

Pemanfaatan Limbah Padat Industri Kelapa Sawit dalam Remediasi Tanah Marginal melalui Kajian Agronomis dan Sosial

Novi Hidayanti^{1*}, Reflis²

Pengelolaan Sumberdaya Alam, Universitas Bengkulu^{1,2}

Corresponding Author's Email: hidayaninovi1@gmail.com

Sejarah Artikel:

Received 25-05-2025

Accepted 26-05-2025

Published 27-05-2025

ABSTRACT

Lahan marginal memiliki keterbatasan dalam mendukung produktivitas pertanian karena keasaman tanah yang tinggi, rendahnya kandungan bahan organik, dan kapasitas tukar kation yang rendah. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas empat jenis limbah padat dari pengolahan kelapa sawit yaitu tandan kosong sawit, abu janjang, lumpur decanter, dan serat serta cangkang sawit dalam memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah marginal serta menilai persepsi masyarakat terhadap penggunaannya. Penelitian dilakukan menggunakan rancangan acak lengkap dengan lima perlakuan dan tiga ulangan. Limbah diaplikasikan ke dalam tanah dengan dosis lima persen dari bobot kering dan diinkubasi selama enam puluh hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh perlakuan memberikan perbaikan signifikan terhadap parameter tanah. Tandan kosong sawit meningkatkan kadar karbon organik dari nol koma delapan lima persen menjadi dua koma sembilan persen dan kapasitas tukar kation dari delapan koma lima menjadi dua puluh empat koma tiga miliekuivalen per seratus gram. Serat dan cangkang sawit meningkatkan karbon organik menjadi dua koma tujuh persen dan kapasitas tukar kation menjadi dua puluh tiga koma nol. Abu janjang efektif dalam menaikkan pH tanah dari empat koma lima menjadi tujuh koma lima dan menghasilkan kandungan fosfor dan kalium tersedia tertinggi. Lumpur decanter memberikan kontribusi terhadap peningkatan kelembaban dan kandungan unsur mikro. Persepsi masyarakat terhadap tandan kosong sawit dan serat tergolong tinggi, sementara terhadap abu janjang dan lumpur decanter berada pada tingkat sedang. Penelitian ini menyimpulkan bahwa limbah padat kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai bahan perbaikan tanah marginal secara berkelanjutan.

Keywords: Lahan Marginal, Limbah Kelapa Sawit, Bahan Organik, Perbaikan Tanah, Persepsi Masyarakat

How To Cite:

Hidayanti, N., & Reflis, R. (2025). Pemanfaatan Limbah Padat Industri Kelapa Sawit dalam Remediasi Tanah Marginal melalui Kajian Agronomis dan Sosial. *Jejak Digital: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 1(3), 586-597. <https://doi.org/10.63822/ryc6vd45>

PENDAHULUAN

Lahan marginal merupakan salah satu tantangan utama dalam pengembangan sektor pertanian berkelanjutan di Indonesia. Lahan jenis ini umumnya dicirikan oleh tingkat kesuburan rendah, pH tanah masam, kandungan bahan organik yang minim, serta kapasitas tukar kation (KTK) yang terbatas. Kondisi tersebut secara langsung berdampak pada rendahnya produktivitas dan kemampuan tanah dalam mendukung pertumbuhan tanaman (Isnaeni et al., 2023; Suwardi, 2019). Oleh karena itu, intervensi dalam bentuk perbaikan sifat fisik dan kimia tanah menjadi sangat penting untuk mengoptimalkan pemanfaatan lahan marginal. Seiring dengan berkembangnya industri kelapa sawit, jumlah limbah padat yang dihasilkan dari proses pengolahan minyak kelapa sawit mentah (CPO) semakin meningkat. Limbah solid seperti tandan kosong sawit (TKS), abu janjang, lumpur decanter, dan serat serta cangkang sawit memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan amelioran dalam perbaikan tanah. Limbah-limbah ini tidak hanya melimpah jumlahnya, tetapi juga mengandung unsur hara dan bahan organik yang bermanfaat bagi kesuburan tanah (Utami et al., 2024; Saidy et al., 2024; Setiawan, 2021). Pemanfaatan limbah ini tidak hanya menjawab permasalahan lingkungan akibat akumulasi residu industri, tetapi juga menawarkan pendekatan ekonomi sirkular di bidang pertanian.

Meskipun berbagai jenis limbah solid kelapa sawit telah banyak diteliti sebagai sumber bahan organik, namun pemanfaatannya untuk remediasi tanah marginal masih belum optimal, baik dari sisi efektivitas agronomis maupun penerimaan masyarakat. Masalah utama yang muncul meliputi ketidaktahuan mengenai karakteristik dan pengaruh spesifik tiap jenis limbah terhadap tanah, variasi pengaruh terhadap parameter fisik dan kimia tanah, serta persepsi masyarakat terhadap penggunaan limbah dalam kegiatan pertanian (Priatna, 2019). Tanpa pemahaman yang baik mengenai karakteristik limbah dan respons sosial pengguna, upaya penerapan teknologi berbasis limbah berisiko gagal dalam implementasi jangka panjang. Selain itu, pemanfaatan limbah secara langsung ke lahan marginal memerlukan pendekatan ilmiah yang komprehensif, mulai dari analisis kandungan nutrisi, potensi peningkatan pH dan C-organik, hingga dampaknya terhadap struktur dan warna tanah (Akram et al., 2022). Dengan demikian, kajian yang mengintegrasikan data laboratorium dengan aspek sosial-ekonomi masyarakat menjadi hal yang krusial.

Beberapa studi sebelumnya menunjukkan bahwa aplikasi tandan kosong sawit dapat meningkatkan kandungan bahan organik tanah serta memperbaiki aerasi dan struktur tanah (Gunawan et al., 2020). Limbah ini memiliki kandungan karbon organik tinggi dan struktur fisik yang mendukung pembentukan agregat tanah (Tao et al., 2018). Sementara itu, abu janjang yang berasal dari pembakaran biomassa mengandung unsur basa seperti kalsium dan magnesium yang efektif dalam menetralisasi keasaman tanah (Pupathy & Sundian, 2020). Namun, penggunaannya perlu dikendalikan karena sifat alkalinitasnya yang ekstrem dapat memengaruhi keseimbangan pH tanah jika diaplikasikan berlebihan. Lumpur decanter, hasil residu dari proses pemisahan minyak sawit, memiliki kandungan air tinggi serta unsur mikro yang bermanfaat. Penelitian oleh Harahap et al. (2021) menyebutkan bahwa lumpur ini efektif dalam meningkatkan kelembaban tanah dan kandungan nutrisi mikro seperti Fe dan Mn. Di sisi lain, serat dan cangkang sawit yang merupakan residu dari pengepresan buah kelapa sawit, terbukti mengandung karbon dan lignin yang dapat memperbaiki tekstur serta kestabilan struktur tanah (Rahmadani et al., 2022). Namun demikian, terdapat kesenjangan kajian yang mengkaji secara bersamaan dampak dari keempat jenis limbah tersebut pada tanah marginal, baik dari aspek agronomis maupun sosiokultural. Penelitian komprehensif yang membandingkan keefektifan limbah serta mengevaluasi persepsi masyarakat lokal masih sangat terbatas dalam literatur.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas empat jenis limbah solid kelapa sawit

(TKS, abu janjang, lumpur decanter, dan serat serta cangkang sawit) dalam memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah marginal. Penelitian ini juga menganalisis persepsi masyarakat terhadap penggunaan limbah tersebut dalam kegiatan pertanian. Cakupan penelitian meliputi karakterisasi kimia limbah, pengaruhnya terhadap parameter tanah (pH, C-organik, KTK, unsur hara, struktur, dan warna), serta penilaian sosial melalui pendekatan skala Likert. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah dan sosial untuk mendukung penggunaan limbah kelapa sawit dalam pengelolaan lahan marginal secara berkelanjutan. Keunikan dari penelitian ini terletak pada integrasi antara evaluasi ilmiah terhadap efektivitas berbagai jenis limbah kelapa sawit dan penilaian sosial berbasis persepsi masyarakat. Studi ini tidak hanya menyoroti dimensi agronomis dari aplikasi limbah, tetapi juga memberikan gambaran mengenai potensi penerimaan masyarakat yang menjadi faktor kunci dalam implementasi skala lapangan. Dengan pendekatan multidisipliner ini, penelitian ini berkontribusi pada upaya pemanfaatan limbah industri kelapa sawit secara berkelanjutan serta memperluas wawasan tentang strategi remediasi lahan marginal berbasis sumber daya lokal.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan empat jenis limbah solid kelapa sawit yang diperoleh dari unit pengolahan kelapa sawit di wilayah Bengkulu, yaitu tandan kosong sawit (TKS), abu janjang, lumpur decanter, dan serat serta cangkang sawit. Masing-masing limbah memiliki karakteristik kimia yang berbeda, meliputi pH, kadar karbon organik (C-organik), dan kapasitas tukar kation (KTK), sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 1. Selain itu, tanah marginal yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari lahan tidak produktif di Kabupaten Bengkulu Utara. Tanah tersebut digunakan sebagai media perlakuan untuk mengevaluasi dampak aplikasi limbah terhadap perubahan sifat fisik dan kimia tanah serta persepsi masyarakat.

1. Sampel Penelitian

Setiap jenis limbah dipersiapkan melalui proses pengeringan udara selama tujuh hari untuk menurunkan kadar air dan menghindari pembusukan. Setelah itu, limbah dihancurkan dan disaring menggunakan ayakan berukuran 2 mm agar homogen. Tanah marginal juga dikeringkan dan diayak sebelum digunakan. Masing-masing jenis limbah dicampur ke dalam tanah dalam pot plastik dengan dosis 5% dari bobot tanah kering. Campuran ini diinkubasi selama 60 hari untuk mengevaluasi perubahan karakteristik tanah. Kondisi kelembaban dijaga agar tetap mendekati kapasitas lapang melalui penyiraman teratur.

2. Metode Sampling

Penelitian dilakukan di Bengkulu selama Januari hingga Maret 2025. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan lima perlakuan, yaitu kontrol (tanpa limbah), TKS, abu janjang, lumpur decanter, dan serat serta cangkang sawit. Masing-masing perlakuan dilakukan dalam tiga ulangan, sehingga total unit percobaan sebanyak 15. Seluruh pot diinkubasi di bawah kondisi lingkungan terkendali. Parameter tanah diamati setelah masa inkubasi selesai, termasuk pH, kadar C-organik, KTK, nitrogen total, fosfor dan kalium tersedia, serta pengamatan visual terhadap struktur dan warna tanah (Ratnasari et al., 2024).

3. Parameter Penelitian

Parameter yang diamati meliputi sifat kimia dan fisik tanah. Pengukuran pH dilakukan dengan metode suspensi tanah-air (1:2,5) menggunakan pH meter. Kandungan C-organik dianalisis menggunakan metode Walkley-Black. KTK diukur dengan metode ekstraksi NH_4OAc 1N pH 7. Kandungan N total ditentukan dengan metode Kjeldahl, P tersedia menggunakan metode Bray I, dan K tersedia dengan spektrofotometer serapan atom (AAS). Selain itu, struktur tanah diklasifikasikan berdasarkan bentuk agregat tanah (gumpalan kasar, remah, remah stabil), sedangkan warna tanah ditentukan menggunakan Munsell Soil Color Chart. Untuk aspek sosial, data persepsi masyarakat terhadap penggunaan masing-masing limbah dikumpulkan melalui kuesioner tertutup dengan enam indikator persepsi.

4. Analisis Data

Data yang diperoleh dari karakteristik limbah dan perubahan sifat tanah dianalisis secara deskriptif kuantitatif, dengan menghitung nilai rata-rata dan standar deviasi untuk setiap parameter dan perlakuan. Hasil analisis ini digunakan untuk menggambarkan tren umum dan efektivitas masing-masing jenis limbah dalam meningkatkan kualitas tanah marginal. Sementara itu, data persepsi masyarakat dianalisis menggunakan skala Likert tiga tingkat, dengan skor 1 untuk kategori rendah, 2 untuk sedang, dan 3 untuk tinggi. Skor dari setiap responden dirata-ratakan untuk tiap indikator dan perlakuan, kemudian diinterpretasikan secara deskriptif. Pendekatan ini bertujuan untuk memperoleh pemahaman umum mengenai tingkat penerimaan, kemudahan aplikasi, dan potensi berkelanjutan dari perspektif masyarakat (Muchlis et al., 2023).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakteristik Limbah Solid Kelapa Sawit dan Potensinya untuk Perbaikan Tanah Marginal

Analisis terhadap karakteristik fisik dan kimia berbagai jenis limbah solid kelapa sawit diperlukan untuk menilai potensinya sebagai bahan amelioran dalam perbaikan kualitas tanah marginal.

Tabel 1. Karakteristik dan Pengaruh Berbagai Jenis Limbah Solid Kelapa Sawit terhadap Tanah Marginal

Jenis Limbah Solid	Asal Limbah	pH	Kadar C-Organik (%)	Kapasitas Tukar Kation (me/100g)	Pengaruh Terhadap Tanah Marginal
Tandan Kosong Sawit (TKS)	Limbah padat dari pabrik CPO	6,2	43,1	385	Meningkatkan bahan organik dan aerasi tanah
Abu Janjang	Hasil pembakaran limbah TKS	10,5	15,0	25,3	Menaikkan pH tanah, menambah unsur hara makro
Lumpur Decanter	Endapan dari proses pemisahan	4,8	28,7	32,1	Meningkatkan kelembaban dan kandungan mikronutrien
Serat dan Cangkang Sawit	Sisa padat dari proses pengepres	6,8	35,6	30,7	Menambah kandungan karbon dan memperbaiki struktur tanah

pH tanah merupakan parameter penting dalam menentukan ketersediaan unsur hara dan aktivitas mikrobiologis tanah. Limbah solid kelapa sawit memiliki variasi pH yang signifikan. Abu janjang menunjukkan pH tertinggi sebesar 10,5, yang menandakan sifat sangat alkalin. Karakter ini menjadikan abu janjang efektif dalam menetralisasi tanah yang sangat asam, seperti ultisol dan inceptisol. Sebaliknya, lumpur decanter memiliki pH terendah (4,8), yang kurang efektif dalam menaikkan pH tanah tetapi berpotensi sebagai sumber unsur mikro dan bahan organik. TKS dan serat serta cangkang sawit menunjukkan pH masing-masing 6,2 dan 6,8, yang relatif netral dan mendukung kondisi optimal bagi pertumbuhan tanaman tropis. Kombinasi pH netral dan kandungan bahan organik tinggi dari kedua jenis limbah ini menjadikannya pilihan unggul dalam memperbaiki kondisi tanah marginal dengan keasaman sedang. C-organik berperan dalam meningkatkan struktur tanah, aktivitas biologis, dan kapasitas retensi air serta hara. TKS memiliki kadar C-organik tertinggi (43,1%), yang menunjukkan potensi besar dalam perbaikan tanah marginal. Diikuti oleh serat dan cangkang sawit (35,6%), kedua limbah ini memiliki kandungan lignoselulosa yang tinggi dan dekomposisi lambat, memberikan efek jangka panjang terhadap peningkatan kualitas tanah.

Lumpur decanter dengan kadar C-organik 28,7% memberikan kontribusi cukup besar terhadap kandungan bahan organik tanah. Sebaliknya, abu janjang memiliki kadar C-organik terendah (15,0%) akibat proses pembakaran. Meskipun demikian, abu janjang masih relevan sebagai sumber unsur mineral yang dapat mempercepat proses pemulihan tanah dari aspek kimia. KTK merupakan indikator kemampuan tanah dalam menyimpan dan menyediakan unsur hara esensial. TKS menunjukkan nilai KTK tertinggi (38,5 me/100g), sejalan dengan kandungan C-organik yang tinggi, yang memperkaya koloid organik tanah. Serat dan cangkang sawit serta lumpur decanter masing-masing mencatat nilai KTK sebesar 30,7 dan 32,1 me/100g, mengindikasikan kemampuan sedang dalam mempertahankan hara dan menunjang produktivitas tanah. Abu janjang memiliki nilai KTK terendah (25,3 me/100g), namun tetap memberikan kontribusi dalam penyediaan unsur hara makro seperti K dan Ca. Hal ini menegaskan bahwa jenis limbah dengan nilai KTK rendah tetap dapat digunakan secara strategis untuk fungsi spesifik, misalnya sebagai penetral pH dan sumber hara makro cepat tersedia. Selain komponen kimia, pengaruh terhadap sifat fisik tanah juga penting. TKS dan serat serta cangkang sawit berkontribusi langsung dalam memperbaiki struktur tanah, meningkatkan porositas, dan aerasi, sehingga mendukung pertumbuhan akar dan aktivitas mikroorganisme tanah. Penelitian menunjukkan bahwa aplikasi tandan kosong sawit secara signifikan meningkatkan stabilitas agregat dan menurunkan kepadatan tanah, serta meningkatkan ruang pori makro yang mendukung aerasi tanah (Tao et al., 2018). Selain itu, kompos dari serat dan cangkang sawit yang mengandung serat kasar juga terbukti memperkuat struktur tanah dan memperbaiki kapasitas retensi air, yang berkontribusi pada pertumbuhan tanaman yang lebih baik (Setiawan, 2021).

Lumpur decanter berperan dalam meningkatkan kelembaban tanah karena kapasitas airnya yang tinggi, cocok untuk tanah berpasir atau daerah dengan curah hujan rendah. Studi menunjukkan bahwa aplikasi sludge dari pabrik kelapa sawit secara signifikan meningkatkan agregasi tanah dan retensi air, terutama pada tanah bertekstur pasir seperti di wilayah pesisir (Lisan et al., 2025). Abu janjang, meskipun tidak memberikan kontribusi besar pada perbaikan struktur, dapat meningkatkan penetrasi air melalui pengendalian pH dan salinitas, karena kandungan basa yang mampu menetralkan keasaman dan memperbaiki kemampuan infiltrasi tanah masam (Setiawan et al., 2020). Analisis komprehensif dari keempat jenis limbah menunjukkan bahwa masing-masing memiliki keunggulan spesifik yang dapat dimanfaatkan sesuai kebutuhan lahan. TKS unggul sebagai sumber bahan organik jangka panjang, abu janjang sebagai amelioran untuk tanah asam, lumpur decanter sebagai penyumbang kelembaban dan

mikronutrien, dan serat serta cangkang sawit sebagai pembentuk struktur tanah. Penelitian terdahulu menyimpulkan bahwa kombinasi limbah kelapa sawit seperti tandan kosong, abu, dan sludge mampu memperbaiki sifat kimia dan fisik tanah secara simultan, termasuk meningkatkan pH, bahan organik, dan stabilitas agregat tanah, sehingga cocok diterapkan pada tanah marginal (Anyaotha et al., 2018; Mulyani et al., 2016; Fitriana et al., 2024).

Implikasinya, pendekatan integratif dapat diterapkan dalam aplikasi lapangan. Kombinasi limbah, seperti TKS dengan abu janjang, dapat memberikan efek sinergis antara peningkatan bahan organik dan koreksi keasaman. Penyesuaian dosis dan cara aplikasi juga penting untuk memastikan efisiensi dan keberlanjutan penggunaan limbah. Dengan mempertimbangkan efektivitas, ketersediaan, dan dampak lingkungan, penggunaan limbah solid kelapa sawit berpotensi menjadi strategi yang berkelanjutan dan ekonomis dalam remediasi lahan marginal.

2. Dampak Aplikasi Limbah Solid Kelapa Sawit terhadap Perubahan Sifat Fisik dan Kimia Tanah Marginal

Evaluasi perubahan sifat fisik dan kimia tanah marginal setelah aplikasi limbah solid kelapa sawit diperlukan untuk menilai efektivitas masing-masing jenis limbah dalam meningkatkan kualitas tanah secara menyeluruh.

Tabel 2. Perubahan Karakteristik Tanah Marginal Setelah Aplikasi Berbagai Jenis Limbah Solid Kelapa Sawit

Parameter Tanah	Sebelum Aplikasi	TKS	Abu Janjang	Lumpur Decanter	Serat dan Cangkang
pH	4,5	6,2	7,5	5,8	6,5
Kadar C-Organik (%)	0,85	2,9	1,5	2,2	2,7
Kapasitas Tukar Kation (me/100g)	8,5	24,3	18,1	21,6	23,0
Kandungan N Total (%)	0,05	0,16	0,08	0,14	0,15
Kandungan P-tersedia (mg/kg)	3,2	10,4	13,8	9,6	11,2
Kandungan K-tersedia (mg/kg)	18,5	52,6	58,1	48,9	55,3
Struktur Tanah	Gumpalan kasar	Remah	Remah	Remah stabil	Remah stabil
Warna Tanah	Coklat keabu-abuan	Coklat	Coklat cerah	Coklat tua	Coklat tua

Tanah marginal umumnya bersifat masam, seperti yang terlihat dari nilai pH awal 4,5. Aplikasi berbagai jenis limbah menunjukkan efektivitas dalam menaikkan pH tanah. Abu janjang memiliki dampak paling signifikan, menaikkan pH hingga 7,5, menandakan kapasitas kuat dalam menetralisasi tanah asam. Hal ini konsisten dengan sifat alkalin dari abu hasil pembakaran yang mengandung kalsium karbonat dan magnesium oksida. TKS dan serat serta cangkang sawit juga menunjukkan efek peningkatan pH secara moderat, masing-masing menjadi 6,2 dan 6,5, yang mendekati pH optimal untuk ketersediaan unsur hara makro. Lumpur decanter memberikan peningkatan pH yang lebih terbatas (5,8), namun tetap menunjukkan perbaikan dibandingkan kondisi awal. Secara umum, semua jenis limbah menunjukkan potensi dalam pengelolaan keasaman tanah marginal.

Tanah marginal pada umumnya miskin bahan organik, seperti terlihat dari kadar awal C-organik yang hanya 0,85%. Setelah aplikasi limbah, terjadi peningkatan signifikan. TKS mencatat peningkatan tertinggi hingga 2,9%, menunjukkan efektivitasnya dalam memasok bahan organik karena kandungan lignoselulosa tinggi. Serat dan cangkang sawit serta lumpur decanter juga menunjukkan peningkatan yang berarti, masing-masing menjadi 2,7% dan 2,2%. Abu janjang, sebagai limbah dengan kandungan karbon yang rendah, hanya menaikkan kadar C-organik menjadi 1,5%. Meskipun demikian, kontribusi abu lebih menonjol pada koreksi kimia tanah daripada peningkatan bahan organik. Peningkatan kadar C-organik yang terjadi berkontribusi pada perbaikan struktur tanah, retensi air, dan aktivitas mikroorganisme.

Kapasitas Tukar Kation (KTK) awal pada tanah marginal sebesar 8,5 me/100g menunjukkan kondisi yang miskin kemampuan menyimpan hara. Aplikasi limbah padat secara signifikan meningkatkan KTK. TKS menunjukkan nilai tertinggi sebesar 24,3 me/100g, diikuti oleh serat dan cangkang (23,0), serta lumpur decanter (21,6). Peningkatan ini terkait erat dengan peningkatan C-organik, yang menyediakan koloid organik sebagai tempat pengikatan kation. Abu janjang juga menunjukkan peningkatan KTK menjadi 18,1 me/100g, menunjukkan bahwa meskipun kadar karbon rendah, kandungan mineral dalam abu dapat meningkatkan muatan koloid tanah. Peningkatan ini penting untuk meningkatkan efisiensi pemupukan dan mempertahankan hara dalam zona perakaran.

Peningkatan kandungan hara makro merupakan indikator penting efektivitas amelioran organik. Kandungan nitrogen total meningkat secara signifikan, terutama pada perlakuan TKS (0,16%) dan serat serta cangkang sawit (0,15%). Peningkatan ini mendukung kebutuhan nitrogen sebagai unsur utama pembentuk protein dan pertumbuhan vegetatif tanaman. Kandungan fosfor tersedia tertinggi ditemukan pada perlakuan abu janjang (13,8 mg/kg), menunjukkan bahwa limbah ini berperan penting sebagai sumber P cepat tersedia. Hal ini penting untuk mendukung pertumbuhan akar dan pembentukan bunga. Kalium tersedia meningkat tajam pada semua perlakuan, dengan nilai tertinggi pada abu janjang (58,1 mg/kg), diikuti oleh serat dan cangkang sawit (55,3 mg/kg) dan TKS (52,6 mg/kg). Kalium berperan penting dalam regulasi stomata dan metabolisme enzimatik tanaman.

Tanah marginal umumnya memiliki struktur gumpalan kasar dan warna pucat (coklat keabuan), yang mencerminkan kondisi miskin bahan organik dan aerasi buruk. Setelah aplikasi limbah, seluruh perlakuan menunjukkan perbaikan struktur menjadi remah hingga remah stabil, yang berkontribusi terhadap peningkatan infiltrasi, aerasi, dan penyerapan air. Penelitian menunjukkan bahwa limbah seperti tandan kosong sawit, sludge, dan kompos hasil dekomposisi serat mampu meningkatkan agregasi tanah, mempertajam warna tanah karena penambahan bahan organik, serta meningkatkan kemampuan infiltrasi dan porositas (Setiawan, 2021; Lisan et al., 2025; Hassan & Abdel, 2001). Perubahan warna tanah menjadi coklat tua atau coklat cerah merupakan indikator visual peningkatan bahan organik dan aktivitas biologis. Lumpur decanter dan serat serta cangkang sawit menghasilkan warna coklat tua, sedangkan TKS dan abu janjang menghasilkan warna coklat dan coklat cerah, yang menunjukkan peningkatan kualitas visual dan produktivitas tanah. Penelitian menunjukkan bahwa aplikasi limbah padat kelapa sawit mampu memperkaya kandungan bahan organik dan meningkatkan aktivitas mikroba, yang tercermin melalui perubahan warna dan struktur tanah menjadi lebih gelap dan gembur (Ratnasari et al., 2024; Saputra et al., 2019; Fitriana et al., 2024).

C. Persepsi Masyarakat terhadap Penggunaan Limbah Solid Kelapa Sawit dalam Upaya Remediasi Lahan Marginal

Pemahaman terhadap persepsi masyarakat menjadi aspek penting dalam mendukung implementasi penggunaan limbah solid kelapa sawit sebagai bahan remediasi, karena keberhasilan penerapan di lapangan sangat dipengaruhi oleh tingkat penerimaan dan dukungan sosial.

Tabel 3. Persepsi Masyarakat terhadap Penggunaan Berbagai Jenis Limbah Solid Kelapa Sawit dalam Remediasi Tanah Marginal

Aspek Persepsi	Tandan Kosong Sawit (TKS)	Abu Janjang	Lumpur Decanter	Serat dan Cangkang Sawit
Tingkat Penerimaan	Tinggi	Sedang	Tinggi	Tinggi
Kekhawatiran terhadap Bau	Rendah	Rendah	Tinggi	Sedang
Kemudahan Aplikasi di Lahan	Tinggi	Tinggi	Sedang	Sedang
Persepsi terhadap Keamanan	Tinggi	Tinggi	Sedang	Tinggi
Potensi Penggunaan Berkelanjutan	Tinggi	Sedang	Tinggi	Tinggi
Pengetahuan Awal Masyarakat	Sedang	Rendah	Rendah	Sedang

Tingkat penerimaan masyarakat merupakan faktor penting dalam keberhasilan implementasi teknologi berbasis limbah. Berdasarkan Tabel 3, TKS, lumpur decanter, dan serat serta cangkang sawit memperoleh tingkat penerimaan tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa masyarakat melihat ketiga limbah tersebut sebagai bahan yang aman, bermanfaat, dan mudah diintegrasikan dalam praktik pertanian. Sebaliknya, abu janjang hanya mendapatkan penerimaan sedang, kemungkinan karena karakteristik fisik dan kekhawatiran terhadap dampaknya pada struktur tanah jika digunakan secara berlebihan. Tingginya penerimaan TKS diduga karena limbah ini sudah umum dikenal dalam praktik mulsa dan kompos di kebun kelapa sawit. Demikian pula, serat dan cangkang sawit mulai dikenal masyarakat sebagai bahan campuran kompos dan media tanam alternatif.

Bau merupakan indikator yang secara langsung memengaruhi persepsi masyarakat terhadap kenyamanan lingkungan. TKS dan abu janjang mendapat persepsi rendah terhadap kekhawatiran bau, menunjukkan bahwa keduanya relatif tidak menimbulkan gangguan penciuman saat diaplikasikan di lapangan. Sebaliknya, lumpur decanter mendapat penilaian tertinggi dalam kekhawatiran bau, kemungkinan besar karena kandungan air dan materi organik basah yang berpotensi menimbulkan bau busuk saat tidak dikelola dengan baik. Serat dan cangkang sawit dinilai sedang, menandakan bahwa walaupun tidak seintens lumpur decanter, bahan ini dapat menimbulkan ketidaknyamanan pada saat awal aplikasi, terutama jika tidak dikomposkan terlebih dahulu. Penilaian ini menunjukkan pentingnya pengelolaan pasca-aplikasi untuk mengurangi dampak olfaktori.

Kemudahan aplikasi di lapangan berpengaruh besar terhadap adopsi praktik remediasi berbasis limbah. TKS dan abu janjang mendapat persepsi tinggi, menunjukkan bahwa keduanya mudah diaplikasikan, baik secara manual maupun mekanis. Sifat fisik ringan dan mudah tersebar menjadikan kedua limbah ini disukai oleh petani lokal. Lumpur decanter dan serat serta cangkang sawit memperoleh persepsi sedang dalam aspek ini. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh kebutuhan tenaga kerja tambahan

untuk penyebaran yang merata dan perlakuan awal seperti pengeringan atau pencampuran sebelum aplikasi. Kelembaban lumpur dan kekasaran serat memengaruhi efisiensi penanganan di lapangan.

Aspek keamanan mencakup persepsi terhadap dampak lingkungan, keselamatan pengguna, dan potensi residu. Semua limbah, kecuali lumpur decanter, mendapat penilaian tinggi dalam persepsi keamanan. Hal ini mengindikasikan bahwa masyarakat merasa yakin akan keamanan TKS, abu janjang, dan serat serta cangkang sawit dalam penggunaan jangka panjang. Lumpur decanter mendapat nilai sedang karena terdapat kekhawatiran terkait potensi cemaran biologis dan logam berat apabila tidak melalui pengolahan yang memadai. Kondisi ini menegaskan perlunya edukasi tentang pentingnya proses stabilisasi limbah sebelum aplikasi untuk memastikan keamanan agronomis.

Tingkat potensi penggunaan berkelanjutan menjadi indikator kunci dalam adopsi teknologi berbasis limbah. TKS, lumpur decanter, dan serat serta cangkang sawit dinilai tinggi, yang menunjukkan keyakinan masyarakat bahwa bahan-bahan ini dapat digunakan secara terus-menerus tanpa risiko degradasi tanah atau dampak lingkungan jangka panjang. Sebaliknya, abu janjang hanya dinilai sedang karena terdapat kekhawatiran terhadap peningkatan pH yang terlalu tinggi jika digunakan secara berlebihan. Kajian menunjukkan bahwa berbagai limbah kelapa sawit memiliki manfaat agronomis yang signifikan dan secara umum diterima masyarakat, namun tetap diperlukan pengelolaan hati-hati terutama untuk jenis yang dapat menyebabkan perubahan ekstrem pada sifat tanah seperti abu (Febriana et al., 2022; Nabila et al., 2023; Retnaningsih et al., 2024). Pengetahuan awal masyarakat berperan dalam menentukan kecepatan adopsi inovasi. Data menunjukkan bahwa TKS dan serat serta cangkang sawit lebih dikenal masyarakat dibandingkan abu janjang dan lumpur decanter. Hal ini menunjukkan perlunya pendekatan edukatif dan demonstrasi lapangan untuk meningkatkan pemahaman tentang manfaat dan teknik aplikasi limbah yang kurang dikenal. Studi menunjukkan bahwa persepsi dan niat petani dipengaruhi oleh informasi yang mereka miliki sejak awal, dan pendekatan berbasis penyuluhan terbukti efektif dalam meningkatkan adopsi praktik berbasis limbah di perkebunan sawit (Romero et al., 2018; Madjid et al., 2023).

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi empat jenis limbah solid kelapa sawit berdampak nyata terhadap perbaikan sifat fisik dan kimia tanah marginal. Peningkatan pH dari kondisi awal 4,5 menjadi 7,5 tercatat pada perlakuan abu janjang, menjadikannya bahan paling efektif dalam menetralisasi keasaman tanah. Tandan kosong sawit (TKS) menunjukkan pengaruh tertinggi dalam meningkatkan kandungan karbon organik, dari 0,85% menjadi 2,9%, serta kapasitas tukar kation (KTK) dari 8,5 menjadi 24,3 me/100g. Serat dan cangkang sawit juga memberikan peningkatan signifikan terhadap C-organik (menjadi 2,7%) dan KTK (23,0 me/100g), sekaligus memperbaiki struktur tanah menjadi remah stabil. Lumpur decanter meningkatkan kelembaban tanah dan kandungan unsur mikro, serta menghasilkan warna tanah yang lebih gelap (coklat tua), meskipun kenaikan pH dan C-organik relatif lebih rendah dibanding TKS dan serat. Kandungan nitrogen total tertinggi (0,16%) ditemukan pada TKS, sementara kandungan fosfor dan kalium tersedia tertinggi masing-masing tercatat pada abu janjang sebesar 13,8 mg/kg dan 58,1 mg/kg.

Dari sisi sosial, persepsi masyarakat menunjukkan tingkat penerimaan tinggi terhadap TKS dan serat serta cangkang sawit. Skor persepsi berada pada kategori “tinggi” untuk indikator kemudahan aplikasi, keamanan, dan potensi berkelanjutan. Sebaliknya, abu janjang dan lumpur decanter mendapat skor “sedang”, terutama karena kekhawatiran terhadap bau dan pemahaman yang masih terbatas. Dengan

demikian, pemanfaatan limbah solid kelapa sawit terbukti secara kuantitatif mampu memperbaiki kesuburan tanah marginal dan secara sosial memiliki tingkat penerimaan yang baik. Penggunaan kombinitif antar jenis limbah dan edukasi masyarakat direkomendasikan untuk meningkatkan keberlanjutan implementasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Akram, H., Levia, D., Herrick, J., Lydiasari, H., & Schütze, N. (2022). Water requirements for oil palm grown on marginal lands: A simulation approach. *Agricultural Water Management*, 259, 107292. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107292>
- Anyaocha, K. E., Sakrabani, R., Patchigolla, K., & Mouazen, A. M. (2018). Critical evaluation of oil palm fresh fruit bunch solid wastes as soil amendments: Prospects and challenges. *Resources, Conservation and Recycling*. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.04.022>
- Febriana, D., Madusari, S., & Sari, V. I. (2022). SWOT analysis of utilization of palm oil mill effluent to improve soil quality and crop productivity (Case study at PT X, Lampung, Indonesia). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1041, 012046. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1041/1/012046>
- Fitriana, I., Ratnasari, D., Ismoyojati, R., Febriansyah, I., Ratnasari, I. F. D., Devi, R., Ismoyojati, I., & Febriansyah, I. (2024). Chemical characteristics of palm frond and empty fruit bunch biochar in pyrolysis method. *Journal of Sustainable Agriculture and Biosystems Engineering*. <https://doi.org/10.32734/jsabe.v2i01.17400>
- Gunawan, S., Budiastuti, M. T. S., Sutrisno, J., & Wirianata, H. (2020). Effects of organic materials and rainfall intensity on the productivity of oil palm grown under sandy soil condition. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 10(1), 356–361. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.10.1.11001>
- Hassan, H., & Abdel, H. (2001). Solid state bioconversion of oil palm empty fruit bunches into compost by selected microbes. [Conference proceedings]. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2001.06.003>
- Isnaeni, N., Arista, D., Dhienar, A., Mubarak, H., Made, I., Dwi, S., Rizva, D. N., & Wicaksono, A. I. (2023). Availability and potential for expansion of agricultural land in Indonesia. *Journal of Sustainability, Society, and Eco-Welfare*. <https://doi.org/10.61511/jssew.v1i1.2023.242>
- Lisan, A. R. K., Amalia, D., Dewanti, T. O., Pratama, A. P., Putra, R. A., Yudhanto, K. D., Azzahra, H. S., & Wardani, N. A. (2025). Enhancing the sandy soil structure of the Samas coastal area using anaerobic digestion sludge derived from palm oil mill effluent. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 12(1). <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2025.012.1.10>
- Madjid, M., Marhaento, H., Permadi, D., Susanti, A., Budiadi, Riyanto, S., Imron, M., Ardiansyah, F., Ridho, D., Nissauqodry, S. V., Susanto, M., Cahyani, A. P., Irawan, B., & Yanarita. (2023). Potential adoption of oil palm agroforestry in Sungai Jernih Village, Jambi, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1145(1), 012001. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1145/1/012001>
- Muchlis, F., Amalia, D. N., Jamil, A., Zainuddin, A., Destiarni, R., & Meilin, A. (2023). Farmers' perceptions of sustainable palm oil certification in Jambi Province. *E3S Web of Conferences*, 444, 02032. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202344402032>

- Mulyani, S., Suryaningtyas, D. T., Suwardi, & Suwarno. (2016). Quality improvement of compost from empty oil palm fruit bunch by the addition of boiler ash and its effect on chemical properties of Ultisols and the production of mustard (*Brassica juncea* L.). *Journal of Tropical Soils*, 21(3), 161–169. <https://doi.org/10.5400/JTS.2016.V21I3.161-169>
- Nabila, R., Hidayat, W., Haryanto, A., Hasanudin, U., Iryani, D., Lee, S., Kim, S., Chun, D., & Kim, H. (2023). Oil palm biomass in Indonesia: Thermochemical upgrading and its utilization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 113193. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113193>
- Priatna, S. (2019). Sawit PT. Waimusi Agroindah: Land quality improvement through the utilization of palm oil waste (Study case of PT. Waimusi Agroindah Palm Oil Plantation). [Conference proceeding]. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15806.36163>
- Pupathy, U., & Sundian, N. (2020). Key agronomic management factors for maximising oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) yields on acid sulphate soils in Malaysia and Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 454(1), 012171. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/454/1/012171>
- Ratnasari, I. F. D., Devi, D., & Setyawan, I. A. Y. (2024). Aplikasi limbah Palm Oil Mill Effluent (POME) terhadap sifat kimia tanah pada perkebunan kelapa sawit. *Jurnal Media Pertanian*, 9(2). <https://doi.org/10.33087/jagro.v9i2.247>
- Retnaningsih, U. O., Jamaan, A., Pahlawan, I., Palamani, S. M., & Alby, S. (2024). Palm oil smallholders perception and awareness for good agricultural practices (GAP) in Riau. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1419, 012079. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1419/1/012079>
- Romero, M., Rudolf, K., & Wollni, M. (2018). Promoting trees at the oil palm frontier: Experimental evidence from Indonesia. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.22004/AG.ECON.277356>
- Saidy, A. R., Haris, A., Septiana, M., Priatmadi, B. J., Ifansyah, H., & Mahbub, M. (2024). The improvement of available phosphorous of reclaimed-mining soils with coal fly ash and empty fruit bunches of oil palm treatments. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1377/1/012115>
- Saputra, W. T. M., Rauf, A., & Sabrina, T. (2019). Effects of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq. L) and conservation method on the chemical and biological properties of soil. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 305, 012063. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/305/1/012063>
- Setiawan, I., Septiana, M., & Ratna, R. (2020). Pengaruh aplikasi limbah lumpur padat (sludge) pabrik kelapa sawit terhadap sifat kimia tanah Podsolik Merah Kuning di Kotawaringin Barat. *Agroekoteknologi Tropika Lembab*, 3(2), 28–36. <https://doi.org/10.20527/agtview.v3i2.1731>
- Setiawan, S. (2021). Test application of oil palm empty fruit bunch compost and dried decanter solid on the growth and results of spring onion plant (*Allium fistulosum* L.) Lubang variety. *Agrifarm: Jurnal Ilmu Pertanian*, 10(1). <https://doi.org/10.24903/ajip.v10i1.1568>
- Suwardi. (2019). Utilization and improvement of marginal soils for agricultural development in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 383(1), 012047. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/383/1/012047>
- Tao, H.-H., Snaddon, J. L., Slade, E., Henneron, L., Caliman, J., & Willis, K. J. (2018). Application of oil palm empty fruit bunch effects on soil biota and functions: A case study in Sumatra, Indonesia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 256, 105–113. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.12.012>
- Utami, S. N. H., Kusumawardani, P. N., Maftu'ah, E., Noor, M., Masganti, Nur Wakhid, Nurhayati, Sulaeman, Y., & Karolinoerita, V. (2024). Empty fruit bunch oil palm ash and biochar improved

peat soil properties, NPK status on leaves, and the growth of immature oil palm plantations. Applied and Environmental Soil Science. <https://doi.org/10.1155/aess/1133527>