

V. PEMBAHASAN DAN KESIMPULAN

Hasil analisa menunjukkan bahwa terdapat tekstur lempung berpasir pada tanah dengan aplikasi LCPKS dan tanah dengan aplikasi janjang kosong, sedangkan pada tanah tanpa aplikasi (kontrol) memiliki tekstur tanah lempung berpasir dan pasir berlempung. Tanah dengan tekstur lempung berpasir umumnya dianggap baik untuk pertumbuhan tanaman karena memiliki keseimbangan yang baik antara kemampuan menahan air dan *drainase*, yang artinya pada tanah dengan aplikasi LCPKS dan janjang kosong lebih baik. Hal ini diperkuat dengan hasil penelitian Sukisno (2024) tekstur lempung adalah tanah yang didominasi oleh fraksi liat dalam komposisi fraksi tanah penyusunnya. Fraksi liat merupakan fraksi tanah yang memiliki muatan sehingga memiliki kapasitas dalam pertukaran kation dalam tanah. Ini disebabkan LCPKS dapat meningkatkan berat volume dan konduktivitas listrik tanah serta mengubah sifat fisik dan kimia tanah. LCPKS juga berpengaruh terhadap tingkat agregasi (dalam waktu yang lama) karena kandungan bahan organik dan unsur-unsur terlarut didalamnya.

Aplikasi Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (LCPKS) pada lahan pertanian dapat mempengaruhi kepadatan massa tanah walau tidak selalu secara signifikan. Pada beberapa penelitian yang ada menunjukkan bahwa aplikasi LCPKS dapat meningkatkan ataupun menurunkan kepadatan massa tanah. Pada hasil analisa penelitian menunjukkan bahwa nilai kepadatan masa tanah yang di aplikasikan LCPKS pada kedalaman 0-30 cm cenderung naik dengan nilai 1.48 g/cm^3 , 1.45 g/cm^3 dan 1.26 g/cm^3 . Jika dibandingkan dengan kepadatan massa tanah yang tidak di aplikasikan LCPKS (kontrol) yang memiliki nilai 1.38 g/cm^3 , 1.39 g/cm^3 dan

1.56 g/cm³. Sedangkan pada kedalaman 30-60 cm memiliki kepadatan massa tanah yang cenderung turun dengan nilai 1.80 g/cm³, 1.40 g/cm³ dan 1.42 g/cm³ jika dibandingkan dengan kepadatan massa tanah kontrol yang memiliki nilai 1.33 g/cm³, 1.77 g/cm³ dan 1.43 g/cm³. Menurut Mhd Rizha (2019) Aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) hanya memberikan pengaruh nyata terhadap permeabilitas tanah, sedangkan pada sifat fisik tanah lainnya seperti *bulk density*, kadar air, dan porositas tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan. Namun demikian, terdapat kecenderungan bahwa semakin lama LCPKS diaplikasikan, sifat fisik tanah dapat mengalami perbaikan secara bertahap.

Aplikasi janjang kosong dapat mempengaruhi kepadatan massa tanah. Sebagaimana hasil analisa pada kedalaman 0-30 cm dengan nilai 1.68 g/cm³, 1.65 g/cm³ dan 1.40 g/cm³ sedangkan pada kedalaman 30-60 cm dengan nilai 1.36 g/cm³, 1.38 g/cm³ dan 1.66 g/cm³. Jika dibandingkan dengan aplikasi LCPKS dan tanah kontrol kepadatan massa tanah pada kedalaman 0-30 cm cenderung naik dan pada kedalaman 30-60 cm kepadatan massa tanah cukup seimbang (tabel 5). Menurut Muhammad (2024) Pengaplikasian tandan kosong kelapa sawit (TKKS) berpengaruh terhadap kepadatan massa tanah. Hal ini disebabkan oleh sifat TKKS yang merupakan bahan organik berserat tinggi, yaitu sekitar 86%, dengan kandungan selulosa sebesar 39% dan holoselulosa sekitar 56,49%. Kandungan serat yang tinggi membuat TKKS tidak mudah terdekomposisi di dalam tanah serta mampu mengisi pori-pori tanah dalam jumlah lebih banyak, namun tetap bersifat ramah lingkungan. Selain itu, keberadaan bahan organik ini menjadi sumber energi bagi mikroorganisme tanah. Aktivitas mikroba dalam mendekomposisi TKKS

menghasilkan asam-asam organik yang dapat melonggarkan ikatan antar mineral tanah, sehingga mendorong terbentuknya koloni mikroorganisme yang lebih banyak dan bertahan lebih lama di dalam tanah.

Pada hasil analisa yang dapat dilihat pada (tabel 5, 6 dan 7) bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan pada tanah dengan aplikasi LCPKS, janjang kosong dan tanah tanpa aplikasi (kontrol). Nilai persentase yang didapat pada kedalaman 0-30 cm pada LCPKS yakni berkisar 69.98 %-73.71%, untuk janjang kosong diperoleh persentase berkisar 70.36%-79.57%, kemudian untuk tanpa aplikasi (kontrol) dengan persentase berkisar 68.77%-77.81%. Pada kedalaman 30-60 cm untuk LCPKS didapati nilai persentase 68.16%-78.24%, nilai persentase pada janjang kosong 73.27%-83.13% serta nilai persentase pada tanah tanpa aplikasi (kontrol) 63.34%-81.12%. Porositas tanah sangat dipengaruhi oleh kandungan bahan organik. Semakin tinggi kandungan bahan organik, maka bobot volume (*bulk density*) tanah akan semakin rendah, sehingga total ruang pori tanah meningkat. Limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) yang mengandung bahan organik cukup tinggi berpotensi meningkatkan total porositas tanah. Nilai porositas juga dipengaruhi oleh bulk density dan tekstur tanah. Semakin tinggi kerapatan massa tanah, maka porositas cenderung menurun. (Friska, 2017; Safira, 2024).

Dari hasil analisa kapasitas untuk menahan air lebih dominan pada kategori sedang yang artinya cukup baik untuk pertumbuhan tanaman karena bisa dipastikan tanaman dapat ketersediaan air yang cukup selama kemarau atau ketika curah hujan rendah. Tanah yang berkulitas baik umumnya berwarna coklat gelap pada permukaan, yang umumnya berhubungan dengan kandungan bahan organik yang

relatif tinggi. Dari hasil analisa warna tanah pada LCPKS cenderung berwarna coklat yang artinya tanah tersebut cukup baik untuk tanaman. Warna tanah pada tanah tanpa aplikasi (kontrol) cenderung ke tingkat subur sedang untuk tanaman yang mana pada tanah kontrol terdapat warna coklat pucat, abu-abu dan coklat keabu-abuan yang memang memiliki tingkat kesuburan sedang, begitupun pada tanah aplikasi janjang kosong. Warna tidak bisa dijadikan patokan tingkat kesuburan tanah, untuk mengetahui kualitas secara lengkap perlu dilakukan analisa lebih lanjut seperti pengukuran kandungan bahan organik, pH dan tekstur. Menurut Holilullah (2015) Warna tanah dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya kandungan bahan organik yang umumnya memberikan warna gelap hingga hitam. Selain itu, mineral primer fraksi ringan seperti kuarsa dan plagioklas dapat menyebabkan warna tanah putih keabuan. Kehadiran oksida besi juga sangat menentukan warna tanah, misalnya *goethit* yang memberikan warna coklat kekuningan, sedangkan hematit menyebabkan warna merah. Secara umum, semakin coklat warna tanah menunjukkan kandungan *goethit* yang lebih tinggi, sedangkan semakin merah warna tanah menunjukkan dominasi hematit.

Hasil uji t (tabel 11) yang dilakukan pada kepadatan massa tanah (bulk density) dan porositas tanah menunjukkan tidak adanya perbedaan nyata secara statistik antara blok dengan aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS), janjang kosong, maupun kontrol. Hal ini mengindikasikan bahwa perlakuan yang diberikan tidak cukup berpengaruh terhadap perubahan sifat fisik tanah, khususnya kepadatan massa dan porositas. Nilai p yang lebih besar dari taraf signifikansi ($\alpha = 0,05$) menunjukkan bahwa hipotesis nol yang menyatakan tidak ada perbedaan

antarperlakuan diterima. Dengan demikian, aplikasi LCPKS dan jangjang kosong tidak menyebabkan perubahan signifikan terhadap sifat fisik tanah dibandingkan dengan kontrol. Temuan ini sejalan dengan penelitian (Indriyani *et al.*, 2023) yang melaporkan bahwa penerapan LCPKS tidak memberikan perubahan signifikan pada sifat fisika tanah, termasuk kepadatan massa dan porositas.

Berdasarkan hasil analisa nilai pH tanah dengan aplikasi jangjang kosong lebih tinggi jika dibandingkan dengan aplikasi LCPKS dan tanpa aplikasi (kontrol). Yang mana memiliki masing-masing memiliki nilai rata-rata 4.58 pada jangjang kosong, 4.48 pada tanah kontrol dan 4.45 pada LCPKS. Untuk blok pH tertinggi dijumpai pada blok jangjang kosong yaitu blok K18 dengan pH 5,1 pada kedalaman 30-60 cm dengan kriteria masam dan blok terendah dijumpai pada blok kontrol yaitu blok J18 dengan pH 3,6 pada kedalaman 30-60 cm dengan kriteria sangat masam. Hal ini menunjukkan bahwa pada lokasi penelitian umumnya memiliki kemasaman tanah yang tinggi. Rendahnya pH tanah pada lokasi penelitian diduga karena curah hujan tinggi menyebabkan pencucian basa (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , dan Na^+) dari profil tanah. Akibatnya, ion H^+ dan Al^{3+} mendominasi kompleks pertukaran kation dan menurunkan pH tanah (wei *et al.*, 2020).

pH tanah sangat mempengaruhi ketersediaan unsur hara makro dan mikro dalam tanah. Tanah bereaksi agak masam disebabkan karena tanah kekurangan kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) yang disebabkan oleh curah hujan yang tinggi, pupuk pembentuk asam, drainase yang kurang baik, serta adanya unsur-unsur berlebihan Al dan Fe dan proses dekomposisi bahan organik (Nasamsir *et al.*, 2022).

Pada (tabel 8, 9 dan 10) KTK tinggi dijumpai pada blok dengan aplikasi LCPKS yaitu blok M17 $136,68 \text{ C mol}^+ \text{ kg}^-$ pada kedalaman 30-60 cm dengan kriteria sangat tinggi dan blok terendah dijumpai pada aplikasi janjang kosong yaitu blok K19 $72,43 \text{ C mol}^+ \text{ kg}^-$ pada kedalaman 30-60 cm dengan kriteria sangat tinggi. KTK pada lahan penelitian seluruhnya sangat tinggi. Diduga KTK yang sangat tinggi dikarenakan pemberian LCPKS dan janjang kosong yang mampu meningkatkan bahan organik atau mineral yang bermuatan tinggi, sedangkan untuk tanah kontrol memiliki KTK yang tinggi diduga karena warna tanah rata-rata gelap yang menandakan bahan organik yang tinggi. Menurut Allen *et al.*, (2016) Kapasitas tukar kation (KTK) umumnya meningkat pada tanah dengan kandungan fraksi liat yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan oleh sifat liat yang memiliki muatan permukaan negatif dan luas permukaan spesifik yang lebih besar, sehingga mampu mengikat serta mempertukarkan kation dalam jumlah lebih banyak dibandingkan fraksi pasir maupun debu. Selain tekstur, faktor lain yang mempengaruhi nilai KTK tanah adalah kandungan bahan organik atau humus, karena bahan organik juga memiliki gugus bermuatan negatif yang berperan penting dalam proses pertukaran kation.

Dari hasil analisis tanah pada (tabel 7, 8 dan 9) N-total tertinggi dijumpai pada blok dengan aplikasi LCPKS yaitu blok M18 0,255% pada kedalaman 30-60 cm dengan kriteria sedang dan nilai N-total terendah dijumpai pada blok dengan aplikasi janjang kosong yaitu pada blok K17 0,118% pada kedalaman 0-30 cm dengan kriteria rendah. Menurut Nariratih *et al.*, (2013) Unsur hara nitrogen (N) merupakan unsur yang sangat mobile di dalam tanah sehingga mudah mengalami

perubahan bentuk maupun kehilangan. Kehilangan nitrogen umumnya disebabkan oleh proses pencucian (*leaching*) terutama pada tanah dengan curah hujan tinggi, serta penguapan (*volatilisasi*) yang terjadi akibat perubahan nitrogen menjadi gas. LCPKS mengandung unsur hara makro dan mikro yang cukup tinggi, termasuk nitrogen. Ketika diaplikasikan ke tanah, senyawa nitrogen dari LCPKS dapat meresap hingga ke lapisan tanah yang lebih dalam. Oleh karena itu, pada blok M16 kandungan N-total yang tinggi di kedalaman 30–60 cm dapat dikaitkan dengan mobilitas nitrogen dari LCPKS yang larut dan terserap ke lapisan bawah. Janjang kosong memiliki kandungan nitrogen yang lebih rendah dibandingkan LCPKS, dan mineralisasi unsur hara dari JJK berlangsung lebih lambat karena struktur organiknya yang lebih kasar dan tahan dekomposisi. Pada blok K17, rendahnya N-total di kedalaman 0–30 cm menunjukkan bahwa pelepasan nitrogen dari JJK belum berlangsung optimal, atau sebagian besar nitrogen masih terikat dalam bentuk organik yang belum terdekomposisi sempurna.

Hasil dari analisis posfor tanah menunjukkan P-tersedia paling tertinggi dijumpai pada blok dengan aplikasi janjang kosong yaitu pada blok K18 795,07 mg/kg pada kedalaman 30-60 cm dengan kategori sangat tinggi, dan P-tersedia paling rendah dijumpai pada blok dengan aplikasi kontrol yaitu pada blok J17 17,44 mg/kg pada kedalaman 0-30 cm dengan kriteria sangat tinggi. Menurut Bako *et al.*, (2023) Rendahnya ketersediaan hara P dalam tanah mengindikasikan perlunya strategi pengelolaan hara P untuk meningkatkan serapan hara oleh tanaman serta menunjang produksi. Salah satu alternatif yang dapat diterapkan adalah pemupukan terpadu, yaitu dengan memanfaatkan berbagai sumber hara P yang tersedia, baik

dari pupuk anorganik seperti SP-36 maupun dari pupuk organik, misalnya pupuk kandang sapi dan pupuk hijau kirinyu. Oleh karena itu diduga di tempat penelitian memiliki P-tersedia yang sangat tinggi dikarenakan pemberian pupuk anorganik di lahan kontrol, pemberian jangkos dan LCPKS.

Hasil Analisa pada (tabel 8, 9 dan 10) menunjukkan nilai K-tersedia paling tinggi dijumpai pada blok dengan aplikasi jangjang kosong yaitu pada blok K18 $8,056 \text{ C mol}^+/\text{kg}^-$ pada kedalaman 30-60 cm dengan kriteria sangat tinggi, dan blok terendah dijumpai pada blok dengan aplikasi limbah cair pabrik yaitu pada blok M17 $0,153 \text{ C mol}^+/\text{kg}^-$ pada kedalaman 0-30 cm dengan kriteria sangat rendah. Hasil yang menunjukkan pengaruh jangjang kosong kelapa sawit terhadap peningkatan kandungan kalium tanah, terutama pada kedalaman 30–60 cm, aplikasi bahan organik seperti jangjang kosong dapat meningkatkan kadar kalium tanah. LCPKS dapat meningkatkan kalium tanah, meskipun distribusinya tidak merata tergantung pada kedalaman dan sifat tanah. Kadar kalium yang sangat tinggi pada kedalaman 30–60 cm di blok K dan blok J juga menunjukkan bahwa pengaruh perlakuan dapat berbeda tergantung pada kedalaman, hal ini mendukung temuan dari beberapa studi yang menyatakan perbedaan distribusi unsur hara pada kedalaman yang berbeda (Lestari *et al.*, 2021; Santoso *et al.*, 2020; Sutrisno *et al.*, 2019).

Hasil uji t (tabel 11) pada sifat kimia tanah tidak menunjukkan beda nyata yang berarti tidak ada perbedaan signifikan antara blok dengan aplikasi LCPKS, jangjang kosong, dan kontrol. Kecuali pada KTK antara blok J (kontrol) dan K (jangjang kosong): ditemukan perbedaan signifikan karena tanah kontrol tidak

mengalami gangguan dekomposisi bahan organik baru, sehingga struktur koloid dan muatan negatifnya relatif stabil serta mempertahankan KTK yang tinggi, sedangkan pada blok janjang kosong (JJK), proses awal dekomposisi bahan organik justru sementara mengurangi ketersediaan kation yang terikat di kompleks pertukaran mengakibatkan turunnya KTK secara signifikan. Secara statistik, perbedaan ini cukup besar, yaitu sekitar $24,35 \text{ C mol}^+/\text{kg}^-$ dan konsisten antar replikasi, sehingga uji t menemukan beda yang signifikan. Fenomena ini didukung oleh penelitian (Balqies *et al.*, 2018) yang melaporkan bahwa aplikasi kompos dan zeolit pada Ultisol meningkatkan KTK secara nyata dibanding perlakuan tanpa aplikasi, terutama pada kedalaman yang lebih dangkal, sebagai akibat stabilitas struktur tanah dan pengikatan ion oleh bahan organik yang sudah terdekomposisi sempurna.

Pada data produksi tahun 2021, lahan yang diberi perlakuan janjang kosong dan LCPKS menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan lahan kontrol. Hal ini kemungkinan disebabkan karena selain mendapat pupuk kimia, kedua lahan tersebut juga memperoleh tambahan pupuk organik berupa janjang kosong dan LCPKS. Meskipun kandungan unsur hara dalam pupuk organik tidak setinggi pupuk kimia, penggunaan janjang kosong dan LCPKS mampu meningkatkan kandungan hara tanah serta memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Janjang kosong diketahui mengandung unsur hara lengkap seperti N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, dan B, sementara LCPKS mengandung N, P, K, dan Mg. Kombinasi ini berkontribusi pada peningkatan produktivitas tanaman dibandingkan lahan kontrol yang hanya mendapat perlakuan pupuk kimia (Pohan *et al.*, 2022).

Pada 2022 memiliki data hasil produksi yang sama pada setiap perlakuan, hal ini diduga pada perlakuan LCPKS hanya diberikan sedikit tambahan pupuk kimia, begitu juga dilahan yang di aplikasikan janjang kosong, sedangkan pada lahan kontrol diberikan pupuk kimia yang lebih banyak dan rata di setiap blok yang di amati. Hal ini dikarenakan ketersediaan pupuk yang terbatas. Tahun 2023 pada lahan dengan perlakuan LCPKS dan janjang kosong memiliki hasil terbaik dibandingkan lahan kontrol, hal ini diduga karena sedang terjadi fenomena el nino, karena LCPKS merupakan pupuk organik cair dan janjang kosong membantu meningkatkan kelembaban tanah sehingga memberikan ketersediaan air yang cukup di dalam tanah (BMKG, 2025).

Perbedaan signifikan produksi pada tahun 2024 tidak hanya dipengaruhi oleh faktor pemupukan, tetapi juga erat kaitannya dengan perbedaan luasan blok dan jumlah pokok yang cukup besar antar perlakuan. Blok dengan aplikasi LCPKS (M16–M18) memiliki luasan lebih luas (29–30 ha) dengan jumlah pokok lebih banyak (± 3.900 – 4.050 pokok) dibandingkan blok kontrol (J16–J18: 24–28 ha, 3.199–3.672 pokok) maupun blok janjang kosong (K17–K19: 27–28 ha, 3.608–3.778 pokok). Dengan jumlah pokok yang lebih besar, potensi produksi TBS juga lebih tinggi. Pada tahun 2024, intensitas pemupukan meningkat (Tabel 13), sehingga blok dengan luasan dan jumlah pokok lebih besar memberikan respons yang lebih nyata, terutama pada perlakuan LCPKS yang unsur haranya lebih cepat tersedia dibandingkan JJK. Hal ini sejalan dengan (Siregar *et al.*, 2018) bahwa produktivitas kelapa sawit sangat dipengaruhi oleh manajemen pemupukan,

kerapatan tanaman (jumlah pokok per hektar), dan luas areal efektif yang dipelihara.

Tabel 13 menunjukkan bahwa jumlah pemupukan kelapa sawit di Seriang Estate bervariasi antar blok dan tahun. Secara umum, terjadi peningkatan pemupukan pada tahun 2024, dengan blok M17 mencatat jumlah tertinggi (47,95 ton), sementara pemupukan terendah terjadi di blok M16 pada 2023 (0,39 ton) dan nihil pada 2022 dikarenakan pengiriman pupuk dari pusat terhambat sehingga ketersediaan pupuk di Gudang central tidak ada. Beberapa blok seperti K17 dan K18 menunjukkan tren pemupukan meningkat tiap tahun, mengindikasikan penerapan manajemen pemupukan yang lebih intensif. Ketidakteraturan pemupukan di beberapa blok kemungkinan dipengaruhi oleh kondisi lahan, status tanaman, atau alokasi pupuk yang tidak merata. Pemupukan yang tepat dan konsisten penting untuk mendukung produktivitas dan kesuburan tanah (Siregar *et al.*, 2018).

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan bahwa:

1. Aplikasi LCPKS dan JJK tidak berpengaruh nyata terhadap sebagian besar sifat fisik dan kimia tanah, kecuali pada KTK yang menunjukkan perbedaan signifikan antara kontrol dan JJK.
2. Produksi Tandan Buah Segar (TBS) tahun 2021–2023 tidak berbeda nyata antarperlakuan, namun pada tahun 2024 terjadi perbedaan signifikan terutama pada lahan aplikasi LCPKS dan JJK.
3. Aplikasi LCPKS dan JJK berpotensi sebagai pupuk organik untuk mendukung kesuburan tanah serta mengurangi ketergantungan pada pupuk anorganik, meskipun belum dapat menggantikannya sepenuhnya.