fungsi lahan dan iklim telah menimbulkan permasalahan yang terus berlanjut tidak hanya di Indonesia tetapi juga di seluruh dunia, meningkatnya emisi gas rumah kaca di atmosfer merupakan penyebab perubahan iklim. Pemanasan global disebabkan oleh meningkatnya kadar gas rumah kaca (GRK) yang terdiri dari karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), dan dinitrogen oksida (N_2O). Emisi gas CO_2 , CH_4 dan N_2O masing-masing menyumbang 55%, 15% dan 6% dari total efek rumah kaca (IPCC, 2021). Tanaman sebagai penyerap alami CO_2 ke dalam tanah dan sebagian dari karbon tersebut akan tersimpan sebagai karbon organik tanah. Cadangan karbon organik terbesar ditemukan di tanah memiliki kandungan karbon organik global sekitar 2.344 Gt (1 Gigaton = 1 miliar ton) (Jose *et al.*, 2023). Jumlah karbon di atmosfer dapat dipengaruhi secara signifikan oleh perubahan kecil pada cadangan karbon organik tanah, semakin banyak karbon yang disimpan di dalam tanah sebagai C-organik tanah, maka semakin sedikit karbon yang akan dilepaskan ke atmosfer, sehingga dapat mengurangi pemanasan global dan perubahan iklim (Ilboudo *et al.*, 2022).

Tanah dinyatakan sebagai tempat serapan gas rumah kaca karena adanya kandungan C-organik di dalam tanah, namun saat ini daya serap tanah sebagai serapan gas rumah kaca semakin berkurang. Pemakaian lahan-lahan pertanian dapat menyebabkan peningkatan emisi gas rumah kaca sebesar 20% (Putri *et al.*, 2022). Siklus karbon di dalam sebuah ekosistem terjadi ketika tumbuhan mengikat CO_2 dari udara dan merubahnya kedalam bentuk senyawa karbon organik melalui proses fotosintesis. Sebagian dari senyawa karbon organik digunakan untuk menumbuhkan jaringan tanaman dan sebagian lagi disimpan untuk cadangan energi. Selama proses ini CO_2 terlepas kembali ke atmosfer melalui respirasi dan CO_2 juga dapat terlepas ke atmosfer melalui proses dekomposisi jaringan tumbuhan yang telah mati oleh organisme tanah (Sarwono, 2016).

Kadar nitrogen dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk memelihara dan pembentukan sel tubuh, semakin banyak kandungan nitrogen maka

semakin cepat bahan organik terurai, karena mikroorganisme yang menguraikan bahan organik memerlukan nitrogen untuk perkembangannya. Jika mikroorganisme mati maka unsur N akan tinggal, dalam tahap akhir proses dekomposisi matinya mikroorganisme, sehingga unsur hara yang banyak digunakan mikroorganisme seperti nitrogen pada sebagian jasad renik yang mati terombak kembali menjadi unsur hara. Jumlah mikroorganisme yang meningkat akan mempercepat proses penguraian dan kadar air berkaitan dengan ketersediaan oksigen untuk aktivitas mikroorganisme aerobik sehingga mikroorganisme pengurai akan bekerja optimal (Putri *et al.*, 2022).

Siklus nitrogen diawali dengan mineralisasi nitrogen yang merupakan perombakan bentuk N organik menjadi bentuk N anorganik, kemudian proses aminisasi yaitu proses pembebasan senyawa asam amino yang dibantu oleh mikroorganisme selanjutnya proses amonifikasi yaitu senyawa ammonium yang dihasilkan dapat dikonversi ke nitrat, kemudian nitrat dapat diambil langsung oleh tanaman. Proses yang terakhir adalah proses nitrifikasi dimana perubahan ammonium menjadi nitrat melalui 2 tahap yaitu perubahan ammonium menjadi nitrit dengan bantuan bakteri *Nitrosomonas* dan perubahan nitrit menjadi nitrat dengan bantuan bakteri *Nitrobacter* (Banu *et al.*, 2023). Utami *et al.* (2023) mengatakan bahwa nitrat merupakan unsur nitrogen yang sulit tersedia bagi tanaman, karena sifatnya yang sangat mudah hilang oleh aktifitas organisme seperti immobilisasi, denitrifikasi, hingga proses pencucian atau limpasan oleh air hujan. Selain itu, ketersediaan nitrat sangat tergantung oleh kemasaman di dalam tanah sehingga unsur ini sering kali menjadi tidak tersedia pada tanah inceptisol. Putri *et al.* (2016) pada penelitiannya penggunaan vermikompos kotoran sapi terbukti dapat meningkatkan ketersediaan nitrat melalui peningkatan aktifitas mikroorganisme. Emisi CO₂ berasal dari respirasi mikroorganisme, respirasi terbagi menjadi dua (1) autorof tidak berdampak pada pemanasan global dan (2) heterotrof berdampak pada pemanasan global.

Pemupukan N mengakibatkan akar tanaman melakukan respirasi lebih cepat sehingga produksi karbon yang dihasilkan oleh tanaman tersebut akan meningkat. Hasil penelitian Putra *et al.* (2020) menunjukkan bahwa penambahan urea secara signifikan akan meningkatkan emisi CO₂ melalui aktivitas

mikroorganisme tanah, semakin tinggi aktivitas mikroorganisme tanah semakin cepat proses dekomposisi bahan organik berlangsung, sehingga proses mineralisasi berlangsung cepat termasuk pelepasan CO₂ ke udara. Melalui respirasi tanah karbon dilepas dari tanah ke atmosfer, penggunaan O₂ dan pelepasan CO₂ oleh bakteri, fungi, alga dan protozoa yang melibatkan pertukaran gas dalam proses metabolisme secara aerob. Pembebasan CO₂ merupakan akhir dari tahap mineralisasi karbon. Tingginya emisi CO₂ juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti intensitas hujan, suhu dan kelembaban (Paul *et al.*, 2023).

Gas CO₂ yang dilepaskan ke atmosfer dari kegiatan di bumi lebih banyak dibandingkan dengan gas CO₂ yang diserap oleh bumi sehingga terjadi penambahan nilai CO₂ di atmosfer. Hal ini akan berdampak pada peningkatan suhu di bumi Septiana *et al.* (2023) untuk mencegah peningkatan suhu di bumi, berbagai cara dilakukan seperti mengurangi dan menekan emisi gas CO₂ ke atmosfer. Salah satu teknologi yang sedang dikembangkan dan dapat digunakan adalah *carbon capture and storage* yaitu cara terbaik untuk menyerap dan penyimpanan karbon yaitu dengan menggunakan kembali sisa tumbuhan berupa limbah biomassa untuk diubah menjadi biochar. Bahan baku yang dapat digunakan seperti sekam padi, bambu betung dan tongkol jagung manis, cangkang sawit, kulit kopi dan ampas kelapa muda. Penggunaan bahan baku biochar berupa sekam padi menghasilkan kapasitas serapan CO₂ yang lebih besar, hal ini terjadi karena sekam padi yang memiliki partikel lebih kecil sehingga akan menghasilkan biochar dengan pori yang lebih besar dan dapat mengikat emisi CO₂ lebih baik (Rasyid *et al.*, 2019).

Biochar mendapatkan banyak perhatian pakar akhir-akhir ini karena mampu mengurangi emisi gas rumah kaca. Biochar dapat menangkap karbon di udara dan kemudian menyimpannya di dalam tanah sampai jangka waktu yang lama. Hal ini disebabkan karena biochar berporus, mempunyai luas permukaan spesifik dan biochar juga sulit terdekomposisi (*resistan*). Biochar juga dikenal sebagai *soil amendment* atau pembenah tanah. Sebagai pembenah tanah biochar dapat menekan jumlah CO₂ ke atmosfer. Biochar di dalam tanah sebagai habitat bagi mikroorganisme tanah, namun tidak untuk dikonsumsi. Dalam jangka panjang biochar tidak mengganggu keseimbangan karbon dan nitrogen, namun

dapat mengikat air dan nutrisi agar tersedia bagi tanaman (Shah *et al.*, 2017). Hal ini sudah dibuktikan pada penelitian Zustika (2021) bahwa pemberian biochar mampu menekan emisi gas rumah kaca N₂O yaitu 476,42 ppb dibandingkan pada perlakuan tanpa biochar menghasilkan emisi tertinggi yaitu 487,20 ppb.

Penambahan biochar dengan kandungan lignin tinggi dan sulit terdegradasi pada tanah, diharapkan dapat menyimpan karbon dalam waktu yang lebih lama. Herlambang *et al.* (2021) menjelaskan bahwa penambahan biochar berpengaruh pada respirasi tanah. Banyaknya jumlah biochar pada tanah maka akan memperbesar kapasitas CO₂ yang dapat ditahan oleh biochar tersebut, diharapkan dapat mengurangi emisi CO₂. Untuk itu perlu dilakukan pengujian dari penggunaan berbagai jenis dan dosis biochar terhadap emisi CO₂ yang dihasilkan dari respirasi mikroorganisme, jumlah nitrat dan mikroorganisme pada tanah.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang permasalahan diatas, dapat diambil suatu rumusan masalah sebagai berikut

1. Apakah penggunaan berbagai jenis biochar mampu mengurangi emisi CO₂, meningkatkan nitrat dan populasi mikroorganisme pada tanah?
2. Apakah penggunaan berbagai dosis biochar mampu mengurangi emisi CO₂, meningkatkan nitrat dan populasi mikroorganisme pada tanah?
3. Apakah terdapat interaksi antara penggunaan berbagai jenis dan dosis biochar terhadap CO₂, nitrat dan mikroorganisme pada tanah?

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh dari penggunaan berbagai jenis dan dosis biochar yang mampu mengurangi emisi CO₂ dari hasil respirasi mikroorganisme, meningkatkan nitrat dan meningkatkan populasi mikroorganisme pada tanah.

1.4. Kegunaan Penelitian

Adapun kegunaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat memberikan informasi mengenai pemanfaatan limbah pertanian yang dapat dijadikan biochar dan proses pembuatan biochar.
2. Sumber inovasi teknologi pertanian yang ramah lingkungan dan berkelanjutan bagi petani, khususnya untuk menjaga kualitas tanah.
3. Dapat memberikan pengetahuan tentang penggunaan berbagai jenis dan dosis biochar yang mampu mengurangi emisi CO₂ dari respirasi mikroorganisme, meningkatkan jumlah nitrat dan meningkatkan populasi mikroorganisme pada tanah.

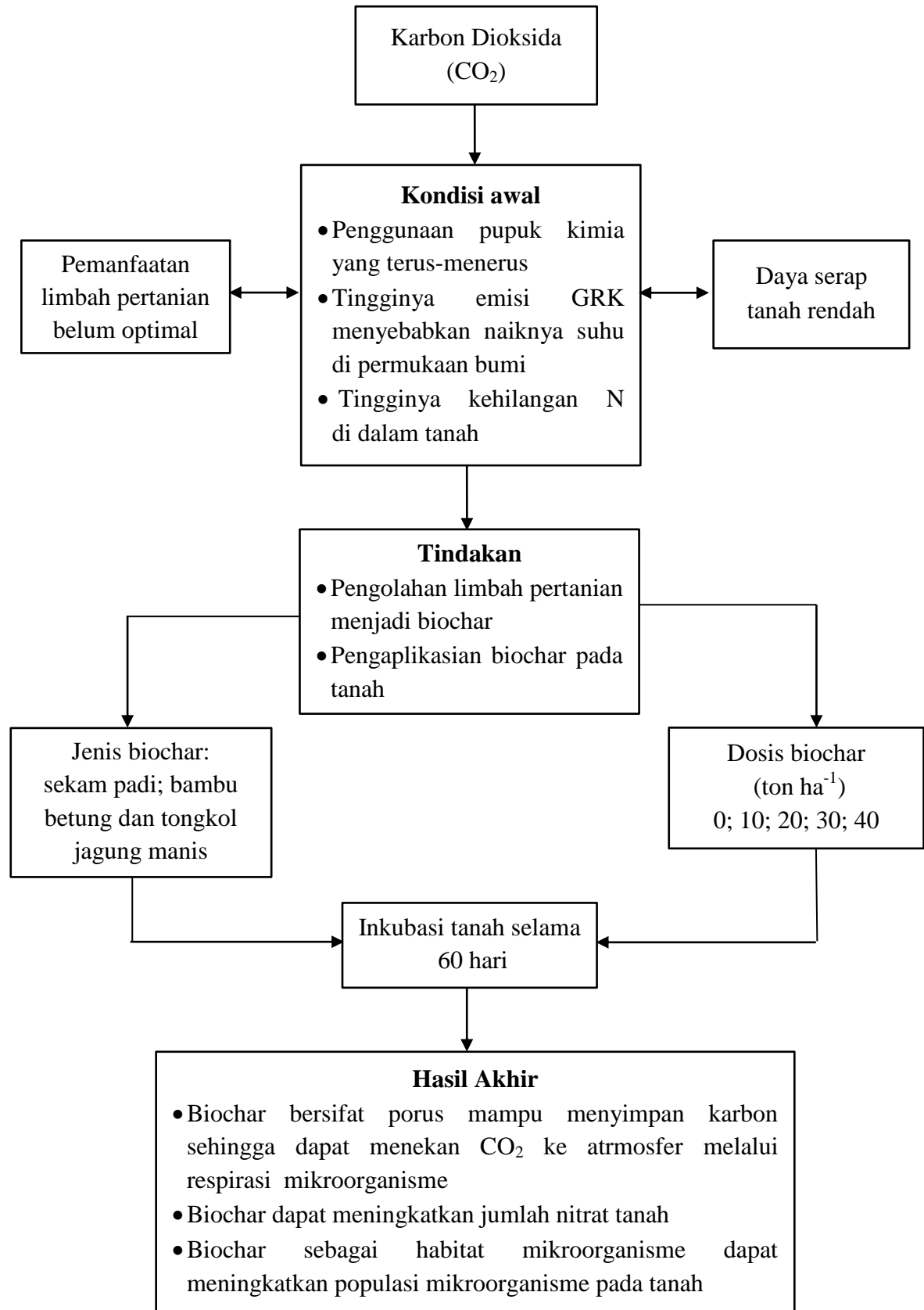
1.5. Kerangka Pemikiran

Akhir-akhir ini pemanasan global muncul sebagai isu lingkungan di seluruh dunia. Penyebab pemanasan global diduga karena meningkatnya emisi gas rumah kaca (GRK) yaitu diantaranya yang paling penting adalah emisi CO₂ dari kegiatan pertanian. Seiring dengan adanya anggapan tersebut, telah banyak penelitian dan publikasi yang memberikan informasi mengenai emisi GRK khususnya emisi CO₂ dari lahan pertanian. Penelitian mengenai emisi CO₂ dari berbagai penggunaan lahan di Indonesia saat ini lebih banyak dilakukan pada lahan basah, namun penelitian emisi CO₂ dari lahan kering di Indonesia masih terbatas sedangkan jenis tanah yang ada di Indonesia sangat beragam salah satunya tanah inceptisol. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian mengenai emisi CO₂ yang bersal dari respirasi mikroorganisme. Respirasi tanah merupakan jalur utama menghasilkan emisi karbon dari tanah ke atmosfer, dalam ekosistem permukaan tanah merupakan sumber utamanya CO₂ dari tanah ke atmosfer.

Salah satu cara menekan CO₂ ke atmosfer yaitu dengan pemberian biochar. Hal ini disebabkan karena biochar memiliki pori-pori yang dapat mengikat karbon sehingga tidak terjadinya pelepasan ke atmosfer selain itu biochar sebagai tempat hidup bagi mikroorgasime di dalam tanah yang dapat meningkatkan nitrat dan populasi mikroorgasime. Dengan banyaknya jumlah biochar pada tanah maka akan memperbesar kapasitas CO₂ yang dapat ditahan oleh biochar tersebut sehingga diharapkan dapat mengurangi emisi CO₂ dari

respirasi tanah (Herlambang *et al.*, 2021). Penambahan biochar cangkang kelapa sawit dengan kandungan lignin yang tinggi dan sulit terdegradasi pada tanah dapat menyimpan karbon dalam waktu yang lama (Putra *et al.*, 2020). Namun pada penelitian Shah *et al.* (2017) aplikasi biochar secara substansial dapat meningkatkan produksi CO₂ selama 10 hari inkubasi dan peningkatan tersebut sebanding dengan jumlah biochar yang diterapkan, hal ini terjadi karena produksi CO₂ dikaitkan dengan aktivitas mikroorganisme sehingga evolusi CO₂ meningkat seiring dengan meningkatnya dosis biochar.

Menurut Zhang *et al.* (2021) penerapan biochar dapat mempercepat proses siklus N yang dimediasi oleh mikroorganisme. Pada siklus N bakteri berperan dalam perombakan amonium dan mampu menunjukkan bahwa jumlah N sejalan dengan populasi bakteri. Hubungan amonium dan nitrat dengan bakteri terdapat pada siklus nitrogen, dimana bakteri berperan dalam penguraian amonium menjadi nitrat (*nitrifikasi*), hal ini dapat dikatakan bahwa banyak sedikitnya kadar nitrat di dalam tanah merupakan indikasi bahwa banyak sedikitnya bakteri yang dapat mempengaruhi ketersediaan N pada tanah. Penambahan dosis biochar tempurung kelapa maupun cangkang sawit yang semakin tinggi menyebabkan semakin rendah jumlah NO₃⁻ tanah yang tercuci. Penggunaan biochar ke tanah terbukti efisien mempertahankan amonium NH₄⁺ melalui penukaran kation (Liang *et al.*, 2006) dan biochar yang diberikan pada tanah dapat mempertahankan anion seperti nitrat NO₃⁻ (Cheng *et al.*, 2008). Hal ini juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Ramadhani *et al.* (2023) bahwa nilai NO₃⁻ rata-rata meningkat pada perlakuan kascing dan biochar dengan dosis 30 ton ha⁻¹, sehingga dapat menekan laju pencucian nitrat maupun terjadinya volatilisasi nitrat ke udara. Adapun diagram alir kerangka pemikiran dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir kerangka pemikiran

1.6. Hipotesis

Berdasarkan rumusan masalah tersebut maka dapat diambil suatu hipotesis sebagai berikut:

1. Penggunaan berbagai jenis biochar mampu mengurangi emisi CO₂, meningkatkan nitrat dan populasi mikroorganisme pada tanah.
2. Penggunaan berbagai dosis biochar mampu mengurangi emisi CO₂, meningkatkan nitrat dan populasi mikroorganisme pada tanah.
3. Terdapat interaksi antara penggunaan berbagai jenis dan dosis biochar terhadap CO₂, NO₃⁻ dan mikroorganisme pada tanah.