

STRATEGI PRAKTIS PENGELOLAAN LINGKUNGAN ABIOTIK UNTUK MENGURANGI DAMPAK PERUBAHAN IKLIM PADA PERKEBUNAN KELAPA SAWIT

Yenni Asbur¹, Sudirman Yahya² dan Mira Ariyanti³

Abstrak - Perubahan iklim berdampak nyata terhadap keberlanjutan perkebunan kelapa sawit, terutama melalui perubahan pola curah hujan, meningkatnya kejadian hujan ekstrem, serta periode kering yang lebih panjang. Kondisi ini memicu masalah ketersediaan air tanah, meningkatnya limpasan dan erosi, serta menurunnya efisiensi pemanfaatan air oleh tanaman. Artikel ini mengulas strategi praktis pengelolaan lingkungan abiotik sebagai upaya adaptasi perubahan iklim di perkebunan kelapa sawit, dengan fokus pada konservasi tanah dan air. Pembahasan difokuskan pada penerapan rorak organik, guludan organik, serta pemanfaatan tumbuhan sebagai tanaman penutup tanah di gawangan dan sebagai mulsa di piringan. Ketiga pendekatan tersebut berperan dalam menahan dan mendistribusikan air hujan, menjaga kelembapan tanah, mengurangi erosi, serta meningkatkan kandungan bahan organik dan hara tanah. Integrasi teknik konservasi ini memperkuat fungsi tanah sebagai pengatur ketersediaan air dan penyangga terhadap fluktuasi iklim ekstrem. Artikel ini diharapkan dapat menjadi rujukan praktis bagi pengelola kebun dan pemangku kepentingan dalam merancang strategi pengelolaan perkebunan kelapa sawit yang adaptif, efisien, dan berkelanjutan di tengah tantangan perubahan iklim.

Kata kunci: gulma, guludan, konservasi air, perubahan iklim, rorak.

PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan tanaman perkebunan bernilai ekonomis tinggi yang sebagian besar ditanam di negara-negara tropis, terutama Asia Tenggara, Afrika, dan Amerika Latin (Murphy et al., 2021; Abubakar & Ishak, 2022; Murphy, 2024). Kegunaannya yang beragam dalam industri pangan, kosmetik, biofuel, dan berbagai industri lainnya menjadikan permintaan minyak sawit yang dihasilkan dari buah kelapa sawit meningkat drastis dalam beberapa dekade terakhir (Abubakar & Ishak, 2024). Namun, tanaman kelapa sawit umumnya ditanam pada tanah dengan tingkat kesesuaian lahan kelas S3, diikuti oleh S2 dan N (Nurkholis & Sitanggang, 2020), yang berarti bahwa dibutuhkan

perbaikan kualitas lahan terlebih dahulu sebelum dilakukan penanaman kelapa sawit. Toor et al. (2021) menyatakan bahwa kualitas lahan adalah dasar pertanian berkelanjutan untuk menunjang fungsi ekosistem serta ketahanan dalam menghadapi perubahan iklim. Tanah memberikan nutrisi esensial, mendukung perkembangan tanaman, dan berperan sebagai tempat tinggal bagi berbagai makhluk hidup, dan juga berfungsi secara signifikan dalam siklus karbon global serta sebagai sumber penyerap karbon (Srivastava & Yetgin, 2024).

Selain kelas kesesuaian lahan yang rendah, perubahan iklim memperburuk degradasi lahan di perkebunan kelapa sawit dengan merubah pola hujan, meningkatkan suhu, serta meningkatkan frekuensi dan intensitas kejadian cuaca ekstrem (Sadhukhan et al., 2023). Transformasi ini mempercepat terjadinya kerusakan tanah, menurunkan produktivitas, dan meningkatkan frekuensi salinitas tanah (Toor et al., 2021), serta mengancam keutuhan sumber daya lahan (Aschenene et al., 2025), termasuk perkebunan kelapa sawit (Abubakar et al., 2021; Abubakar et al., 2023). Degradasi tanah, yang terlihat melalui erosi, kehilangan material organik, penurunan kesuburan,

Penulis yang tidak disertai dengan catatan kaki instansi adalah peneliti pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit

Yenni Asbur¹ (✉)
¹Universitas Islam Sumatera Utara, Medan

²IPB University, Bogor
³Universitas Padjajaran, Jatinangor

Email: yenni.asbur@fp.uisu.ac.id

dan peningkatan salinitas, menghadirkan tantangan besar bagi produktivitas pertanian dan keberlanjutan lingkungan (Singh, 2022), terutama di Perkebunan kelapa sawit. Ekosistem mengalami perubahan yang sebelumnya tidak pernah terjadi seiring dengan meningkatnya suhu dan pola cuaca yang menjadi tidak terduga sehingga berdampak luas dan kompleks terhadap produksi kelapa sawit (Abubakar et al., 2022).

Menurut Rozi & Prastia (2019), produktivitas kelapa sawit dapat dipengaruhi oleh sejumlah faktor yang saling berhubungan dan mempengaruhi satu sama lain. Salah satu faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi produktivitas kelapa sawit adalah iklim. Curah hujan adalah komponen iklim yang sangat berpengaruh terhadap produktivitas kelapa sawit. Kelapa sawit membutuhkan curah hujan antara 2.000 dan 2.500 milimeter per tahun, berkontribusi secara merata sepanjang tahun tanpa adanya bulan kering yang berkepanjangan. Ini disebabkan oleh fakta bahwa meningkatkan curah hujan dapat mengurangi penguapan tanah dan tanaman kelapa sawit, sehingga tidak ada defisit air sebesar 250 milimeter per tahun (Junepri, 2024). Wandana et al. (2025) menyatakan bahwa defisit air dapat memengaruhi produktivitas kelapa sawit karena memengaruhi proses kematangan tandan bunga, yang berdampak pada jumlah tandan buah segar (TBS) yang dihasilkan.

Selain perubahan pola curah hujan dan peristiwa cuaca ekstrem yang memengaruhi ketersediaan air dan penyerapan hara oleh tanaman kelapa sawit, kenaikan suhu juga mengganggu keseimbangan yang dibutuhkan untuk pertumbuhan optimal kelapa sawit (Sarkar et al., 2020; Satria et al., 2025). Produktivitas tanaman secara langsung terdampak oleh perubahan iklim yang mengakibatkan penurunan hasil panen dan kerugian finansial bagi petani dan pemilik perkebunan (Khan et al., 2022; Wahab et al., 2024). Menurut Sarkar et al. (2020); Chiarawipa et al. (2020), suhu memiliki dampak yang signifikan terhadap pertumbuhan dan perkembangan kelapa sawit. Menurut Tani et al. (2020); Wulandari et al. (2025), tanaman ini tumbuh optimal pada kisaran suhu tertentu dan akan terdampak oleh kenaikan suhu akibat perubahan iklim. Suhu yang tinggi berpotensi menghambat fotosintesis, mengganggu fungsi fisiologis, dan meningkatkan prevalensi penyakit dan hama (Abubakar et al., 2021, Abubakar et al., 2022).

Menurut Rozi & Prastia (2019), produktivitas kelapa sawit dapat dipengaruhi oleh sejumlah faktor yang saling berhubungan dan mempengaruhi satu sama lain. Salah satu faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi produktivitas kelapa sawit adalah iklim. Curah hujan adalah komponen iklim yang sangat berpengaruh terhadap produktivitas kelapa sawit. Kelapa sawit membutuhkan curah hujan antara 2.000 dan 2.500 milimeter per tahun, berkontribusi secara merata sepanjang tahun tanpa adanya bulan kering yang berkepanjangan. Ini disebabkan oleh fakta bahwa meningkatkan curah hujan dapat mengurangi penguapan tanah dan tanaman kelapa sawit, sehingga tidak ada defisit air sebesar 250 milimeter per tahun (Junepri, 2024). Wandana et al. (2025) menyatakan bahwa defisit air dapat memengaruhi produktivitas kelapa sawit karena memengaruhi proses kematangan tandan bunga, yang berdampak pada jumlah tandan buah segar (TBS) yang dihasilkan.

Selain perubahan pola curah hujan dan peristiwa cuaca ekstrem yang memengaruhi ketersediaan air dan penyerapan hara oleh tanaman kelapa sawit, kenaikan suhu juga mengganggu keseimbangan yang dibutuhkan untuk pertumbuhan optimal kelapa sawit (Sarkar et al., 2020; Satria et al., 2025). Produktivitas tanaman secara langsung terdampak oleh perubahan iklim yang mengakibatkan penurunan hasil panen dan kerugian finansial bagi petani dan pemilik perkebunan (Khan et al., 2022; Wahab et al., 2024). Menurut Sarkar et al. (2020); Chiarawipa et al. (2020), suhu memiliki dampak yang signifikan terhadap pertumbuhan dan perkembangan kelapa sawit. Menurut Tani et al. (2020); Wulandari et al. (2025), tanaman ini tumbuh optimal pada kisaran suhu tertentu dan akan terdampak oleh kenaikan suhu akibat perubahan iklim. Suhu yang tinggi berpotensi menghambat fotosintesis, mengganggu fungsi fisiologis, dan meningkatkan prevalensi penyakit dan hama (Abubakar et al., 2021, Abubakar et al., 2022).

Perubahan iklim juga menyebabkan lahan kelapa sawit mengalami pola curah hujan yang tidak dapat diprediksi (Lim et al., 2023; Khor et al., 2023), sehingga pengelolaan air menjadi lebih rumit akibat kekeringan, banjir, dan musim hujan yang tidak menentu, yang berdampak pada jumlah dan kualitas air tersedia bagi kelapa sawit, dan memperburuk kerentanan terhadap penyakit (Abubakar et al., 2021). Ahluwalia et al. (2021)

menyatakan bahwa stres air menyebabkan perkembangan tanaman terhambat, dan penurunan hasil kelapa sawit. Akibatnya, hasil produksi tandan buah segar dan minyak menurun (Sianipar, 2021). Suhu tinggi pada musim kemarau juga dapat menciptakan kondisi yang menguntungkan bagi perkembangbiakan dan penyebaran hama, seperti ulat kantung, kutu daun, dan kumbang badak yang terkenal. Hama-hama ini dapat menyebabkan kerusakan yang signifikan pada pohon kelapa sawit, mengurangi hasil panen dan meningkatkan biaya produksi (Abubakar et al., 2022).

Di Indonesia dan wilayah tropis lain, banyak praktisi perkebunan telah mulai melihat implementasi praktik konservasi sebagai langkah adaptif yang pragmatis dalam menghadapi perubahan iklim. Fokusnya adalah pada praktik yang mempertahankan kelembapan tanah, memperbaiki infiltrasi dan mengurangi limpasan. Beberapa teknik konservasi yang paling relevan untuk konteks kelapa sawit adalah rorak organik, guludan organik, serta pemanfaatan vegetasi penutup tanah yang berasal dari gulma. Ketiga pendekatan ini tidak memerlukan investasi modal yang besar, namun bila diterapkan dengan benar dapat memperbaiki kondisi fisik dan kimia tanah, membantu tanah menahan air lebih lama, serta menjaga mikroklimat yang lebih stabil di sekitar perakaran tanaman. Teknik-teknik ini juga membantu memperbesar cadangan air tanah, menstabilkan kondisi fisik-kimia tanah, dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap perubahan iklim. Di samping itu, penerapan teknik konservasi yang adaptif ini dapat berdampak positif terhadap produktivitas jangka panjang tanpa mengabaikan aspek keberlanjutan ekosistem kebun secara menyeluruh, sehingga upaya konservasi tanah dan air di kebun kelapa sawit menjadi strategi adaptif yang tidak dapat ditunda.

Berdasarkan hal tersebut, artikel ini bertujuan menjelaskan pengelolaan lingkungan abiotik untuk mengurangi dampak perubahan iklim pada perkebunan kelapa sawit melalui peran konservasi air berbasis rorak organik, guludan organik, serta pemanfaatan gulma sebagai tanaman penutup tanah di gawangan dan sebagai mulsa di piringan dalam meningkatkan ketersediaan air tanah, menjaga fungsi kimia tanah, dan memperkuat ketahanan agroekosistem kelapa sawit.

KONSERVASI AIR SEBAGAI STRATEGI ADAPTASI YANG MUDAH DITERAPKAN

Konservasi air pada perkebunan kelapa sawit pada dasarnya bertumpu pada prinsip sederhana, yaitu bagaimana air hujan yang jatuh ke permukaan kebun dapat ditahan, diserap, dan disimpan di dalam tanah selama mungkin untuk dimanfaatkan oleh tanaman. Prinsip ini menjadi semakin penting di tengah perubahan iklim yang memicu hujan berintensitas tinggi dalam waktu singkat dan periode kering yang lebih panjang. Di kebun sawit, konservasi air tidak selalu memerlukan teknologi canggih, tetapi dapat dilakukan melalui pengelolaan fisik lahan yang mengurangi limpasan, memperlambat aliran air, dan meningkatkan infiltrasi ke dalam profil tanah, sehingga ketersediaan air bagi perakaran sawit lebih stabil sepanjang musim (Abubakar et al., 2021; Gómez et al., 2023).

Penerapan prinsip konservasi air yang efektif di kebun kelapa sawit juga sangat bergantung pada kondisi fisik tanah sebagai media penyimpan air. Tanah dengan struktur agregat yang baik, porositas seimbang, dan kandungan bahan organik memadai memiliki kemampuan lebih tinggi untuk menahan air hujan dan melepaskannya secara bertahap. Sebaliknya, tanah yang padat dan miskin bahan organik cenderung bersifat kedap air, sehingga sebagian besar air hujan hilang sebagai limpasan. Oleh karena itu, praktik konservasi air perlu diarahkan tidak hanya pada pengaturan aliran air di permukaan, tetapi juga pada perbaikan kualitas fisik dan kimia tanah agar berfungsi optimal sebagai penyimpan air alami di ekosistem perkebunan kelapa sawit (Srimawong et al., 2024).

Bahan organik memegang peran kunci dalam memperbaiki fungsi tanah terkait konservasi air. Penambahan dan pengelolaan bahan organik, baik yang berasal dari sisa tanaman, gulma, maupun biomassa lain di kebun, terbukti meningkatkan stabilitas agregat tanah, memperbaiki porositas, dan meningkatkan kapasitas menahan air (*water holding capacity*). Tanah yang kaya bahan organik bekerja seperti spons yang mampu menyerap air hujan dalam jumlah besar dan menyimpannya di dalam pori-pori tanah. Pada perkebunan kelapa sawit, peningkatan kandungan bahan organik juga berkontribusi pada perbaikan aktivitas biologi tanah, yang secara tidak langsung mendukung ketersediaan air dan hara bagi

tanaman (Wang et al., 2025).

Selain memperbaiki sifat fisik tanah, bahan organik juga berperan penting dalam menjaga kelembapan tanah dan menekan kehilangan air melalui evaporation. Lapisan bahan organik di permukaan tanah, baik dalam bentuk mulsa maupun sisa vegetasi penutup tanah, mampu menurunkan suhu permukaan tanah dan mengurangi kontak langsung antara tanah dan radiasi matahari. Kondisi ini menyebabkan laju evaporation menjadi lebih rendah, sehingga kelembapan tanah dapat dipertahankan lebih lama pada periode kering. Dalam jangka panjang, pengelolaan bahan organik yang konsisten berkontribusi pada peningkatan ketahanan kebun kelapa sawit terhadap cekaman kekeringan akibat perubahan iklim (Abubakar et al., 2021; Vadibeler et al., 2025).

Pendekatan konservasi air berbasis pengelolaan lingkungan abiotik menjadi sangat relevan dalam menghadapi perubahan iklim karena bersifat adaptif, relatif murah, dan mudah diterapkan di berbagai kondisi kebun. Pendekatan ini tidak bergantung pada intervensi eksternal yang intensif, tetapi memanfaatkan proses alami tanah dan air untuk meningkatkan ketahanan sistem produksi. Dengan memperkuat fungsi tanah sebagai pengatur air, kebun kelapa sawit menjadi lebih mampu merespons fluktuasi curah hujan, baik saat terjadi hujan ekstrem maupun kekeringan berkepanjangan. Oleh karena itu, strategi adaptasi berbasis abiotik dipandang sebagai fondasi penting dalam pengelolaan kebun sawit yang berkelanjutan di tengah tantangan perubahan iklim global (Yahya et al., 2022; Gómez et al., 2023).

RORAK ORGANIK: MENYIMPAN AIR DAN MENJAGA KESUBURAN TANAH

Perubahan iklim yang salah satunya ditandai oleh hujan berintensitas tinggi, memengaruhi kecepatan erosi tanah melalui pengaruh terhadap erosivitas curah hujan, limpasan permukaan, proses hidrologi, pengaturan pertumbuhan vegetasi, dan sifat fisik-kimia tanah. Semua faktor ini merupakan penggerak utama erosi di perkebunan kelapa sawit (Ma et al., 2024). Erosi tanah berkontribusi terhadap penipisan dan degradasi sumber daya lahan (Ma et al., 2021), sekaligus menimbulkan ancaman besar terhadap keseimbangan ekosistem, stabilitas sosial ekonomi, dan pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan

(Dou et al., 2022).

Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi hal tersebut, terutama di perkebunan kelapa sawit, diantaranya dengan pembuatan rorak organik yang berperan sebagai struktur adaptif untuk membantu mengatur distribusi air di dalam perkebunan kelapa sawit secara lebih seimbang. Rorak organik merupakan salah satu teknik konservasi air dan tanah yang relatif sederhana namun memiliki fungsi ekologis yang signifikan di perkebunan kelapa sawit. Rorak pada dasarnya berupa lubang atau parit kecil yang dibuat mengikuti kontur lahan dan kemudian diisi dengan bahan organik seperti serasah, gulma hasil pemangkasan, atau limbah organik kebun. Murtilaksono et al. (2018) melaporkan bahwa ukuran rorak yang efektif pada perkebunan kelapa sawit adalah dengan panjang 300 cm, lebar 50 cm, kedalaman 50 cm, dan jarak antar rorak dalam satu garis kontur dengan jarak 2 m.

Rorak berfungsi sebagai tempat penampungan air hujan, meningkatkan kelembaban tanah, dan menjadi tempat untuk mengkompos limbah organik seperti pelepah dan janjang kelapa sawit (Jayanti & Iswahyudi, 2020), juga sebagai perangkap sedimen dan menampung tanah atas yang hanyut terbawa aliran permukaan (Naharuddin et al., 2023). Fungsi tertampungnya air pada rorak adalah: (1) untuk mengurangi jumlah air permukaan yang berlebihan, (2) mengurangi kecepatan aliran air permukaan, (3) memperbaiki tata udara dan mengurangi evaporation, (4) menghasilkan konservasi air di mana air yang tertampung dapat digunakan untuk penyiraman tanah, (e) menumpuk bahan organik pada parit yang terangkut air (Tamelan et al., 2020). Lebih lanjut Murtilaksono et al. (2018) melaporkan bahwa rorak dapat digunakan sebagai sumber air di perkebunan kelapa sawit, terutama sebagai sumur resapan dan rorak yang dikombinasikan dengan mulsa organik secara vertikal dapat mengurangi erosi sebesar 94%, terutama pada lahan yang agak curam dengan kemiringan 10-25%. Rorak juga berfungsi sebagai penampungan air, khususnya saat musim kemarau yang dapat menjaga ketersediaan air tanah di perkebunan kelapa sawit (Yahya et al., 2022), meningkatkan laju infiltrasi air ke dalam tanah yang akan membantu pertumbuhan dan produksi kelapa sawit (Mutaqin, 2025), meningkatkan jumlah pelepah, jumlah tandan, berat rata-rata tandan, dan produksi tandan buah segar (TBS) kelapa sawit (Murtilaksono



et al., 2018), dan dapat meningkatkan kemantapan agregat tanah untuk mendukung pertumbuhan dan produksi kelapa sawit (Junedi, 2025). Hasil penelitian Mutaqin (2025) menemukan bahwa rorak ukuran 120 cm x 40 cm x 30 cm di perkebunan kelapa sawit dapat meningkatkan laju infiltrasi sebesar 3,17 cm/jam dengan kapasitas laju infiltrasi sebesar 14,52 cm/jam. Juga dapat meningkatkan jumlah dan panjang pelepas kelapa sawit masing-masing sebesar 8,2 pelepas dan 52,8 cm. Demikian pula hasil penelitian Junedi (2025) menemukan bahwa rorak ukuran 120 cm x 40 cm x 30 cm lebih efektif meningkatkan kandungan bahan organik tanah, menurunkan bobot volume tanah, meningkatkan total ruang pori tanah, meningkatkan

agregat tanah, serta meningkatkan jumlah dan panjang pelepas kelapa sawit dibandingkan dengan tanpa rorak.

Rorak juga dapat digunakan sebagai tempat pengkomposan pelepas kelapa sawit untuk menambah bahan organik dan unsur hara bagi pertumbuhan dan hasil kelapa sawit. Hasil penelitian Panjaitan (2018) didapat bahwa laju pengomposan pelepas kelapa sawit lebih cepat di dalam rorak dibandingkan di luar rorak, yaitu masing-masing selama 32 minggu dan 34 minggu. Pengomposan pelepas di dalam rorak juga dapat meningkatkan jumlah bunga betina dan bunga jantan dibandingkan tanpa rorak (Tabel 1).

Tabel 1. Jumlah bunga jantan dan bunga betina kelapa sawit pada 5 bulan setelah aplikasi (BSA) pengomposan pelepas kelapa sawit di dalam rorak di perkebunan kelapa sawit menghasilkan tahun kelima

Perlakuan	Bunga Jantan	Bunga Betina
Tanpa rorak	6,25b	7,50c
30 pelepas basah	12,50a	10,50bc
40 pelepas basah	10,25ab	13,00ab
30 pelepas kering	12,75a	13,50ab
40 pelepas kering	14,00a	16,50a

Keterangan: Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berpengaruh nyata menurut uji BNT pada taraf 5% (Sumber: Rahhutami & Suryanto, 2018)

Selain fungsi hidrologisnya, rorak organik memberikan manfaat tambahan sebagai sumber bahan organik bagi tanah perkebunan. Bahan organik yang ditempatkan di dalam rorak akan mengalami proses dekomposisi secara bertahap, menghasilkan humus yang berkontribusi pada perbaikan struktur tanah dan peningkatan kapasitas menahan air. Dalam jangka panjang, akumulasi bahan organik dari rorak membantu meningkatkan aktivitas biologi tanah, memperbaiki agregasi tanah, serta mendukung siklus hara yang lebih seimbang (Murtiaksono et al., 2018).

GULUDAN ORGANIK (TERAS GULUD) DALAM PENGELOLAAN AIR DAN TANAH

Guludan organik merupakan teknik konservasi tanah dan air yang dibuat dengan membentuk

gundukan tanah memanjang mengikuti kontur lahan, kemudian diperkaya dengan bahan organik seperti serasah, gulma, atau residu tanaman. Pada perkebunan kelapa sawit, guludan dibuat searah kontur di antara tanaman kelapa sawit pada setiap interval vertikal 80 cm. Ketinggian, lebar dan kedalaman saluran guludan masing-masing sekitar 30 cm. Lubang resapan dibuat dengan bor tanah di tengah saluran dengan jarak antar lubang 2 m yang berfungsi sebagai struktur fisik yang mengatur aliran air permukaan sekaligus memperbaiki kondisi tanah di sekitar tanaman (Murtiaksono et al., 2018). Teknik ini relatif mudah diterapkan, tidak memerlukan peralatan khusus, dan dapat disesuaikan dengan kondisi topografi kebun, sehingga menjadi salah satu pilihan praktis dalam menghadapi tantangan perubahan iklim yang ditandai oleh hujan ekstrem dan periode kering

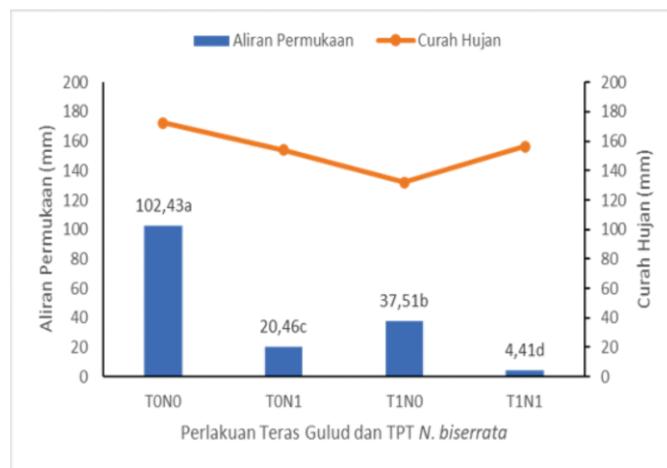
yang semakin panjang.

Penerapan guludan organik atau teras gulud di Perkebunan kelapa sawit memiliki beberapa fungsi, diantaranya: (1) memperbaiki struktur tanah, membuat tanah lebih poros dan mampu menyimpan air lebih banyak; (2) dengan menahan air dan mempercepat proses penguraian bahan organik, guludan membantu meningkatkan kandungan bahan organik dalam tanah; (3) sebagai penghalang aliran permukaan, sehingga mengurangi risiko erosi tanah, dan (4) dengan meningkatkan kesuburan dan kualitas tanah, guludan dapat meningkatkan produktivitas tanaman kelapa sawit (Asbur & Ariyanti, 2017; Murtilaksono et al., 2018; Yahya et al., 2022).

Dari sisi hidrologi, guludan organik berperan dalam memperlambat aliran air hujan di permukaan tanah. Ketika hujan dengan intensitas tinggi terjadi, guludan bertindak sebagai penghambat aliran sehingga air tidak langsung mengalir keluar dari areal kebun. Air yang tertahan di sekitar guludan memiliki waktu lebih lama untuk meresap ke dalam tanah, meningkatkan infiltrasi dan cadangan air tanah. Hasil penelitian Ariyanti et al. (2016a) menemukan bahwa teras gulud dengan tanaman penutup tanah (TPT) *Nephrolepis biserrata* dapat meningkatkan kemampuan tanah untuk menyerap air ke dalamnya dengan menurunkan laju aliran permukaan sebesar 95,69% dibandingkan tanpa teras gulud dan hanya dengan teras gulud

(Gambar 1). Adanya TPT membantu mengurangi jumlah air hujan yang jatuh langsung ke tanah dan meningkatkan intersepsi air air Bagian tanaman yang gugur dan jatuh ke permukaan tanah juga dapat memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, yang pada akhirnya akan memengaruhi kemampuan tanah untuk memegang.

Pada kondisi iklim ekstrem, khususnya saat terjadi hujan lebat atau kekeringan berkepanjangan, keberadaan guludan organik memberikan efek penyangga (*buffer*) terhadap fluktuasi air tanah. Guludan membantu mengurangi genangan pada musim hujan sekaligus mempertahankan kelembaban tanah lebih lama pada musim kering. Hasil penelitian Ariyanti et al.(2016b) menemukan bahwa teras gulud dan TPT *N. biserrata* mampu mempertahankan ketersediaan air yang lebih panjang pada musim kemarau dibandingkan teras gulud dan tanpa TPT, yaitu masing-masing mampu memperpanjang ketersedian air selama 70 hari dan 50 hari. Ini disebabkan dengan adanya TPT *N. biserrata* dapat menurunkan 36,15% kehilangan air dari perkolasasi, dan 80,4% kehilangan air dari runoff. Satriawan et al. (2021) juga melaporkan bahwa teras gulud dengan TPT menurunkan aliran permukaan dan erosi masing-masing sebesar 69,66% dan 47,65%, serta pencucian hara tanah, sehingga mampu meningkatkan ketersediaan air dan hara tanah (Tabel 2 dan 3).



Keterangan: Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berpengaruh nyata menurut uji BNT pada taraf 5% (Sumber: Ariyanti et al., 2016a)

T0: Tanpa teras gulud; N0: Tanpa TPT; T1: Dengan teras gulud; N1: Dengan TPT *N. biserrata*

Gambar 1. Rataan aliran permukaan dan curah hujan di perkebunan kelapa sawit dengan perlakuan teras gulud dan tanaman penutup tanah (TPT) *N. biserrata*



Tabel 2. Rataan aliran permukaan, dan erosi di perkebunan kelapa sawit dengan perlakuan teras gulud, tanaman penutup tanah (TPT) kedelai, dan pupuk kandang

Perlakuan	Aliran Permukaan	Erosi
	(m ³ /ha/tahun)	(ton/ha/tahun)
Tanpa teras gulud	74,66a	24,91a
Teras gulud	52,07b	20,17b
Teras gulud dengan TPT kedelai	38,98c	17,72c
Teras gulud + TPT kedelai + pupuk kandang	22,65d	13,04d

Keterangan: Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berpengaruh nyata menurut uji BNT pada taraf 5% (Sumber: Satriawan et al., 2021)

Tabel 3. Rataan kehilangan C-organik dan hara N, P, K di perkebunan kelapa sawit dengan perlakuan teras gulud, tanaman penutup tanah (TPT) kedelai, dan pupuk kandang

Perlakuan	C-organik (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (cmol/kg)
Tanpa teras gulud	4,39a	0,43a	2,47	0,44
Teras gulud	3,70ab	0,42a	2,04	0,42
Teras gulud dengan TPT kedelai	3,40ab	0,29b	1,37	0,28
Teras gulud + TPT kedelai + pupuk kandang	2,70b	0,22b	1,20	0,23

Keterangan: Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berpengaruh nyata menurut uji BNT pada taraf 5% (Sumber: Satriawan et al., 2021)

Tabel 2 memperlihatkan bahwa dengan adanya teras gulud sudah mampu menurunkan aliran permukaan dan erosi masing-masing sebesar 30,26% dan 19,03% dibandingkan dengan tanpa teras gulud. Namun, penurunan aliran permukaan dan erosi lebih efektif bila ditambahkan dengan TPT dan pupuk kandang, yaitu masing-masing penurunnya menjadi sebesar 69,66% dan 47,65%. Hal ini menunjukkan bahwa dengan TPT akan lebih mampu menurunkan laju aliran permukaan dan erosi tanah karena curah hujan yang jatuh akan ditahan dan diintersepsi oleh kanopi TPT, sehingga tidak langsung mengenai permukaan tanah.

Tabel 3 memperlihatkan pula bahwa dengan adanya teras gulud dengan TPT dan pupuk kandang mampu menurunkan kehilangan bahan organik dan hara N, P, K tanah, yaitu masing-masing sebesar 38,51%, 48,84%, 51,42%, dan 47,73%. Ini disebabkan

dengan adanya teras gulud, TPT dan pupuk kendang mampu menurunkan erosi tanah sehingga juga mampu menurunkan kehilangan bahan organik dan hara tanah yang terikut bersama erosi tanah.

PEMANFAATAN GULMA SEBAGAI TANAMAN PENUTUP TANAH DAN MULSA

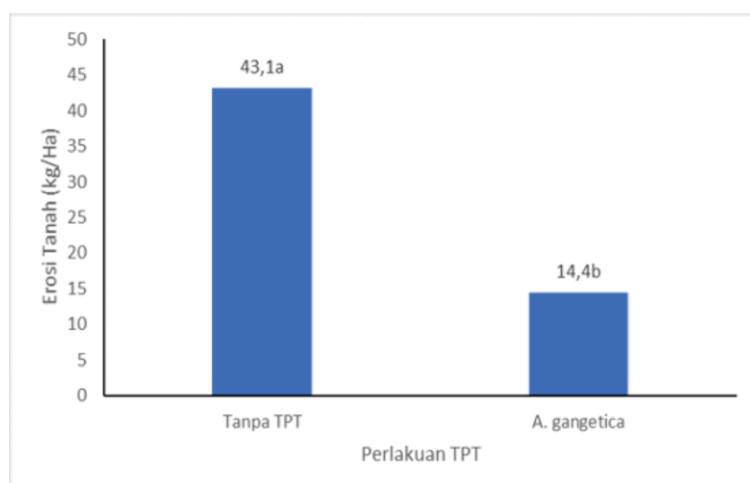
Menurut Winarsih (2019), gulma adalah tumbuhan yang merugikan kepentingan manusia melalui kompetisi terhadap ruang, waktu, dan sumber kehidupan tumbuhan (air, hara dan cahaya matahari). Demikian pula di perkebunan kelapa sawit, selama ini gulma umumnya dipandang sebagai komponen yang harus dikendalikan karena dianggap bersaing dengan tanaman utama dalam memperebutkan air dan hara. Namun, dalam pendekatan pengelolaan kebun yang adaptif terhadap perubahan iklim, paradigma ini mulai

bergeser. Gulma tertentu justru dapat dimanfaatkan sebagai tanaman penutup tanah (TPT) yang berfungsi melindungi permukaan tanah dari dampak langsung hujan dan radiasi matahari. Keberadaan penutup tanah alami ini berperan penting dalam konservasi tanah dan air, terutama pada kondisi iklim ekstrem yang ditandai oleh hujan intensitas tinggi dan periode kering berkepanjangan. Asbur & Purwaningrum (2024a); Asbur et al., (2025) melaporkan bahwa di perkebunan kelapa sawit menghasilkan banyak dijumpai berbagai jenis gulma, baik gulma berdaun lebar, rumputan, berdaun sempit (teki), maupun pakisan yang tumbuh subur di bawah tegakan kelapa sawit. Diantaranya ada yang dapat dimanfaatkan sebagai TPP, seperti *Asystasia gangetica*, *N. biserrata*, dan *Paspalum conjugatum* (Asbur et al., 2018; 2024; Asbur & Purwaningrum, 2024b).

Gulma sebagai TPT di perkebunan kelapa sawit dapat meningkatkan ketersediaan air tanah pada saat kemarau (Ariyanti et al., 2016b; 2017; Yahya et al., 2022), dan dapat mengurangi terjadinya aliran permukaan dan erosi serta kehilangan hara pada saat curah hujan tinggi (Ariyanti et al., 2016b; 2017; Asbur et al., 2016), sehingga dapat memperbaiki sifat kimia tanah di perkebunan kelapa sawit (Asbur et al., 2023a; 2023b; 2024; Asbur & Purwaningrum, 2024b). Ariyanti et al. (2017) melaporkan bahwa gulma *A. gangetica*

yang dimanfaatkan sebagai TPT di perkebunan kelapa sawit menghasilkan dapat meningkatkan kandungan air tanah pada kedalaman 20 cm. Pada musim kemarau, adanya *A. gangetica* sebagai TPT dapat menurunkan defisit air harian sebesar 37% pada kedalaman 50 cm, dan pada saat curah hujan tinggi, *A. gangetica* sebagai TPT dapat menyimpan air tanah hingga 300% pada kedalaman 50 cm. Ini karena *A. gangetica* sebagai TPT dapat menghemat air hujan dengan memaksimalkan infiltrasi air yang berdampak pada ketersediaan air tanah di perkebunan kelapa sawit.

Penanaman gulma *N. biserrata* sebagai TPT di perkebunan kelapa sawit juga dapat meningkatkan cadangan air sebesar 70,98%, serta memperpendek periode defisit air dan memberikan surplus air yang lebih lama, yaitu 70 hari pada saat musim kemarau, serta menurunkan laju perkolasian dan limpasan masing-masing sebesar 36,15% dan 80,42% pada saat musim hujan (Ariyanti et al., 2016b). Lebih lanjut Asbur et al. (2016) menemukan bahwa gulma *A. gangetica* sebagai TPT juga dapat menurunkan erosi tanah sebesar 66,61% dan kehilangan bahan organik dan hara N, P, K tanah di perkebunan kelapa sawit menghasilkan masing-masing sebesar 95,66%, dan 93,44%, 80%, 90,91% (Gambar 2, Tabel 4).



Keterangan: Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berpengaruh nyata menurut uji BNT pada taraf 5% (Sumber: Asbur et al., 2016)

Gambar 1. Rataan erosi tanah di perkebunan kelapa sawit dengan perlakuan tanaman penutup tanah (TPT) *A. gangetica*



Tabel 4. Rataan kehilangan C-organik dan hara N, P, K di perkebunan kelapa sawit dengan perlakuan teras gulud dan tanaman penutup tanah (TPT) *A. gangetica*

Perlakuan	C-organik (kg/Ha)	N (kg/Ha)	P (kg/Ha)	K (kg/Ha)
Tanpa TPT <i>A. gangetica</i>	69,1	6,1	0,01	1,1
Dengan TPT <i>A. gangetica</i>	3,0	0,4	0,002	0,1

Keterangan: Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berpengaruh nyata menurut uji BNT pada taraf 5% (Sumber: Asbur et al., 2016)

Tabel 5. Perbaikan sifat kimia tanah dengan adanya TPT *A. gangetica* sebagai cover crop di luar piringan kelapa sawit menghasilkan tahun pertama

Sifat Kimia Tanah	Tanpa TPT	Dengan TPT <i>A. gangetica</i>
pH	4,7 (masam)	6,2 (agak masam)
C-organik (%)	0,42 (sangat rendah)	1,63 (rendah)
N-total (%)	0,29 (sangat rendah)	1,54 (rendah)
P-tersedia (ppm)	1,23 (sangat rendah)	1,56 (sangat rendah)
K-tersedia (mh/100 g)	0,03 (sangat rendah)	0,16 (sangat rendah)

(Sumber: Asbur et al., 2023a)

Hasil penelitian Asbur et al. (2023a) dengan menanam *A. gangetica* sebagai TPT di luar piringan kelapa sawit pada Perkebunan kelapa sawit menghasilkan tahun pertama memperlihatkan bahwa adanya *A. gangetica* sebagai TPT dapat memperbaiki sifat kimia tanah, yaitu terjadi peningkatan pH, C-organik, N-total, P-tersedia, dan K-tersedia (Tabel 5).

Selain berfungsi sebagai penutup tanah hidup, serasah gulma juga dapat dimanfaatkan sebagai mulsa setelah dilakukan pemangkasan atau penyirangan selektif. Serarash gulma yang ditebarkan kembali di permukaan tanah, membentuk lapisan pelindung yang mampu menekan laju evaporasi dan menjaga kelembapan tanah. Lapisan mulsa ini mengurangi fluktuasi suhu tanah, sehingga lingkungan perakaran menjadi lebih stabil. Penelitian menunjukkan bahwa praktik mulsa berbasis biomassa lokal dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air oleh tanaman dan mengurangi risiko cekaman kekeringan pada periode kering yang semakin sering terjadi akibat perubahan iklim (Ariyanti et al., 2017; Asbur et al., 2024; Asbur & Purwaningrum, 2024b).

Penggunaan gulma sebagai mulsa juga

memberikan manfaat tambahan dalam jangka menengah hingga panjang melalui peningkatan kandungan bahan organik tanah. Biomassa gulma yang terurai akan memperkaya tanah dengan karbon organik, memperbaiki struktur tanah, dan meningkatkan kandungan N, P, K tanah (Asbur et al., 2024; Asbur & Purwaningrum, 2024b). Proses ini memperkuat fungsi tanah sebagai penyimpan air dan hara alami, sehingga ketergantungan tanaman terhadap curah hujan langsung dapat dikurangi. Dengan demikian, pemanfaatan gulma tidak hanya berkontribusi pada konservasi air, tetapi juga mendukung pemulihhan kesuburan tanah yang berkelanjutan di perkebunan kelapa sawit.

Pemanfaatan tumbuhan sebagai TPT dan mulsa merupakan pendekatan abiotik-biotik yang saling melengkapi dalam menghadapi perubahan iklim. Strategi ini memanfaatkan proses alami ekosistem kebun untuk menekan kehilangan air, bahan organik dan hara tanah, menjaga kelembapan tanah, serta meningkatkan ketahanan tanaman terhadap variabilitas iklim. Pemanfaatan gulma dapat menjadi bagian penting dari sistem pengelolaan kebun kelapa

sawit yang adaptif, efisien, dan berkelanjutan tanpa menambah beban biaya yang signifikan bagi pengelola kebun apabila dikelola secara terintegrasi dengan teknik konservasi lain seperti rorak dan guludan (Asbur et al., 2023a; 2023b).

KESIMPULAN

Perubahan iklim telah menjadi tantangan utama bagi keberlanjutan perkebunan kelapa sawit, terutama melalui perubahan pola curah hujan, meningkatnya intensitas hujan ekstrem, serta periode kering yang lebih panjang. Kondisi tersebut berdampak langsung pada ketersediaan air tanah, meningkatnya limpasan dan erosi, serta menurunnya efisiensi pemanfaatan air oleh tanaman. Oleh karena itu, pengelolaan faktor abiotik, khususnya tanah dan air, menjadi fondasi penting dalam upaya adaptasi perkebunan kelapa sawit terhadap dinamika iklim yang semakin tidak menentu.

Artikel ini menunjukkan bahwa konservasi tanah dan air dapat dilakukan melalui pendekatan yang sederhana, aplikatif, dan mudah diterapkan di lapangan. Penerapan rorak organik dan guludan organik terbukti berperan dalam menahan dan mendistribusikan air hujan secara lebih merata, mengurangi limpasan permukaan, serta menekan risiko erosi tanah serta kehilangan bahan organik dan hara tanah. Di sisi lain, pemanfaatan gulma sebagai TPT di gawangan dan sebagai mulsa di piringan membantu melindungi permukaan tanah, menurunkan evaporasi, menjaga kelembapan tanah, serta meningkatkan kandungan bahan organik dan hara tanah.

Integrasi ketiga teknik konservasi tersebut memperkuat fungsi tanah sebagai pengatur ketersediaan air, hara, dan penyangga terhadap fluktuasi iklim ekstrem, baik pada musim hujan maupun musim kering. Selain mendukung ketahanan tanaman kelapa sawit, pendekatan ini juga berkontribusi pada perbaikan kualitas tanah dan keberlanjutan sistem produksi jangka panjang. Sebagai rekomendasi praktis, pengelola kebun sawit disarankan mengintegrasikan rorak organik, guludan organik, dan pengelolaan gulma secara adaptif ke dalam praktik rutin kebun, dengan penyesuaian terhadap kondisi lahan dan iklim setempat, sebagai langkah nyata memperkuat ketahanan perkebunan

kelapa sawit menghadapi perubahan iklim.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, A., & Ishak, M. Y. (2022). An Overview of the Role of Smallholders in Oil Palm Production Systems in Changing Climate. *Nature Environment & Pollution Technology*, 21(5), 2055-2071. <https://doi.org/10.46488/NEPT.2022.v21i05.004>
- Abubakar, A., & Ishak, M. Y. (2024). Exploring the intersection of digitalization and sustainability in oil palm production: Challenges, opportunities, and future research agenda. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(38), 50036-50055. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-34535-9>
- Abubakar, A., Gambo, J., & Ishak, M. Y. (2023). Navigating climate challenges: Unraveling the effects of climate change on oil palm cultivation and adaptation strategies. *Advances in Food Security and Sustainability*, 8, 95-116. <https://doi.org/10.1016/bs.af2s.2023.07.002>
- Abubakar, A., Ishak, M. Y., & Makmom, A. A. (2021). Impacts of and adaptation to climate change on the oil palm in Malaysia: a systematic review. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(39), 54339-54361. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15890-3>
- Abubakar, A., Ishak, M. Y., & Makmom, A. A. (2022). Nexus between climate change and oil palm production in Malaysia: a review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194, 262. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-09915-8>
- Ahluwalia, O., Singh, P. C., & Bhatia, R. (2021). A review on drought stress in plants: Implications, mitigation and the role of plant growth promoting rhizobacteria. *Resources, Environment and Sustainability*, 5, 100032. <https://doi.org/10.1016/j.resenv.2021.100032>
- Ariyanti, M., Yahya, S., Murtilaksono, K., Suwarto, S., & Siregar, H. H. (2016a). Pengaruh tanaman penutup tanah Nephrolepis biserrata dan teras gulud terhadap aliran permukaan dan pertumbuhan kelapa sawit (*Elaeis guineensis*

- Jacq.). *Kultivasi*, 15(2), 121-127.
<https://doi.org/10.24198/kultivasi.v15i2.11889>
- Ariyanti, M., Yahya, S., Murtilaksono, K., Suwasto, S., & Siregar, H. H. (2016b). Water balance in oil palm plantation with ridge terrace and *Nephrolepis biserrata* as cover crop. *Journal of Tropical Crop Science*, 3(2), 35-55.
<https://doi.org/10.29244/jtcs.3.2.35-55>
- Ariyanti, M., Mubarok, S., & Asbur, Y. (2017). Study of *Asystasia gangetica* (L.) T. Anderson as cover crop against soil water content in mature oil palm plantation. *Journal of Agronomy*, 16 (4), 154 - 159.
<https://doi.org/10.3923/ia.2017.154.159>
- Asbur, Y., & Ariyanti, M. (2017). Peran konservasi tanah terhadap cadangan karbon tanah, bahan organik, dan pertumbuhan kelapa sawit (*Elaeis guineensis* jacq.). *Kultivasi*, 16(3), 402-411.
<https://doi.org/10.24198/kultivasi.v16i3.14446>
- Asbur, Y., Yahya, S., Murtilaksono, K., Sudradjat, S., & Sutarta, E. S. S. S. (2016). The roles of *Asystasia gangetica* (L.) T. Anderson and ridge terrace in reducing soil erosion and nutrient losses in oil palm plantation in South Lampung, Indonesia. *Journal of Tropical Crop Science*, 3(2), 49-55.
<https://doi.org/10.29244/jtcs.3.2.49-55>
- Asbur, Y., Rambe, R. D. H., Purwaningrum, Y., & Kusbiantoro, D. (2018). Potensi beberapa gulma sebagai tanaman penutup tanah di area tanaman kelapa sawit menghasilkan. *Jurnal penelitian kelapa sawit*. 26(3), 113-128.
<https://doi.org/10.22302/iopri.jur.jpks.v26i3.69>
- Asbur, Y., & Purwaningrum, Y. (2024a). Komposisi Komunitas Tumbuhan di Bawah Tegakan Kelapa Sawit Menghasilkan. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 32 (1), 23 - 34.
<https://doi.org/10.22302/iopri.jur.jpks.v32i1.268>
- Asbur, Y., & Purwaningrum, Y. (2024b). Improvement of Soil Chemical Properties in Mature Oil Palm Plantations by Pruning and Immersing of Weeds as Cover Crops. *Universal Journal of Agricultural Research*, 12(1), 188-194.
<http://doi.org/10.13189/ujar.2024.120118>
- Asbur, Y., Purwaningrum, Y., Mindalisma, Kusbiantoro, D., Nasution, K., & Hendrawan, D. (2023a). Perbaikan Sifat Kimia Tanah dengan Penanaman *Asystasia gangetica* (L.) T. Anderson sebagai Cover Crop. *Median: Jurnal Ilmu Ilmu Eksakta*. 15(1), 28-35.
<https://doi.org/10.33506/md.v15i1.2291>
- Asbur, Y., Pulungan, R. J., Purwaningrum, Y., Rahayu, M. S., Siregar, C., Kusbiantoro, D., & Nasution, K. (2023b). Perbaikan Sifat Kimia Tanah dan Pertumbuhan Kelapa Sawit Rakyat TM-1 Dengan Pemberian Kombinasi Pupuk Anorganik-Organik dan *Asystasia gangetica* (L.) T. Anderson Sebagai Tanaman Penutup Tanah. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 31(1), 25-42.
<https://doi.org/10.22302/iopri.jur.jpks.v31i1.198>
- Asbur, Y., Purwaningrum, Y., Satriawan, H., Rahayu, M. S., Nurhayati, & Ariyanti, M. (2024). Evaluation of the suitability of three weed species as alternative cover crops in smallholder oil palm plantations through plant spacing management. *Plant Science Today*, 11 (1), 521 - 530.
<https://doi.org/10.14719/pst.2754>
- Asbur, Y., Purwaningrum, Y., Kusbiantoro, D., Nasution, K., Hendrawan, D., & Lubis, F. A. (2025). Assessment and analysis of plant vegetation under oil palm from 2000 and 2017 plantation. *Plant Science Today*, 12(1), 1-7.
<https://doi.org/10.14719/pst.3124>
- Aschenefe, W. A., Tarkagn, T. G., Admas, B. F., & Tafere, S. M. (2025). Quantifying the impacts of land use/land cover changes on ecosystem service values in the upper Gilgel Abbay watershed, Ethiopia. *Regional Sustainability*, 6 (1), 100197.
<https://doi.org/10.1016/j.regsus.2025.100197>
- Chiarawipa, R., Thongna, K., & Sdoodee, S. (2020). Assessing impact of weather variability and changing climate on oil-palm yield in major growing regions of southern Thailand. *Journal of Agrometeorology*, 22(3), 274-284.
<https://doi.org/10.54386/jam.v22i3.189>
- Dou X, Ma X, Zhao C, Li J, Yan Y, Zhu J. 2022. Risk assessment of soil erosion in Central Asia under global warming. *Catena*. 212: 106056.
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106056>
- Gómez, A. M., Parra, A., Pavelsky, T. M., Wise, E.,

- Villegas, J. C., & Meijide, A. (2023). Ecohydrological impacts of oil palm expansion: a systematic review. *Environmental Research Letters*, 18(3), 033005. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/acbc38>
- Jayanti, N. D., & Iswahyudi, H. (2020). Konservasi Tanah Pada Perkebunan Kelapa Sawit Tanaman Menghasilkan Di PT. Citra Putra Kebun Asri Jorong Tanah Laut. *Agrisains: Jurnal Budidaya Tanaman Perkebunan Politeknik Hasnur*, 6(1), 18-23
- Junedi, H. (2025). *Dampak Penerapan Silt Pit (Rorak) Terhadap Kemantapan Agregat Tanah Dan Pertumbuhan Kelapa Sawit (Studi Kasus: Perkebunan Rakyat Di Desa Panca Mulya Kecamatan Sungai Bahar Kabupaten Muaro Jambi)* (Doctoral dissertation, Universitas Jambi).
- Junepri, J. (2024). *Tingkat Serangan Penyakit Busuk Buah (Marasmius palmivorus Sharples) Pada Jarak Tanam (Kerapatan) Yang Berbeda dan Hubungannya Dengan Kehilangan Hasil Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.)* (Doctoral dissertation, Universitas Jambi).
- Khan, N., Ma, J., Kasseem, H. S., Kazim, R., Ray, R. L., Ihtisham, M., & Zhang, S. (2022). Rural farmers' cognition and climate change adaptation impact on cash crop productivity: evidence from a recent study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(19), 12556. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912556>
- Khor, J. F., Ling, L., Yusop, Z., Chin, R. J., Lai, S. H., Kwan, B. H., & Ng, D. W. K. (2023). Impact comparison of El Nino and ageing crops on Malaysian oil palm yield. *Plants*, 12(3), 424. <https://doi.org/10.3390/plants12030424>
- Lim, Y. L., Tenorio, F. A., Monzon, J. P., Sugianto, H., Donough, C. R., Rahutomo, S., ... & Grassini, P. (2023). Too little, too imbalanced: nutrient supply in smallholder oil palm fields in Indonesia. *Agricultural Systems*, 210, 103729. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103729>
- Ma, X., Zhao, C., & Zhu, J. (2021). Aggravated risk of soil erosion with global warming—A global meta-analysis. *Catena*, 200, 105129. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.105129>
- Ma, T., Liu, B., He, L., Dong, L., Yin, B., & Zhao, Y. (2024). Response of soil erosion to vegetation and terrace changes in a small watershed on the Loess Plateau over the past 85 years. *Geoderma*, 443, 116837. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2024.116837>
- Murphy, D. J. (2024). Carbon sequestration by tropical trees and crops: A case study of oil palm. *Agriculture*, 14(7), 1133. <https://doi.org/10.3390/agriculture14071133>
- Murphy, D. J., Goggin, K., & Paterson, R. R. M. (2021). Oil palm in the 2020s and beyond: challenges and solutions. CABI agriculture and bioscience, 2(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s43170-021-00058-3>
- Murtilaksono, K., Ariyanti, M., Asbur, Y., Siregar, H. H., Sutarta, E. S., Yahya, S., & Yusuf, M. A. (2018, November). Surface runoff and soil erosion in oil palm plantation of management unit of rejosari, PT Perkebunan Nusantara VII, Lampung. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 196, No. 1, p. 012002). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/196/1/012002>
- Mutaqin, J. (2025). *Pengaruh Rorak Terhadap Laju Infiltiasi Serta Pertumbuhan Kelapa Sawit (Elaeis Guineensis Jacq.)* (Doctoral dissertation, Universitas Jambi).
- Naharuddin, N., Rahmawati, R., Ariyanti, A., Erniwati, E., & Muthmainnah, M. (2023). Pemberdayaan Masyarakat melalui Teknik Konservasi Tanah dan Air dalam Upaya Mitigasi Dampak Perubahan Iklim. *Agrokreatif: Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 9(1), p26. <https://doi.org/10.29244/agrokreatif.9.1.26-32>
- Nurkholis, A., & Sitanggang, I. S. (2020). Optimalisasi model prediksi kesesuaian lahan kelapa sawit menggunakan algoritme pohon keputusan spasial. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Komputer*, 8(3), 192-200. <https://doi.org/10.14710/itsiskom.2020.13657>
- Panjaitan, Y. B. A. (2018). *Laju Dekomposisi Residu Kelapa Sawit dalam Rorak di Perkebunan Kelapa Sawit* (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).

- Rahhutami, R., & Suryanto, T. (2018). Pengaruh Pengomposan Pelepasan Eks Panen dan Tunasan pada Rorak Berjarak Satu Meter terhadap Pembungaan Tanaman Kelapa Sawit Menghasilkan Tahun Ke-5. *Jurnal Citra Widya Edukasi*, 10(2), 125-132.
- Rozi, M. B., & Prastia, B. (2019). Pengaruh Dosis Kapur Dolomit terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) TM 15 Pada Ultisol di Kabupaten Bungo. *Jurnal Sains Agro*, 4(1), 1-9. <https://doi.org/10.36355/jsa.v4i1.243>
- Sadhukhan, B., Srivastava, R. K., Chakraborty, A., & Panda, R. K. (2023). Scientific evidence supporting the progression of climate change-induced drought through history. In Integrated Drought Management, Volume 1 2023 Sep 12 (pp. 525-540). CRC Press.
- Sarkar, M. S. K., Begum, R. A., & Pereira, J. J. (2020). Impacts of climate change on oil palm production in Malaysia. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(9), 9760-9770. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07601-1>
- Satria, R. E., Sofyan, E. T., Sule, M. I. S., & Suriadikusumah, A. (2025). Sistematic literature review: strategi peningkatan produktivitas kelapa sawit dalam menghadapi perubahan iklim. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 12(1), 81-88. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2025.012.1.8>
- Satriawan, H., Fuady, Z., & Fitri, R. (2021). Soil erosion control in immature oil palm plantation. *Journal of Water and Land Development*, (49), 47-54. <https://doi.org/10.24425/jwld.2021.137095>
- Sianipar, E. M. (2021). Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Ekofisiologi Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Majalah Ilmiah Methoda*, 11(1), 75 - 80. <https://doi.org/10.46880/methoda.Vol11No1.pp.75-80>
- Singh, A. 2022. Soil salinity: A global threat to sustainable development. *Soil Use and Management*, 38(1), 39 - 67. <https://doi.org/10.1111/sum.12772>
- Srimawong, P., Aramrak, S., Chittamart, N., & Jotisankasa, A. (2024). Physical qualities of acid sulfate soil: its limitations and implications for oil palm production. *Soil Science and Plant Nutrition*, 70 (5 - 6), 361 - 374. <https://doi.org/10.1080/00380768.2024.2370790>
- Srivastava, R. K., & Yetgin, A. (2024). An overall review on influence of root architecture on soil carbon sequestration potential. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, 36(2), 165-178. <https://doi.org/10.1007/s40626-024-00358-9>
- Tani, N., Abdul Hamid, Z. A., Joseph, N., Sulaiman, O., Hashim, R., Arai, T., ... & Kosugi, A. (2020). Small temperature variations are a key regulator of reproductive growth and assimilate storage in oil palm (*Elaeis guineensis*). *Scientific Reports*, 10, 650. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-57170-8>
- Tamelan, P. G., Kapa, M. M., & Harijono, H. (2020). Upaya panen air hujan untuk mengatasi kekurangan air berbasis teknologi konservasi sumberdaya air di Kabupaten Rote Ndao. *Jurnal Teknologi*, 14(2), 8-15.
- Toor, G. S., Yang, Y. Y., Das, S., Dorsey, S., & Felton, G. (2021). Soil health in agricultural ecosystems: current status and future perspectives. *Advances in Agronomy*, 168 : 157 - 201. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2021.02.004>
- Vadibeler, D., Stockinger, M. P., Wassenaar, L. I., & Stumpf, C. (2025). Influence of soil organic matter on stable water isotope analysis of soil pore water using the H₂O (liquid)-H₂O (vapor) vapor equilibration method. *Journal of Hydrology*, 134081. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2025.134081>
- Wahab, F., Khan, M. J., Khan, M. Y., & Mushtaq, R. (2024). The impact of climate change on agricultural productivity and agricultural loan recovery; evidence from a developing economy. *Environment, Development and Sustainability*, 26(10), 24777-24790. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03652-9>
- Wandana, F. A., Dhora, A., & Zukfikar, Z. (2025). *Budidaya Kelapa Sawit: Panduan Lengkap dari Pembibitan Hingga Panen*. PT. Star Digital Publishing, Yogyakarta-Indonesia.

- Wang, Z., Wang, Y., Xing, D., Wagai, R., Zheng, J., Zhang, H., ... & Feng, W. (2025). Divergent effects of soil organic matter and carbonate on soil aggregation and structure in arid regions. *Catena*, 257, 109196. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2025.109196>
- Winarsih, S. (2020). Mengenal gulma. Semarang: Alprin.
- Wulandari, R., Abas, A., & Abdullah, A. (2025). Understanding the impact of climate change on oil palm plantation: a systematic literature review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9, 1621217. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1621217>