

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan gas rumah kaca (*green house gas*/GHG), terutama karbon dioksida (CO₂), merupakan faktor utama yang berkontribusi dan berdampak besar terhadap perubahan iklim (Siringoringo, 2014). Karbon organik tanah merupakan bagian dari siklus karbon global, karbon organik tanah dapat berkontribusi terhadap kualitas tanah serta pengurangan emisi CO₂ di atmosfer. (Ginting *et al.*, 2024). Keberadaan karbon organik tanah merupakan komponen yang sangat penting di dalam usaha pertanian berkelanjutan. Nilai karbon organik tanah memegang peranan penting dalam meningkatkan karakteristik sifat tanah. Kadar karbon organik tanah dapat menentukan kesuburan, produktivitas, dan kualitas tanah. Selain itu, perubahan sirkulasi karbon organik tanah akan berpengaruh terhadap siklus karbon dan perubahan iklim jangka panjang (Gunadi *et al.*, 2020). Hal ini sejalan dengan pendapat Siringoringo (2014) menyatakan, semakin banyak karbon disimpan dalam tanah sebagai karbon organik, akan mengurangi jumlah karbon yang ada di atmosfer sehingga akan membantu mengurangi masalah pemanasan global dan perubahan iklim.

Jumlah simpanan karbon organik global yang ditemukan dalam tanah, sekitar 1.400 - 1.600 Petagram carbon (1 Pg = 10¹⁵ g) pada kedalaman satu meter pertama dan tambahan sekitar 500 - 1.000 Pg C pada satu meter berikutnya, kumpulan karbon organik tanah lebih dari dua kali ukuran kumpulan karbon atmosfer (800 Pg) dan mengandung sekitar tiga kali jumlah karbon dalam vegetasi (550 Pg C) (Govers *et al.*, 2013). Peningkatan dan penyimpanan karbon ke dalam tanah akan mendorong perubahan penting dalam pengelolaan lahan melalui peningkatan kandungan bahan organik, dan akan memiliki efek langsung yang signifikan terhadap kesuburan tanah yaitu kesuburan terhadap sifat fisik, kimia, dan biologi. Peningkatan dan penyimpanan karbon juga berdampak positif pada kualitas lingkungan atau kualitas pertanian dan keanekaragaman hayati, dampak positifnya seperti pada produktifitas lahan dan kesuburan tanah (Siringoringo, 2014). Kesuburan tanah dapat dilihat pada tersedianya bahan organik, unsur

karbon dan fosfor merupakan bagian penyusun bahan organik yang dapat memperbaiki karakteristik tanah.

Ketersediaan karbon organik di dalam tanah dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, diantaranya faktor iklim, topografi dan sifat tanah. Stok karbon yang terdapat di dalam tanah dapat dipengaruhi oleh konsentrasi karbon organik tanah (*Soil Organic Carbon*), kerapatan tanah (*bulk density*) dan kedalaman tanah (Siringoringo, 2014). Berdasarkan hasil penelitian Hickmah *et al.* (2021) menyatakan salah satu sifat tanah yang mempengaruhi stok karbon adalah pH tanah, kondisi pH tanah masam akan mengakibatkan proses dekomposisi bahan organik menjadi lambat. Vegetasi juga dapat mempengaruhi stok karbon dalam tanah. Jumlah cadangan karbon antar lahan berbeda-beda, tergantung pada keanekaragaman dan kerapatan tumbuhan yang ada, jenis tanahnya, serta cara pengelolaannya (Hairiah *et al.*, 2011). Tanah yang bervegetasi hutan, padang rumput, sawah, hutan pinus, semak belukar dan perkebunan tentunya memiliki jumlah stok karbon yang berbeda (Zuazo *et al.*, 2014).

Selain vegetasi, karakteristik tanah juga dapat berpengaruh pada ketersediaan stok karbon. Tanah sawah adalah tanah yang terus dikembangkan oleh aktifitas manusia untuk budidaya tanaman padi, tanah sawah adalah tanah yang sengaja digenangi, yaitu tanah yang diolah dalam kondisi jenuh air. Penggenangan yang dilakukan pada sawah mempengaruhi perilaku unsur hara esensial dan pertumbuhan serta produksi padi. Perubahan kimia yang disebabkan oleh penggenangan tersebut sangat mempengaruhi dinamika hara padi. Perubahan-perubahan kimia tanah sawah ini yang berkaitan dengan proses oksidasi-reduksi yang menentukan tingkat ketersediaan hara dan produktivitas tanah sawah (Wunangkolu *et al.*, 2019). Tanah sawah dapat terbentuk dari tanah kering dan tanah basah atau tanah rawa sehingga karakterisasi sawah-sawah tersebut akan sangat dipengaruhi oleh bahan pembentuk tanahnya. (Wunangkolu *et al.*, 2019). Karakteristik setiap lahan berbeda-beda. Tanah sawah tadah hujan (non-irigasi) memiliki status ketersediaan unsur hara rendah bila dibandingkan dengan sawah irigasi, disebabkan minimnya ketersediaan air, dan masih bergantung pada curah hujan. Unsur hara pada tanah sawah tadah hujan tidak berimbang (Jawang, 2021).

Ketersediaan P di dalam tanah tergantung pada reaksi keseimbangan antara berbagai bentuk P tanah, yakni P larut (*soluble P*), P terjerap (*P labile*), P mineral sekunder dan primer (*P non labile*), dan P organik (Nursyamsi & Setyorini, 2009). Ketersediaan P dipengaruhi oleh pH tanah, semakin masam tanah akan mengurangi ketersediaan P di tanah. Kisaran pH tanah yang optimum bagi ketersediaan P adalah 5,5 - 6,5. Tingginya tingkat kemasaman tanah menyebabkan kelarutan ion Fe^{2+} , Al^{3+} dan Mn^{2+} di dalam tanah bertambah dan dapat bersifat meracun bagi tanaman (Noor *et al.*, 2019). Tinggi rendahnya ketersediaan P pada tanah sawah irigasi dan non-irigasi berbeda, hasil penelitian Hasanah (2022) menyatakan kadar P pada tanah sawah irigasi dan non-irigasi di Aceh Utara tergolong sedang hingga tinggi, tingginya fosfor pada tanah sawah dapat dipengaruhi oleh kandungan unsur hara yang terdapat pada air, penggenangan, dan lama waktu penggunaan lahan. Jayadi *et al.* (2023) menyatakan bahwa tinggi rendahnya ketersediaan fosfor dipengaruhi oleh faktor aerasi yang terjadi akibat proses perombakan bahan organik oleh mikroorganisme tanah dalam waktu tertentu. Kandungan P pada tanah sangat mempengaruhi P yang ada di dalam jaringan tanaman, adanya P pada jaringan tanaman dan tanah akan meningkatkan kesuburan tanah dan tersedianya stok karbon. Menurut Yusron *et al.* (2018) peningkatan hara P pada tanah sawah tidak hanya berasal dari pemupukan, tetapi juga berasal dari bahan dasar tanah.

Permasalahan P di dalam tanah cukup kompleks, salah satunya adalah sumbernya terbatas dan amat dipengaruhi oleh pH tanah sehingga ketersediannya bagi tanaman sangat kecil (Umaternate *et al.*, 2014). Ketersediaan P dapat ditingkatkan melalui tindakan budidaya, antara lain dengan penambahan bahan organik, pengapuran, dan pemberian pupuk (Sari *et al.*, 2017). Hasil penelitian Suarmaprasetya & Suemarno (2021) menyatakan pengaruh karbon organik terhadap fosfor pada peningkatan P-tersedia dan P-organik tergolong tinggi, hal ini disebabkan karna penambahan bahan organik kedalam tanah. Menurut Karnilawati *et al.* (2013), hasil dekomposisi bahan organik dapat berpengaruh terhadap kelarutan P di dalam tanah sehingga jumlah unsur P di dalam tanah dapat meningkat. Konsentrasi asam-asam organik yang dihasilkan melalui proses

dekomposisi dari bahan organik dapat melepaskan P yang diikat oleh fraksi amorf yang berakibat meningkatkan P-tersedia dalam tanah.

Penggenangan pada tanah sawah akan menyebabkan terjadinya perubahan dari reaksi oksidasi menjadi reaksi reduksi. Hal ini karena penggenangan dapat membatasi ketersediaan oksigen dalam tanah, sehingga kondisi tanah akan menjadi anaerob yang mendukung terjadinya reaksi reduksi pada lahan sawah. Tanah tergenang dapat menurunkan potensial redoks (Eh) dan perubahan pH yang mengarah pada peningkatan ketersediaan fosfor (Suriadikarta & Simanungkalit, 2016). Menurut Sofyan *et al.* (2017), penggenangan tanah sawah menyebabkan terjadinya reduksi Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} yang mengakibatkan pelepasan P yang sebelumnya terikat dengan Fe-fosfat. Proses ini meningkatkan ketersediaan P_2O_5 dalam larutan tanah yang dapat langsung diserap oleh tanaman padi. Selain akibat dari penggenangan, kandungan P-tersedia yang tinggi juga dapat disebabkan dari riwayat pemupukan. Aplikasi pupuk P secara intensif dalam jangka panjang dapat menyebabkan akumulasi P dalam tanah, terutama pada tanah yang memiliki kapasitas fiksasi P rendah (Larasati *et al.*, 2019).

Lahan sawah non-irigasi rata-rata memiliki kadar C-organik sebesar 1,5% – 1,8%. Kondisi rendahnya kadar C-organik tanah pada lahan sawah non-irigasi menjadi masalah yang perlu ditangani sebagai upaya untuk memulihkan kondisi tanah. Hal ini penting karena kadar C-organik dalam tanah merupakan indikator kunci dan penentu kesuburan tanah (Syamsidar, 2022). Peranan C-organik dan unsur-unsur makro lain di dalam tanah sangat mempengaruhi tingkat produktivitas tanaman secara optimal. Berdasarkan hasil penelitian Hasanah (2022), diketahui bahwa kandungan C-organik didalam tanah sawah pada Kabupaten Aceh Utara tergolong sangat rendah hingga rendah yang berkisar antara 0,97 % - 1,93%., sehingga menjadi salah satu penyebab kurang optimalnya produktivitas padi di Kabupaten Aceh Utara. Oleh karena itu, perlu pengelolaan tanah sawah yang berkelanjutan agar tidak menyebabkan kehilangan stok karbon dalam tanah dan dapat mengurangi emisi gas rumah kaca.

Kabupaten Aceh Utara memiliki luas lahan sawah sekitar 38,417 ha, dengan sebagian besar menggunakan irigasi (DISTANPAN Aceh Utara, 2023). Kondisi irigasi di aceh utara sangat beragam ada yang tergolong dalam kondisi baik dan

dalam kondisi rusak, irigasi yang tergolong dalam kondisi baik pada tahun 2020 yaitu 36.23% dan terjadi peningkatan pada tahun 2021 sebesar 40.00%. Sedangkan irigasi yang tergolong dalam kondisi rusak pada tahun 2020 mencapai 67.77% dan pada tahun 2021 mencapai 60.00% (BAPPEDA Aceh Utara, 2024).

Hasil produksi padi pada lahan sawah irigasi dan non-irigasi berbeda, hal ini dikarenakan pada lahan sawah irigasi banyak tersedia unsur hara dan air yang dibutuhkan oleh tanaman, berdeda dengan sawah non-irigasi yang memiliki kadar unsur hara lebih rendah. Berdasarkan penelitian Jonharnas & Sitindaon (2017) menyatakan salah satu permasalahan budidaya sawah non-irigasi adalah produktifitas lebih rendah 3-3,5 t/ha, sedangkan sawah irigasi dapat menghasilkan 6-7 t/ha. Jawang (2021), menyatakan kesuburan tanah menentukan jumlah unsur hara yang tersedia dan seimbang guna menjamin pertumbuhan dan hasil yang optimum. Kualitas setiap lahan berbeda-beda. Tanah sawah non-irigasi memiliki status ketersediaan unsur hara lebih rendah bila dibandingkan dengan sawah irigasi, disebabkan minimnya ketersediaan air, dan masih bergantung pada curah hujan.

Penelitian mengenai jumlah stok karbon yang tersimpan di lahan basah menjadi perlu untuk dilakukan sebagai upaya untuk memprediksi potensi cadangan karbon yang masih tersimpan pada saat tertentu. Oleh karena itu perlu adanya pengelolaan tanah sawah irigasi dan non-irigasi yang berkelanjutan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan meningkatkan kualitas tanah dan lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana sebaran stok karbon dan fosfor tanah sawah irigasi dan non-irigasi di Kabupaten Aceh Utara ?
2. Sifat fisiko-kimia manakah yang paling mengendalikan stok karbon dan fosfor tanah sawah irigasi dan non-irigasi di Kabupaten Aceh Utara ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui sebaran stok karbon dan fosfor tanah sawah irigasi dan non-irigasi di Kabupaten Aceh Utara.

2. Untuk mengetahui Sifat-fisika kimia manakah yang paling mengendalikan stok karbon dan fosfor tanah sawah irigasi dan non irigasi di Kabupaten Aceh Utara.

1.4 Manfaat Penelitian

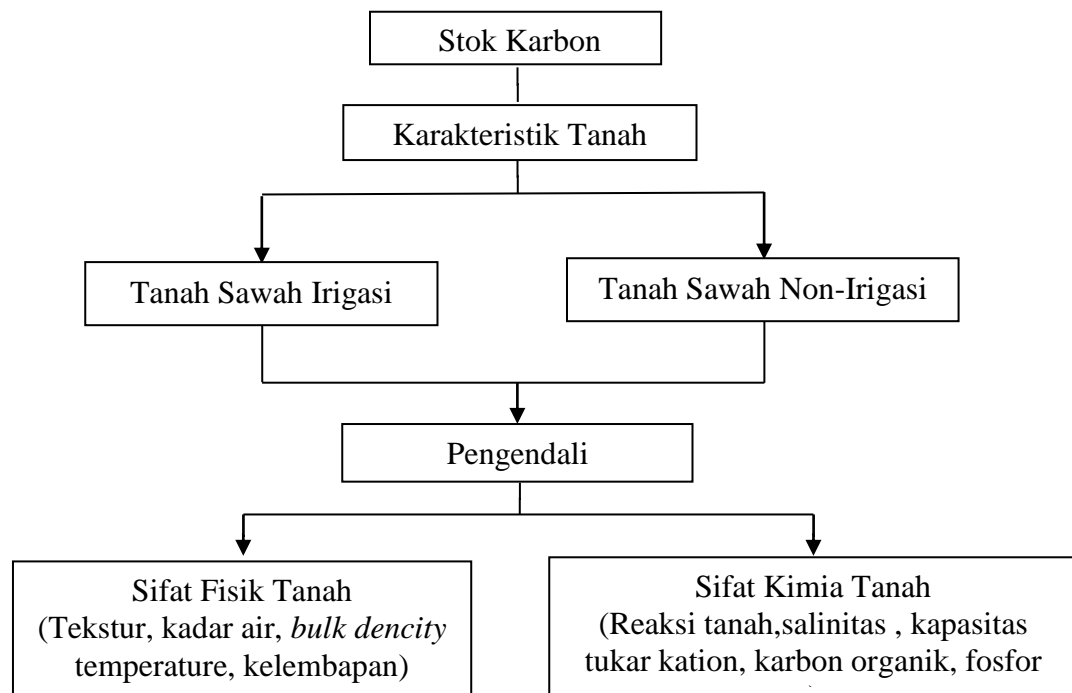
1. Sebagai sumber ilmu pengetahuan di bidang pertanian, umumnya ilmu agroekoteknologi dan ilmu tanah khususnya.
2. Untuk memberikan informasi dan rekomendasi kepada pemerintah, pengguna ilmu pengetahuan, serta sebagai informasi untuk melakukan pengembangan dibidang pertanian khususnya pada tanah pertanian.

1.5 Kerangka Pemikiran

Pemanasan global menjadi isu yang sering di bahas pada saat ini, tidak hanya di Indonesia melainkan diseluruh dunia, hal ini dikarenakan efek dari pemanasan global yang semakin mengkhawatirkan. Kerusakan ekosistem dan perubahan iklim merupakan salah satu contoh dari efek pemanasan global yang berdampak bagi banyak makhluk. Penyebab Pemanasan global yang diakibatkan oleh peningkatan kadar CO₂ di atmosfer merupakan salah satu permasalahan paling serius untuk iklim global, pemanasan global berefek pada pelepasan karbon, salah satunya dari hasil kegiatan pertanian. Pelepasan karbon akan memiliki efek negatif bagi lingkungan. Dengan adanya anggapan tersebut telah banyak penelitian yang memberikan informasi terkait pemanasan global, khususnya emisi CO₂ pada lahan pertanian. Penelitian terkait emisi CO₂ dari berbagai penggunaan lahan di Aceh sudah banyak dilakukan pada lahan kering, namun informasi penelitian terkait emisi CO₂ pada lahan basah masih terbatas. Oleh karena itu Informasi mengenai kemampuan daya serap terhadap stok karbon perlu dilakukan. Stok karbon merupakan jumlah atau kandungan karbon yang tersimpan dalam ekosistem.

Tanah sawah adalah tanah yang terus digunakan untuk budidaya tanaman padi, karakteristik antara tanah sawah irigasi dan non-irigasi berbeda, tanah sawah irigasi cenderung lebih subur karena memiliki unsur hara lebih kompleks dibandingkan sawah non-irigasi. Jawang (2021) menyatakan, Tanah sawah non-irigasi memiliki status ketersediaan unsur hara lebih rendah bila dibandingkan

dengan sawah irigasi, hal ini disebabkan minimnya ketersediaan air, dan masih bergantung pada curah hujan. Tersedianya stok karbon dan fosfor pada tanah sawah irigasi dan non-irigasi akan mempengaruhi tiga aspek kesuburan tanah yaitu sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Menurut (Nishina *et al.*, 2013). Karbon organik tanah merupakan stok karbon terbesar di ekosistem darat dan mempunyai peran kunci sebagai umpan balik biosfer untuk peningkatan karbon dioksida atmosfer di dunia. Sehingga dengan adanya serapan karbon akan membuat atmosfer bumi menjadi lebih hangat.



Gambar 1. Kerangka Pemikiran

Fosfor merupakan salah satu unsur hara esensial, tersedianya fosfor didalam tanah dapat dipengaruhi oleh kurangnya bahan organik di dalam tanah, bahan organik berfungsi terhadap tersedianya P di dalam tanah. Sari (2017) menyatakan Pengaruh bahan organik terhadap ketersediaan P dapat secara langsung melalui proses mineralisasi atau secara tidak langsung dengan membantu pelepasan P yang terfiksasi. Hasil dekomposisi bahan organik yang berupa asam-asam organik dapat membentuk ikatan khelasi dengan ion-ion Al dan Fe sehingga dapat menurunkan kelarutan ion Al dan Fe, maka dengan begitu ketersediaan P menjadi meningkat. Keberadaan stok karbon dan fosfor dalam

tanah sangat dibutuhkan, tidak hanya bagi tanah dan tanaman tapi juga bagi lingkungan. Penelitian ini akan dilakukan untuk melihat sifat tanah yang paling berpengaruh terhadap stok karbon dan fosfor tanah sawah. Adapun kerangka pemikiran dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 1.

1.6 Hipotesis Penelitian

1. Terdapat perbedaan sebaran stok karbon dan fosfor tanah sawah irigasi dan non-irigasi di Kabupaten Aceh Utara.
2. Sifat fisiko-kimia dapat mengendalikan stok karbon dan fosfor tanah sawah irigasi dan non-irigasi di Kabupaten Aceh Utara .