

Morphological Growth of Oil Palm on Biomass-Amended Post-Coal-Mining Land

Romadhon Nur Rohim, Sutan Tarmizi Lubis*, Agung Lesmana, Arjuna Manurung, Muhammad Aqwan A.U, Said Asyrof Auvvarof

Program Studi Pengelolaan Perkebunan, Politeknik LPP Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia;

Article History

Received : February 23th, 2026

Revised : June 07th, 2026

Accepted : July 04th, 2026

*Corresponding Author: **Sutan Tarmizi Lubis**, Program Studi Pengelolaan Perkebunan, Politeknik LPP Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia;
Email : stn@polteklpp.ac.id

Abstrak: Post-coal mining land generally has low soil fertility due to the degradation of physical, chemical, and biological soil properties, which limits the growth of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). This study aimed to evaluate the effectiveness of oil palm biomass-based ameliorants on the morphological growth of immature oil palm planted on post-mining land using mineral soil as a comparison. The study was conducted at PT Pola Kahuripan Inti Sawit, Tanah Laut Regency, South Kalimantan, from November 2025 to January 2026 using a quantitative-comparative survey method. The treatments consisted of P1 (150 kg plant⁻¹ empty fruit bunches on mineral soil), and P2 (150 kg plant⁻¹ empty fruit bunches + 30 kg plant⁻¹ boiler ash) on post-mining land. Observed parameters included plant height, stem diameter, frond number, male flowers, female flowers, and abortive flowers at 12–14 months after planting. Data were analyzed using an independent sample t-test at a 5% significance level. The results showed that P2 increased vegetative growth in post-mining land, with a plant height of 226.62 cm, a stem diameter of 19.12 cm, and 29.82 fronds at 14 months after planting, approaching growth on mineral soil. The combination of empty fruit bunches and boiler ash has the potential to be an effective remedial material for sustainable rehabilitation of post-coal mining land.

Keywords: Boiler Ash; *Elaeis Guineensis*; Empty Fruit Bunches; Post-Coal-Mining Land; Soil Amelioration.

Pendahuluan

Kegiatan pertambangan batu bara memberikan kontribusi penting terhadap perekonomian nasional, namun juga menimbulkan degradasi lahan yang serius. Lahan pascatambang umumnya memiliki kualitas tanah yang rendah, ditandai oleh pH masam, rendahnya bahan organik, serta rendahnya kandungan unsur hara makro seperti N, P, dan K sehingga membatasi pertumbuhan tanaman (Aulia *et al.*, 2025). Kondisi tersebut menyebabkan lahan pascatambang memerlukan upaya rehabilitasi melalui perbaikan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Tordoff *et al.*, 2000; Mukhopadhyay *et al.*, 2013).

Pemanfaatan limbah biomassa kelapa sawit sebagai amelioran merupakan salah satu pendekatan yang berpotensi memperbaiki kesuburan tanah terdegradasi. Janjang kosong

kelapa sawit diketahui mampu meningkatkan kandungan bahan organik, memperbaiki struktur tanah, serta meningkatkan ketersediaan unsur hara dan retensi air tanah (Singh *et al.*, 2010; Adu *et al.*, 2022). Selain itu, biomassa berbasis karbon seperti biochar dan abu boiler mampu memperbaiki sifat kimia tanah, meningkatkan kapasitas tukar kation, serta mendukung aktivitas mikroorganisme tanah (Glaser *et al.*, 2002; Lehmann *et al.*, 2011). Abu boiler sebagai limbah padat pabrik kelapa sawit mengandung unsur K, Ca, Mg, dan P serta bersifat alkalis sehingga berpotensi meningkatkan pH tanah masam pada lahan pascatambang (Elia *et al.*, 2015; Rozikin *et al.*, 2025). Penelitian Saidy *et al.* (2024) juga menunjukkan bahwa kombinasi abu dan janjang kosong mampu meningkatkan ketersediaan fosfor pada tanah reklamasi tambang.

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan komoditas perkebunan strategis yang

berpotensi dikembangkan pada lahan marginal, termasuk lahan pascatambang. Pertumbuhan vegetatif tanaman kelapa sawit pada fase tanaman belum menghasilkan (TBM) sangat dipengaruhi oleh tingkat kesuburan tanah (Mahdani *et al.*, 2021). Hingga saat ini, kajian mengenai karakteristik pertumbuhan morfologi kelapa sawit yang ditanam pada lahan pascatambang dengan pengayaan kombinasi biomassa janjang kosong kelapa sawit dan abu boiler masih terbatas. Selain itu, diperlukan kejelasan mengenai performa pertumbuhan tersebut melalui desain pembandingan dengan lahan mineral untuk mengetahui sejauh mana pengayaan biomassa dapat memulihkan pertumbuhan tanaman di lahan marginal. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pertumbuhan morfologi tanaman kelapa sawit pada lahan pascatambang batubara yang diperkaya biomassa dengan menggunakan tanaman di lahan mineral sebagai pembandingan sistem lahan guna mengevaluasi sejauh mana respons morfologi tanaman mendekati pertumbuhan optimalnya.

Bahan dan Metode

Penelitian dilaksanakan pada November 2025 hingga Januari 2026 di PT.Pola Kahuripan Inti Sawit, Desa Kintapura, Kecamatan Kintap, Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan. Lokasi Penelitian terletak pada koordinat 3.7915° LS dan 115.3995° BT. Wilayah ini memiliki topografi bergelombang dengan iklim monsun tropis (Am) yang memiliki curah hujan rata-rata tahunan sebesar 2.000-3.000 mm. Lahan yang digunakan merupakan area lahan mineral dan area pascatambang batubara dengan riwayat operasional penambangan yang berakhir pada tahun 2021 dan telah memasuki umur reklamasi selama 1 tahun.

Bahan tanam kelapa sawit yang digunakan adalah varietas damimas dengan jarak tanam 9,2 m x 9,2 m x 9,2 m. Aplikasi amelioran berbasis limbah biomassa dilakukan pada bulan Oktober 2024. Pengamatan dilakukan pada tanaman kelapa sawit belum menghasilkan (TBM) yang telah memperoleh perlakuan ameliorasi pada lahan mineral dan lahan pascatambang batubara. Penelitian ini tidak memberikan perlakuan secara langsung, melainkan melakukan evaluasi pertumbuhan tanaman terhadap perlakuan

ameliorasi yang telah diaplikasikan di lapangan. Perlakuan yang diamati terdiri dari 2 perlakuan pada tabel 1.

Tabel 1. Jenis lahan dan dosis perlakuan

Kode	Perlakuan	Lahan
P1	Jangkos 150 kg/tanaman	Mineral
P2	Pemberian jangkos 150 kg + abu boiler 30 kg/tanaman	Bekas Tambang

Penelitian ini menggunakan metode survei kuantitatif-komparatif dengan teknik *purposive sampling* untuk membandingkan dua sistem lahan yang berbeda, yaitu lahan mineral dan lahan pascatambang batubara dengan luasan masing-masing hamparan sebesar 30 ha. Pada setiap hamparan lahan, pengambilan sampel dibagi ke dalam 5 ulangan (blok) dengan luasan masing-masing 6 ha. Dari setiap ulangan tersebut, dipilih 10 sampel tanaman secara acak terpilih (*purposive*) berdasarkan kriteria inklusi yang ketat. Kriteria pemilihan sampel meliputi tanaman tidak berada di barisan tepi atau pinggir jalan untuk menghindari *edge effect*, tanaman sehat yang tidak menunjukkan gejala terserang hama maupun penyakit, serta tanaman yang memiliki keseragaman umur vegetatif, varietas bibit, dan sejarah waktu aplikasi perlakuan amelioran yang sama di lapangan. Melalui rancangan ini, diperoleh 50 sampel tanaman pada masing-masing hamparan lahan, sehingga total tanaman yang diamati dalam penelitian ini sebanyak 100 tanaman sampel. Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman (cm), diameter batang (cm), jumlah pelepah (helai), jumlah bunga jantan, jumlah bunga betina, dan jumlah bunga dompet pada umur 12-14 bulan setelah tanam (BST)

Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan uji independent *sample t-test* pada taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$) dengan bantuan perangkat lunak SPSS. Sebelum dilakukan analisis komparatif, data terlebih dahulu diuji normalitasnya menggunakan uji *kolmogorov-Smirnov* serta uji homogenitas varians untuk memastikan bahwa seluruh data telah memenuhi asumsi dasar analisis statistik parametrik. Pengujian statistik dilakukan untuk membandingkan pertumbuhan morfologi tanaman antara perlakuan P1 dan P2.

Hasil dan Pembahasan

Pengaruh Amelioran Limbah Biomassa terhadap Pertumbuhan Morfologi Kelapa Sawit

Hasil analisis sifat kimia tanah pada kelompok amelioran kombinasi jangang kosong dan abu boiler mampu memperbaiki kualitas tanah pada lahan pascatambang batubara. Tanah tersebut memiliki pH sebesar 6,49, kandungan N-total 0,28%, P-tersedia 105,61 ppm, dan K-tersedia sebesar 136,63 ppm. Perbaikan kondisi

kimia tanah ini memberikan pengaruh langsung terhadap performa tanaman di lapangan. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa setiap perlakuan memberikan respons pertumbuhan morfologi yang berbeda pada tanaman kelapa sawit belum menghasilkan (TBM), baik pada lahan mineral maupun lahan bekas pascatambang batubara. Perbedaan terlihat pada parameter tinggi tanaman, diameter batang, jumlah pelepah, bunga jantan dan bunga dompet selama tiga bulan pengamatan.

Tabel 2. Perbandingan Rerata Pertumbuhan Morfologi Kelapa Sawit Umur 12-14 BST antara kelompok P1 dan P2

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm) *		
	12 bulan ST	13 bulan ST	14 bulan ST
P1	212,58 ± 22,76	224,38 ± 24,99	238,92 ± 28,02
P2	194,90 ± 18,56	208,26 ± 26,61	226,62 ± 28,11
	Diameter Batang (cm) *		
	12 bulan ST	13 bulan ST	14 bulan ST
P1	17,96 ± 2,83	19,22 ± 2,94	20,94 ± 3,15
P2	15,86 ± 3,99	17,36 ± 3,93	19,12 ± 4,09
	Jumlah Pelepah (Helai)		
	12 bulan ST	13 bulan ST	14 bulan ST
P1	26,76 ± 2,92	28,46 ± 3,00	29,64 ± 2,89
P2	26,46 ± 3,23	27,90 ± 3,21	29,82 ± 3,07
	Bunga Jantan (buah)		
	12 bulan ST	13 bulan ST	14 bulan ST
P1	1,44 ± 0,73	2,28 ± 0,90	3,02 ± 1,07
P2	1,30 ± 0,71	1,72 ± 0,75	2,24 ± 0,59
	Bunga Betina (buah)		
	12 bulan ST	13 bulan ST	14 bulan ST
P1	1,10 ± 0,61	1,30 ± 0,70	1,50 ± 0,73
P2	0,96 ± 0,66	1,24 ± 0,62	1,46 ± 0,65
	Bunga Dompet (buah) *		
	12 bulan ST	13 bulan ST	14 bulan ST
P1	2,04 ± 0,83	3,66 ± 0,94	5,48 ± 1,23
P2	1,42 ± 0,73	2,70 ± 0,76	4,04 ± 0,83

Keterangan : Parameter yang diikuti oleh * menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan Uji t pada taraf 5%

Hasil analisis menunjukkan bahwa kelompok observasi pada lahan mineral (P1) dan lahan pascatambang dengan kombinasi jangang kosong dan abu boiler (P2) memberikan respons pertumbuhan morfologi yang berbeda pada tanaman kelapa sawit belum menghasilkan (TBM) umur 12–14 bulan setelah tanam. Perbedaan respons pertumbuhan terlihat pada parameter vegetatif maupun generatif tanaman.

Pada parameter tinggi tanaman, perlakuan P1 menunjukkan pertumbuhan yang secara nyata lebih tinggi dibandingkan perlakuan P2 pada seluruh periode pengamatan. Tinggi tanaman pada perlakuan P1 meningkat dari 212,58 cm pada umur 12 BST menjadi 238,92 cm pada umur 14 BST, sedangkan perlakuan P2

meningkat dari 194,90 cm menjadi 226,62 cm. Meskipun lebih rendah dibandingkan lahan mineral, perlakuan kombinasi jangang kosong dan abu boiler pada lahan pascatambang mampu menunjukkan pertumbuhan yang relatif mendekati P1. Hal ini diduga berkaitan dengan kemampuan abu boiler dalam meningkatkan pH tanah dan menyediakan unsur hara basa seperti K, Ca, dan Mg yang berperan penting dalam proses pertumbuhan vegetatif tanaman (Elia *et al.*, 2015). Biomassa berbasis karbon dan abu hasil pembakaran juga diketahui mampu memperbaiki sifat kimia tanah dan meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara pada tanah terdegradasi (Glaser *et al.*, 2002; Steiner *et al.*, 2007).

Parameter diameter batang, perlakuan P1 menghasilkan diameter batang yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan P2 pada umur 12 dan 13 BST. Namun, pada umur 14 BST tidak terdapat perbedaan nyata antar perlakuan, dengan diameter batang mencapai 20,94 cm pada P1 dan 19,12 cm pada P2. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kombinasi janjang kosong dan abu boiler mampu mendukung pembesaran batang tanaman secara progresif pada lahan pascatambang. Peningkatan diameter batang diduga berkaitan dengan meningkatnya ketersediaan unsur kalium dan magnesium yang berperan dalam pembentukan jaringan tanaman dan aktivitas fotosintesis. Penelitian sebelumnya juga melaporkan bahwa amelioran berbasis biomassa mampu meningkatkan kapasitas tukar kation, aktivitas mikroorganisme tanah, dan efisiensi pemanfaatan unsur hara pada tanah marginal (Lehmann *et al.*, 2011; Ighalo *et al.*, 2025).

Jumlah pelepah menunjukkan respons yang relatif seragam antar perlakuan. Pada umur 12–14 BST tidak terdapat perbedaan nyata antara P1 dan P2, dengan jumlah pelepah berkisar 26–29 helai. Hasil ini mengindikasikan bahwa kombinasi janjang kosong dan abu boiler pada lahan pascatambang telah mampu mendukung pembentukan pelepah tanaman secara optimal dan mendekati kondisi pertumbuhan pada lahan mineral. Janjang kosong kelapa sawit diketahui mampu meningkatkan kandungan bahan organik tanah, memperbaiki struktur tanah, dan meningkatkan retensi air sehingga mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman secara berkelanjutan (Singh *et al.*, 2010; Adu *et al.*, 2022).

Pada parameter generatif, perlakuan P1 menunjukkan jumlah bunga jantan dan bunga dompet yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan P2, terutama pada umur 13–14 BST. Sebaliknya, jumlah bunga betina tidak menunjukkan perbedaan nyata antar perlakuan selama periode pengamatan. Rendahnya respons generatif pada lahan pascatambang diduga berkaitan dengan kondisi kesuburan tanah yang belum sepenuhnya pulih sehingga alokasi fotosintat tanaman masih lebih dominan untuk mendukung pertumbuhan vegetatif dibandingkan pembentukan organ reproduktif. Meskipun demikian, peningkatan jumlah bunga pada perlakuan kombinasi janjang kosong dan abu boiler menunjukkan bahwa ameliorasi berbasis biomassa memiliki potensi

dalam memperbaiki produktivitas lahan pascatambang secara bertahap. Secara umum, hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi janjang kosong. Gambar 1 menunjukkan bahwa pertumbuhan tinggi tanaman kelapa sawit mengalami peningkatan pada kedua perlakuan selama periode pengamatan umur 12–14 bulan setelah tanam (BST). Perlakuan P1 pada lahan mineral secara konsisten menghasilkan tinggi tanaman yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan P2 pada lahan pascatambang. Tinggi tanaman pada perlakuan P1 meningkat dari 212,58 cm pada umur 12 BST menjadi 238,92 cm pada umur 14 BST, sedangkan perlakuan P2 meningkat dari 194,90 cm menjadi 226,62 cm pada periode yang sama.

Meskipun pertumbuhan tanaman pada lahan pascatambang masih lebih rendah dibandingkan lahan mineral, kombinasi janjang kosong dan abu boiler pada perlakuan P2 mampu menunjukkan peningkatan pertumbuhan yang signifikan, dengan tinggi tanaman pada P2 dari 194,90 cm mencapai 226,62 cm dengan laju pertumbuhan rata-rata 15,84 cm perbulan. Selisih absolut antara P1 (lahan mineral) dengan P2 (lahan pascatambang) adalah 17,68 cm pada umur 12 BST dan menurun menjadi 12,30 cm pada umur 14 BST. Hal ini mengindikasikan bahwa perlakuan P2 mampu mengurangi kesenjangan pertumbuhan sebesar 5,38 cm terhadap pertumbuhan pada perlakuan P1.

Peningkatan ini diduga berkaitan dengan peran abu boiler yang mampu meningkatkan pH tanah dan menyediakan unsur hara basa seperti K, N total, Fe dan Mn yang penting dalam mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan amelioran berbasis limbah biomassa kelapa sawit berpotensi memperbaiki kesuburan lahan pascatambang dan mendukung pertumbuhan tinggi tanaman kelapa sawit pada fase tanaman belum menghasilkan (TBM).

Gambar 2 menunjukkan bahwa diameter batang tanaman kelapa sawit mengalami peningkatan pada kedua perlakuan selama umur 12–14 bulan setelah tanam (BST). Perlakuan P1 pada lahan mineral menghasilkan diameter batang yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan P2 pada lahan pascatambang. Diameter batang pada perlakuan P1 meningkat dari 17,96 cm menjadi 20,94 cm, sedangkan pada perlakuan P2

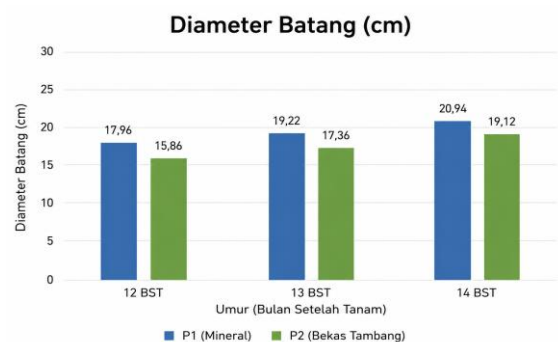
meningkat dari 15,86 cm menjadi 19,12 cm selama periode pengamatan.



Gambar 1. Diagram Pertumbuhan Tinggi Tanaman

Meskipun diameter batang pada lahan pascatambang masih lebih rendah dibandingkan lahan mineral, kombinasi janjang kosong dan abu boiler pada perlakuan P2 mampu meningkatkan pertumbuhan batang tanaman secara bertahap dan mendekati pertumbuhan pada lahan mineral. Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi amelioran berbasis biomassa berpotensi memperbaiki kondisi kesuburan tanah pascatambang melalui peningkatan ketersediaan unsur hara dan perbaikan sifat tanah sehingga mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman kelapa sawit.

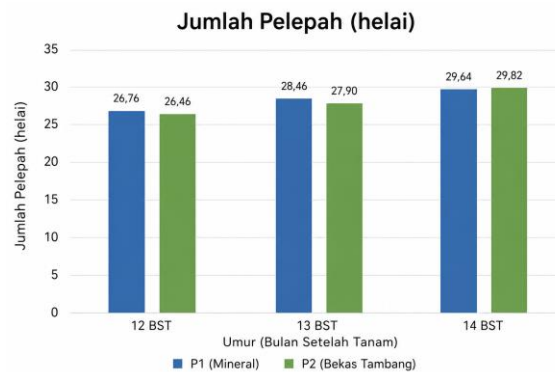
Gambar 3 menunjukkan bahwa jumlah pelepah tanaman kelapa sawit mengalami peningkatan pada kedua perlakuan selama umur 12–14 bulan setelah tanam (BST). Pada perlakuan P1 di lahan mineral, jumlah pelepah meningkat dari 26,76 helai menjadi 29,64 helai, sedangkan pada perlakuan P2 di lahan pascatambang meningkat dari 26,46 helai menjadi 29,82 helai. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kedua perlakuan mampu mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman secara konsisten selama periode pengamatan.



Gambar 2. Diagram Diameter Batang

Perlakuan kombinasi janjang kosong dan abu boiler pada lahan pascatambang menunjukkan jumlah pelepah yang relatif setara dengan perlakuan pada lahan mineral. Hal ini mengindikasikan bahwa aplikasi amelioran berbasis biomassa mampu memperbaiki kondisi tanah pascatambang sehingga mendukung pembentukan dan perkembangan pelepah tanaman secara optimal. Peningkatan jumlah pelepah diduga berkaitan dengan meningkatnya ketersediaan unsur hara dan bahan organik tanah yang berperan dalam mendukung pertumbuhan vegetatif kelapa sawit.

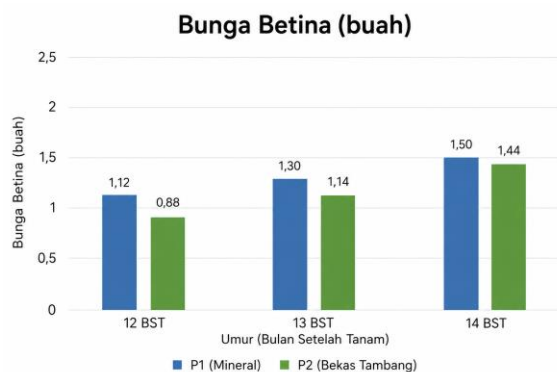
Gambar 4 menunjukkan bahwa jumlah bunga jantan tanaman kelapa sawit meningkat pada kedua perlakuan selama umur 12–14 bulan setelah tanam (BST). Perlakuan P1 pada lahan mineral menghasilkan jumlah bunga jantan yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan P2 pada lahan pascatambang. Jumlah bunga jantan pada perlakuan P1 meningkat dari 1,44 buah menjadi 3,02 buah, sedangkan pada perlakuan P2 meningkat dari 1,30 buah menjadi 2,24 buah selama periode pengamatan.



Gambar 3. Diagram Jumlah Pelepah

Perbedaan jumlah bunga jantan antara kedua perlakuan menunjukkan bahwa kondisi kesuburan tanah pada lahan mineral masih lebih mendukung perkembangan fase generatif tanaman dibandingkan lahan pascatambang. Meskipun demikian, kombinasi janjang kosong dan abu boiler pada lahan pascatambang tetap mampu meningkatkan pembentukan bunga jantan secara bertahap. Hal ini mengindikasikan bahwa aplikasi amelioran berbasis biomassa berpotensi memperbaiki kondisi tanah dan mendukung perkembangan generatif tanaman kelapa sawit pada lahan pascatambang.

Gambar 5 menunjukkan bahwa jumlah bunga betina tanaman kelapa sawit mengalami peningkatan pada kedua perlakuan selama umur 12–14 bulan setelah tanam (BST). Perlakuan P1 pada lahan mineral menghasilkan jumlah bunga betina yang sedikit lebih tinggi dibandingkan perlakuan P2 pada lahan pascatambang. Jumlah bunga betina pada perlakuan P1 meningkat dari 1,10 buah menjadi 1,50 buah, sedangkan pada perlakuan P2 meningkat dari 0,96 buah menjadi 1,46 buah selama periode pengamatan.



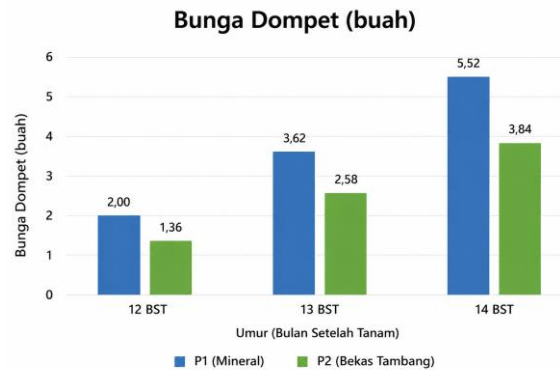
Gambar 5. Diagram Bunga Betina

Meskipun terdapat perbedaan nilai antar perlakuan, jumlah bunga betina pada kedua perlakuan menunjukkan respons yang relatif seragam dan tidak berbeda nyata. Hal ini mengindikasikan bahwa kombinasi janjang kosong dan abu boiler pada lahan pascatambang telah mampu mendukung perkembangan fase generatif tanaman secara cukup baik dan mendekati kondisi pertumbuhan pada lahan mineral. Peningkatan jumlah bunga betina diduga berkaitan dengan membaiknya kondisi kesuburan tanah dan ketersediaan unsur hara yang mendukung pertumbuhan tanaman kelapa sawit.

Gambar 6 menunjukkan bahwa jumlah bunga dompet tanaman kelapa sawit meningkat pada kedua perlakuan selama umur 12–14 bulan setelah tanam (BST). Perlakuan P1 pada lahan mineral menghasilkan jumlah bunga dompet yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan P2 pada lahan pascatambang. Jumlah bunga dompet pada perlakuan P1 meningkat dari 2,04 buah menjadi 5,48 buah, sedangkan pada perlakuan P2 meningkat dari 1,42 buah menjadi 4,04 buah selama periode pengamatan.

Meskipun jumlah bunga dompet pada lahan pascatambang masih lebih rendah

dibandingkan lahan mineral, kombinasi janjang kosong dan abu boiler pada perlakuan P2 menunjukkan peningkatan yang cukup baik pada setiap periode pengamatan. Hal ini mengindikasikan bahwa aplikasi amelioran berbasis biomassa mampu memperbaiki kondisi kesuburan tanah pascatambang dan mendukung perkembangan fase generatif tanaman kelapa sawit secara bertahap.



Gambar 6. Diagram Bunga Dompot

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pada lahan mineral (P1) masih menghasilkan pertumbuhan morfologi kelapa sawit yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan kombinasi janjang kosong dan abu boiler pada lahan pascatambang (P2). Perbedaan tersebut terlihat pada parameter tinggi tanaman, diameter batang, bunga jantan, dan bunga dompet. Kondisi ini menunjukkan bahwa lahan mineral masih memiliki tingkat kesuburan yang lebih baik dibandingkan lahan pascatambang. Menurut Tordoff *et al.*, (2000) dan Mukhopadhyay *et al.*, (2013), lahan pascatambang umumnya mengalami degradasi sifat fisik, kimia, dan biologi tanah sehingga membatasi pertumbuhan tanaman akibat rendahnya bahan organik dan ketersediaan unsur hara.

Meskipun demikian, kombinasi janjang kosong dan abu boiler pada lahan pascatambang mampu menunjukkan pertumbuhan yang relatif mendekati lahan mineral, terutama pada parameter jumlah pelepah dan diameter batang umur 14 bulan setelah tanam. Janjang kosong kelapa sawit diketahui mampu meningkatkan kandungan bahan organik, memperbaiki struktur tanah, meningkatkan retensi air, serta mendukung

aktivitas mikroorganisme tanah (Singh *et al.*, 2010; Adu *et al.*, 2022). Peningkatan bahan organik tersebut berperan penting dalam memperbaiki kondisi tanah pascatambang yang umumnya miskin karbon organik dan memiliki struktur tanah yang buruk.

Peningkatan tinggi tanaman dan diameter batang pada perlakuan P2 diduga berkaitan dengan peran abu boiler dalam meningkatkan pH tanah dan menyediakan unsur hara makro seperti K, Ca, Mg, dan P (Elia *et al.*, 2015). Biomassa berbasis karbon dan abu hasil pembakaran juga diketahui mampu meningkatkan kapasitas tukar kation dan memperbaiki sifat kimia tanah tropis terdegradasi (Glaser *et al.*, 2002; Steiner *et al.*, 2007). Selain itu, amelioran berbasis biomassa mampu meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah sehingga mendukung efisiensi penyerapan unsur hara dan pertumbuhan vegetatif tanaman secara lebih optimal (Lehmann *et al.*, 2011; Ighalo *et al.*, 2025).

Pada fase generatif usia 12-14 BST, perlakuan pada lahan mineral masih menghasilkan jumlah bunga jantan dan bunga dompet (bakal bunga yang masih terbungkus seludang, dengan jenis kelamin belum diketahui) lebih tinggi dibandingkan lahan pascatambang, hal ini mengindikasikan bahwa pemulihan kesuburan tanah pascatambang belum sepenuhnya optimal untuk mendukung perkembangan reproduktif tanaman. Selain itu struktur bunga pada fase ini dapat dipengaruhi oleh stres abiotik (terutama defisit kandungan hara pada tanah reklamasi). Namun demikian, peningkatan jumlah bunga generatif pada perlakuan P2 menunjukkan bahwa aplikasi janjang kosong dan abu boiler tetap berpotensi memperbaiki produktivitas lahan pascatambang secara bertahap. Saidy *et al.*, (2024) melaporkan bahwa kombinasi abu dan janjang kosong mampu meningkatkan ketersediaan fosfor pada tanah reklamasi tambang sehingga mendukung pertumbuhan tanaman secara lebih baik.

Secara umum, hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi janjang kosong dan abu boiler berpotensi menjadi ameliorasi yang berpengaruh dalam rehabilitasi lahan pascatambang batubara. Kombinasi kedua bahan tersebut mampu memperbaiki kondisi fisik, kimia, dan biologi tanah sehingga mendukung pertumbuhan morfologi tanaman kelapa sawit yang mendekati kondisi pertumbuhan pada lahan

mineral. Pemanfaatan limbah biomassa kelapa sawit sebagai amelioran juga memberikan manfaat ekologis dan ekonomi karena mendukung pengelolaan limbah industri sawit sekaligus rehabilitasi lahan secara berkelanjutan.

Kesimpulan

Kondisi lapangan yang diamati, tanaman kelapa sawit pada lahan pascatambang batubara yang diaplikasikan janjang kosong dan abu boiler menunjukkan peningkatan pada parameter morfologi dari umur 12 hingga 14 BST, tetapi sebagian nilai tetap lebih rendah daripada tanaman pada lahan mineral sebagai pembanding. Peningkatan pertumbuhan tanaman ditunjukkan pada parameter tinggi tanaman, diameter batang dan jumlah pelepah.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih kepada PT Pola Kahuripan Inti Sawit atas dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini.

Referensi

- Adu, M. O., Atia, K., Arthur, E., Asare, P. A., & Obour, P. B. (2022). Oil palm empty fruit bunches as a soil amendment to improve growth and yield of crops: A meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 42(1). <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00753-z>
- Albari, J. (2018). Peranan pupuk nitrogen dan fosfor pada tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) belum menghasilkan umur tiga tahun. *Buletin Agrohorti*, 6(1). <https://doi.org/10.29244/agrob.6.1.42-49>
- Aulia, R., Hasanah, F. H., & Zahara, A. (2025). Analisis kualitas tanah pada lahan bekas tambang batubara. *Jurnal Psikososial dan Pendidikan*, 1(2), 883–893.
- Elia, I., Mukhlis, M., & Razali, R. (2015). Kajian pemanfaatan konsentrat limbah cair dan abu boiler pabrik kelapa sawit sebagai sumber unsur hara tanah ultisol. *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara*, 3(4). <https://doi.org/10.32734/jaet.v3i4.11803>

- Singh, R., Ibrahim, M. H., Esa, N., & Iliyana, M.S. (2010). Composting of waste from palm oil mill: A sustainable waste

- management practice. Reviews in Environmental Science and Biotechnology, 9(4), 331–344. <https://doi.org/10.1007/s11157-010-9199-2>
- Situmorang, E., Kristalisasi, E. N., & Rosmarini, U. K. (2024). Pengaruh kombinasi pupuk NPK dan pupuk hayati terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit di main nursery. *Agroforetech*, 2(3), 1235–1239.
- Steiner, C., Teixeira, W. G., Lehmann, J., Nehls, T., De MacÊdo, J. L. V., Blum, W. E., & Zech, W. (2007). Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. *Plant and soil*, 291(1), 275–290. <https://doi.org/10.1007/s11104-007-9193-9>
- Tordoff, G. M., Baker, A. J. M., & Willis, A. J. (2000). Current approaches to the revegetation and reclamation of metalliferous mine wastes. *Chemosphere*, 41(1–2), 219–228. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(99\)00414-2](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(99)00414-2)
- Yamato, M., Okimori, Y., Wibowo, I. F., Anshori, S., & Ogawa, M. (2006). Effects of the application of charred bark of *Acacia mangium* on the yield of maize, cowpea and peanut, and soil chemical properties in South Sumatra, Indonesia. *Soil Science and Plant Nutrition*, 52(4), 489–495. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0765.2006.00065.x>