

## Efektivitas Abu Boiler sebagai Amelioran Tanah Ultisol untuk Pertumbuhan Awal Bibit Kelapa Sawit

Nur Rahayu<sup>1)</sup>, Nor Aisyah<sup>2)</sup> dan Muhammad Helmy Abdillah<sup>3,\*)</sup>

<sup>1,2)</sup> Mahasiswa Prodi D3 Budidaya Tanaman Perkebunan, Politeknik Hasnur, Kalimantan Selatan

<sup>3)</sup> Dosen Prodi D3 Budidaya Tanaman Perkebunan, Politeknik Hasnur, Kalimantan Selatan

\*) Corresponding author: abdillah.helmy21@gmail.com

### Abstrak

Ultisol memiliki kendala berupa reaksi tanah masam yang dapat membatasi ketersediaan hara dan pertumbuhan awal bibit kelapa sawit. Abu boiler sebagai limbah industri kelapa sawit berpotensi dimanfaatkan sebagai amelioran untuk memperbaiki kondisi tersebut. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas berbagai dosis abu boiler sebagai amelioran tanah Ultisol terhadap pertumbuhan awal bibit kelapa sawit dengan  $\text{CaCO}_3$  20 g sebagai kontrol positif. Penelitian dilaksanakan pada Maret–Juni 2026 di Kebun Percobaan D3 Budidaya Tanaman Perkebunan, Politeknik Hasnur, menggunakan lima perlakuan: tanpa amelioran (P1),  $\text{CaCO}_3$  20 g (P2), abu boiler 20 g (P3), 30 g (P4), dan 40 g (P5), masing-masing dengan enam ulangan. Bibit kelapa sawit PPKS 540 ditanam pada polibag  $15 \times 20$  cm dan diamati hingga 12 minggu setelah tanam (MST). Peubah yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, dan pH tanah. Data dianalisis melalui uji *Shapiro–Wilk*, *Levene*, *One-Way ANOVA*, dan *Kruskal–Wallis* sesuai pemenuhan asumsi analisis. Hasil menunjukkan bahwa abu boiler tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang, tetapi berpengaruh nyata terhadap pH tanah. pH tanah pada seluruh dosis abu boiler tidak berbeda nyata dengan  $\text{CaCO}_3$  20 g. Penelitian ini menegaskan bahwa abu boiler berpotensi sebagai amelioran alternatif untuk memperbaiki pH Ultisol, tetapi belum efektif meningkatkan pertumbuhan vegetatif bibit kelapa sawit pada 12 MST.

**Kata kunci:** abu boiler; amelioran; bibit kelapa sawit; Ultisol; pH tanah

### Abstract

Ultisols are characterized by acidic soil reactions that can limit nutrient availability and early oil palm seedling growth. Boiler ash, a solid waste from the oil palm industry, has potential as a soil amendment to improve these conditions. This study aimed to evaluate the effectiveness of different boiler ash doses as an amendment for Ultisol on early oil palm seedling growth, using 20 g  $\text{CaCO}_3$  as a positive control. The study was conducted from March to June 2026 at the Experimental Farm of the D3 Plantation Crop Cultivation Program, Politeknik Hasnur. Five treatments were evaluated: no amendment (P1), 20 g  $\text{CaCO}_3$  (P2), and boiler ash at 20 g (P3), 30 g (P4), and 40 g (P5), with six replications each. PPKS 540 oil palm seedlings were grown in  $15 \times 20$  cm polybags and observed until 12 weeks after planting (WAP). Plant height, leaf number, stem diameter, and soil pH were evaluated. Data were analyzed using the *Shapiro–Wilk*, *Levene*, *One-Way ANOVA*, and *Kruskal–Wallis* tests according to the statistical assumptions. Boiler ash did not significantly affect plant height, leaf number, or stem diameter, but significantly affected soil pH. Soil pH at all boiler ash doses was not significantly different from that of 20 g  $\text{CaCO}_3$ . Therefore, boiler ash has potential as an alternative amendment for improving Ultisol pH, although it did not effectively improve the vegetative growth of oil palm seedlings at 12 WAP.

**Keywords:** boiler ash; soil amendment; oil palm seedlings; Ultisol; soil pH

## PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu komoditas perkebunan penting di Indonesia yang produktivitasnya sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah sebagai media tumbuh. Salah satu jenis tanah yang banyak dijumpai di wilayah tropis

adalah Ultisol, yang memiliki kendala kesuburan berupa reaksi tanah masam, rendahnya ketersediaan beberapa unsur hara, serta tingginya kelarutan aluminium (Al) pada kondisi tertentu (Septiaji et al., 2024). Kondisi tersebut dapat menghambat perkembangan akar dan penyerapan hara sehingga berpotensi membatasi pertumbuhan tanaman, termasuk pada fase awal pertumbuhan bibit kelapa sawit. Penelitian Rozi & Prastia (2019) dan pada Ultisol menunjukkan bahwa pengelolaan kemasaman tanah melalui pemberian bahan pengapuran dapat meningkatkan pH tanah dan menurunkan Al dapat ditukar, yang selanjutnya dapat memperbaiki respons pertumbuhan kelapa.

Perbaikan sifat kimia Ultisol umumnya dilakukan melalui pemberian amelioran, salah satunya  $\text{CaCO}_3$ . Meskipun efektif dalam menetralisasi kemasaman tanah, penggunaan bahan amelioran alternatif yang tersedia secara lokal menjadi penting untuk dikaji, terutama dengan mempertimbangkan pemanfaatan limbah industri perkebunan. Salah satu bahan yang berpotensi digunakan adalah abu boiler kelapa sawit, yaitu residu pembakaran bahan bakar berupa serat dan cangkang pada proses pengolahan kelapa sawit (Rahmawati et al., 2025). Abu boiler memiliki potensi sebagai bahan pembenah tanah karena mengandung unsur-unsur basa dan mineral yang dapat berkontribusi terhadap perbaikan sifat kimia tanah. Penelitian (Hutauruk & Zega, 2023; Ramadhan et al., 2024) menunjukkan bahwa pemberian abu boiler pada Ultisol dapat meningkatkan pH tanah, sementara abu boiler juga berkontribusi terhadap peningkatan unsur mikro lainnya. Penelitian (Lumbanraja et al., 2023; Mulyani, 2019) menunjukkan bahwa pemanfaatan abu boiler sebagai bahan tambahan kompos mampu memperbaiki beberapa sifat kimia Ultisol. Dari hasil penelitian ini, pemanfaatan abu boiler tidak hanya berpotensi menjadi alternatif amelioran untuk memperbaiki kualitas tanah, tetapi juga dapat menjadi salah satu bentuk pemanfaatan limbah padat industri kelapa sawit yang lebih bernilai guna.

Namun, efektivitas abu boiler sebagai amelioran pada Ultisol terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit belum menunjukkan hasil yang konsisten. Isra et al. (2024) melaporkan bahwa pemberian abu boiler dengan dosis 10, 15, 20, dan 25 g pada Ultisol tidak memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit di *pre-nursery*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa respons tanaman terhadap abu boiler tidak hanya ditentukan oleh keberadaan bahan amelioran, tetapi juga dapat dipengaruhi oleh dosis yang diberikan, karakteristik tanah, bahan abu boiler, serta kondisi pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengevaluasi respons bibit kelapa sawit terhadap dosis abu boiler yang berbeda dengan menggunakan bahan amelioran pembanding yang telah dikenal efektif. Dalam penelitian ini,  $\text{CaCO}_3$  20 g digunakan

sebagai kontrol positif, sedangkan abu boiler diberikan pada dosis 20, 30, dan 40 g. Evaluasi dilakukan berdasarkan perubahan pH tanah serta pertumbuhan awal bibit kelapa sawit yang meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang pada 12 MST. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas berbagai dosis abu boiler sebagai amelioran tanah Ultisol terhadap pertumbuhan awal bibit kelapa sawit dengan menggunakan  $\text{CaCO}_3$  sebanyak 20 g sebagai kontrol positif.

## **METODE**

### **Waktu, Tempat, dan Bahan Penelitian**

Penelitian dilaksanakan pada Maret–Juni 2026 di Kebun Percobaan Program Studi D3 Budidaya Tanaman Perkebunan, Politeknik Hasnur, Kalimantan Selatan. Bahan tanam yang digunakan adalah kecambah PPKS 540, yang dibeli dari Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS), Medan. Media tanam berupa tanah Ultisol yang dibeli dari penambang tanah di wilayah Cempaka, Banjarbaru, Kalimantan Selatan. Abu boiler yang digunakan sebagai bahan amelioran diperoleh dari PT CPKA, Jorong, Kalimantan Selatan. Kapur pertanian yang digunakan yakni  $\text{CaCO}_3$ , sebagai amelioran pembandingan kontrol positif.

### **Rancangan Perlakuan dan Pemeliharaan**

Penelitian menggunakan lima perlakuan amelioran, yaitu P1= kontrol negatif tanpa pembenah tanah, P2= kontrol positif dengan aplikasi 20 g  $\text{CaCO}_3$ , P3= aplikasi abu boiler sebanyak 20 g, P4= aplikasi abu boiler sebanyak 30 g, P5= aplikasi abu boiler sebanyak 40 g. Setiap perlakuan terdiri atas enam ulangan sehingga diperoleh 30 unit percobaan. Masing-masing unit percobaan terdiri atas satu kecambah PPKS 540 yang nantinya tumbuh menjadi bibit kelapa sawit yang ditanam pada satu polibag berukuran  $15 \times 20$  cm. Perlakuan amelioran dicampurkan terlebih dahulu dengan media tanah sebelum kecambah kelapa sawit ditanam. Setelah kecambah ditanam, seluruh tanaman dipelihara dengan kondisi dan perlakuan pemeliharaan yang seragam. Penyiraman dilakukan dua kali sehari, yaitu pada pagi dan sore hari, dengan total volume air 200–300 mL per polibag. Pemberian air dilakukan secara merata pada seluruh unit percobaan selama periode penelitian. Pemupukan dilakukan menggunakan pupuk NPK 15-15-6-4 dengan dosis 0,1 g per polibag, yang dilarutkan dalam 50 mL air dan diaplikasikan pada 4, 6, 8, dan 10 MST. Pupuk urea diberikan dengan dosis 0,1 g per polibag, dilarutkan dalam 50 mL air, dan diaplikasikan pada 5, 7, 9, dan 11 MST.

### **Peubah Pengamatan**

Pengamatan dilakukan pada 12 MST (sesuai standar pembibitan pada *pre-nursery*) untuk mengevaluasi respons pertumbuhan awal bibit kelapa sawit terhadap pemberian abu boiler. Peubah yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, dan pH tanah. Tinggi tanaman diukur pada 12 MST dan dinyatakan dalam cm, jumlah daun dihitung dalam satuan helai per tanaman, sedangkan diameter batang diukur dengan jangka sorong dan dinyatakan dalam satuan mm. Pengukuran pH tanah dilakukan untuk mengetahui perubahan reaksi tanah sebagai respons terhadap pemberian amelioran yang diukur dengan pH meter digital di Laboratorium Prodi Budidaya Tanaman Perkebunan.

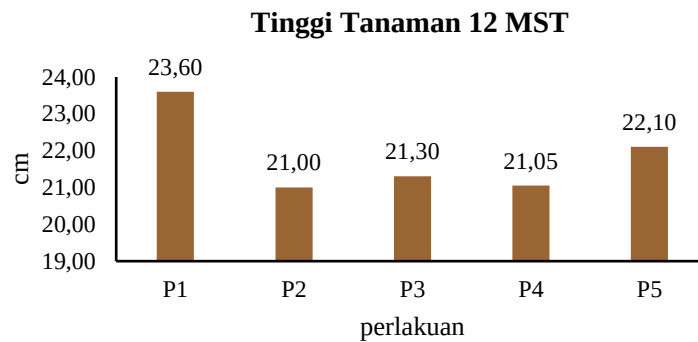
### **Analisis Data**

Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan *IBM SPSS Statistics* versi 25. Uji normalitas dilakukan menggunakan *Shapiro–Wilk*, sedangkan homogenitas ragam diuji menggunakan *Levene's test*, masing-masing pada taraf signifikansi 5%. Data yang memenuhi asumsi normalitas dan homogenitas dianalisis menggunakan *One-Way ANOVA*. Apabila hasil ANOVA menunjukkan pengaruh nyata, dilakukan uji lanjut yang sesuai untuk mengetahui perbedaan antarperlakuan, dengan perhatian utama pada perbandingan dosis abu boiler terhadap  $\text{CaCO}_3$  20 g sebagai kontrol positif. Data yang tidak memenuhi asumsi normalitas dianalisis menggunakan uji *Kruskal–Wallis* sebagai pendekatan nonparametrik. Apabila terdapat perbedaan nyata antarperlakuan, dilakukan perbandingan berpasangan menggunakan uji *Mann–Whitney* dengan koreksi *Bonferroni* untuk mengendalikan kesalahan akibat perbandingan berganda. Seluruh pengujian dilakukan pada taraf signifikansi 5% ( $\alpha = 0,05$ ).

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Tinggi tanaman pada 12 MST**

Tinggi bibit kelapa sawit pada akhir periode pengamatan (12 MST) menunjukkan variasi nilai rata-rata antarperlakuan. Perlakuan tanpa pembenah tanah (P1) menghasilkan tinggi tanaman tertinggi, yaitu  $23,60 \pm 2,62$  cm, diikuti abu boiler 40 g (P5) sebesar  $22,10 \pm 2,66$  cm, abu boiler 20 g (P3) sebesar  $21,30 \pm 3,41$  cm, abu boiler 30 g (P4) sebesar  $21,05 \pm 4,64$  cm, dan  $\text{CaCO}_3$  20 g (P2) sebesar  $21,00 \pm 2,40$  cm. Secara deskriptif, perbedaan nilai rata-rata tersebut (Gambar 1) menunjukkan bahwa penambahan abu boiler maupun  $\text{CaCO}_3$  belum menghasilkan peningkatan tinggi bibit dibandingkan tanpa amelioran.



Gambar 1. Rata-rata tinggi tanaman pada 12 MST yang diberi perlakuan. P1= kontrol negatif tanpa pembenah tanah, P2= kontrol positif dengan aplikasi 20 g  $\text{CaCO}_3$ , P3= aplikasi abu boiler sebanyak 20 g, P4= aplikasi abu boiler sebanyak 30 g, P5= aplikasi abu boiler sebanyak 40 g.

Hasil uji data tinggi tanaman memenuhi asumsi analisis parametrik. Uji *Shapiro–Wilk* menunjukkan nilai signifikansi masing-masing sebesar 0,446; 0,408; 0,723; 0,511; dan 0,595 pada perlakuan P0 hingga P5, yang seluruhnya lebih besar dari 0,05. Homogenitas varians juga terpenuhi berdasarkan uji *Levene* dengan nilai signifikansi 0,535. Oleh karena itu, data dapat dianalisis menggunakan ANOVA satu arah. Hasil ANOVA menunjukkan nilai  $F(4,23) = 0,580$  dengan  $p = 0,680$ , sehingga tidak terdapat perbedaan nyata tinggi bibit kelapa sawit antarperlakuan pada taraf 5%. Meskipun P0 memiliki rata-rata tinggi terbesar secara numerik, hasil tersebut tidak dapat diinterpretasikan sebagai keunggulan perlakuan tanpa amelioran karena perbedaannya tidak signifikan secara statistik karena ANOVA tidak menunjukkan perbedaan nyata, sehingga uji lanjut *Dunnett* tidak diperlukan pada parameter tinggi tanaman.

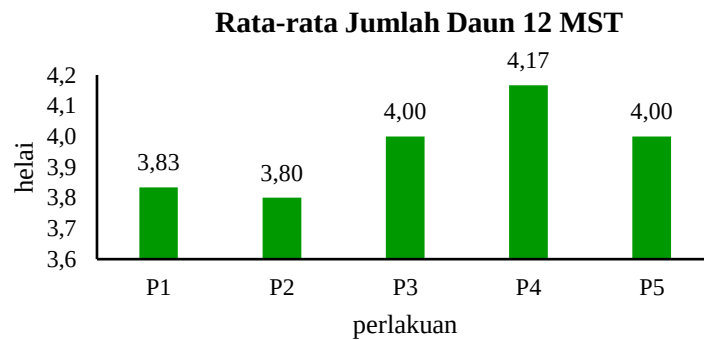
Tidak adanya respons nyata terhadap pemberian abu boiler dapat berkaitan dengan karakteristik fase awal pertumbuhan bibit dan kompleksitas respons tanaman terhadap ameliorasi tanah. Abu boiler dari industri kelapa sawit mengandung sejumlah unsur hara dan berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan amelioran (Nurjanah et al., 2025), tetapi perubahan sifat kimia media tidak selalu segera menghasilkan peningkatan pertumbuhan vegetatif karena efek tersebut sangat bergantung pada karakteristik abu, dosis, sifat awal tanah, serta kondisi pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, keberadaan potensi amelioratif secara kimia tidak dapat langsung diasumsikan menghasilkan peningkatan tinggi tanaman dalam periode pengamatan yang relatif pendek.

Hasil penelitian ini juga sejalan dengan beberapa penelitian pada bibit kelapa sawit yang menunjukkan bahwa pemberian abu boiler tidak selalu menghasilkan respons

pertumbuhan yang signifikan. Isra et al. (2024) melaporkan bahwa aplikasi abu boiler pada Ultisol dengan dosis 10–25 g tidak memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit pada fase *pre-nursery*. Namun perlu peningkatan dosis abu boiler sebagai komponen media pembibitan sehingga menunjukkan pengaruh signifikan terhadap tinggi bibit dan parameter pertumbuhan lainnya (Rumahorbo et al., 2023). Temuan ini memberikan argumentasi bahwa ketiadaan pengaruh nyata pada penelitian ini bukan berarti abu boiler tidak memiliki nilai agronomis, tetapi menunjukkan bahwa dosis 20–40 g yang digunakan belum menghasilkan perubahan tinggi tanaman yang cukup besar untuk dibedakan secara statistik dari kontrol pada kondisi percobaan.

### **Jumlah Helai Daun pada 12 MST**

Jumlah helai daun bibit kelapa sawit pada 12 minggu setelah tanam (MST) menunjukkan variasi nilai rata-rata antarperlakuan (Gambar 2). Perlakuan tanpa amelioran (P1) menghasilkan rata-rata  $3,83 \pm 0,41$  dengan *mean rank* 12,75,  $\text{CaCO}_3$  20 g (P2)  $3,80 \pm 1,30$  dengan *mean rank* 14,10, abu boiler 20 g (P3)  $4,00 \pm 0,63$  dengan *mean rank* 14,58, abu boiler 30 g (P4)  $4,17 \pm 0,75$  dengan *mean rank* 16,42, dan abu boiler 40 g (P5)  $4,00 \pm 0,71$  dengan *mean rank* 14,60. Secara deskriptif, P4 memiliki rata-rata jumlah daun tertinggi, sedangkan P1 memiliki rata-rata terendah. Hasil uji *Shapiro–Wilk* menunjukkan bahwa data pada perlakuan P1 tidak memenuhi asumsi normalitas ( $p = 0,000$ ), sedangkan P2, P3, P4, dan P5 masing-masing memiliki nilai  $p = 0,421$ ;  $0,101$ ;  $0,212$ ; dan  $0,325$ . Meskipun homogenitas varians terpenuhi berdasarkan uji *Levene* ( $F(4,23) = 2,166$ ;  $p = 0,105$ ), pelanggaran normalitas pada salah satu kelompok menyebabkan analisis nonparametrik digunakan sebagai dasar inferensi. Oleh karena itu, perbedaan jumlah daun antarperlakuan dianalisis menggunakan uji *Kruskal–Wallis*. Hasil pengujian menunjukkan nilai  $H = 0,764$ ;  $df = 4$ ;  $p = 0,943$ , sehingga tidak terdapat perbedaan nyata jumlah helai daun antarperlakuan pada taraf 5%. Dari data menunjukkan meskipun perlakuan P4 yakni abu boiler 30 g menghasilkan rata-rata dan *mean rank* tertinggi (16,42), keunggulan tersebut belum didukung oleh bukti statistik lanjutan karena uji sebelumnya tidak menunjukkan perbedaan nyata jumlah helai daun antarperlakuan pada taraf 5%.



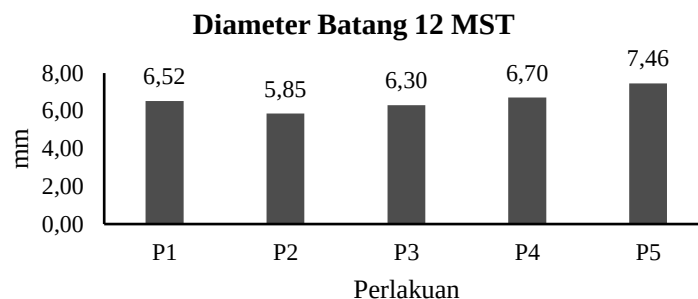
Gambar 2. Rata-rata jumlah helai daun tanaman pada 12 MST yang diberi perlakuan. P1= kontrol negatif tanpa pembenah tanah, P2= kontrol positif dengan aplikasi 20 g  $\text{CaCO}_3$ , P3= aplikasi abu boiler sebanyak 20 g, P4= aplikasi abu boiler sebanyak 30 g, P5= aplikasi abu boiler sebanyak 40 g.

Hasil penelitian ini menunjukkan tidak adanya respons nyata terhadap jumlah daun dari aplikasi abu boiler pada dosis 20–40 g belum menghasilkan perubahan pertumbuhan daun yang cukup besar dibandingkan tanpa amelioran maupun  $\text{CaCO}_3$  20 g selama periode pengamatan. Pembentukan daun pada bibit kelapa sawit tidak hanya ditentukan oleh ketersediaan unsur hara, tetapi juga dipengaruhi oleh perkembangan sistem perakaran, kondisi air, intensitas cahaya, serta keseimbangan unsur hara dalam media (Hermans et al., 2006). Perbaikan sifat kimia Ultisol melalui ameliorasi karenanya belum tentu langsung diterjemahkan menjadi peningkatan jumlah daun, terutama ketika tanaman masih berada pada fase pertumbuhan awal. Potensi abu boiler sebagai sumber mineral atau bahan amelioratif dapat saja ada, namun de Bang et al. (2021) menjelaskan bahwa respons morfologis tanaman bergantung pada terhadap unsur yang tersedia benar-benar berada dalam bentuk dan jumlah yang dapat dimanfaatkan tanaman.

Secara agronomis, pola rata-rata pada penelitian ini juga tidak menunjukkan hubungan linear antara peningkatan dosis abu boiler dan jumlah daun. Rata-rata meningkat dari 4,00 helai pada abu boiler 20 g menjadi 4,17 helai pada 30 g, tetapi kembali menjadi 4,00 helai pada 40 g. Pola tersebut mengindikasikan bahwa peningkatan dosis tidak secara otomatis menghasilkan peningkatan jumlah daun. Respons yang relatif stabil dapat menunjukkan bahwa kebutuhan tanaman terhadap faktor pembentuk daun telah tercukupi dari media dan sumber hara yang tersedia, sehingga tambahan abu boiler belum menghasilkan respons morfologis yang terukur. Sebaliknya, perbedaan kecil antarrata-rata juga dapat tertutupi oleh variasi individual tanaman, yang ditunjukkan dari nilai simpangan baku yang relatif lebih besar pada P2 (1,30 helai) dibandingkan P1 (0,41 helai).

### Diameter Pangkal Batang pada 12 MST

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa diameter batang bibit kelapa sawit umur 12 MST berada pada kisaran rata-rata 5,85–7,46 (Gambar 3), dengan nilai tertinggi pada P5 sebesar  $7,46 \pm 0,608$  dengan *mean rank* 20,60 dan terendah pada P2 sebesar  $5,85 \pm 2,042$  dengan *mean rank* 11,60. Perlakuan P4, P1, dan P3 masing-masing menghasilkan rata-rata diameter sebesar  $6,70 \pm 0,734$  *mean rank* 14,00;  $6,52 \pm 1,277$  *mean rank* 13,33; dan  $6,30 \pm 1,573$  *mean rank* 13,50. Secara deskriptif, P5 menunjukkan performa pertumbuhan diameter paling baik sekaligus memiliki simpangan baku relatif kecil, yang menunjukkan bahwa respons tanaman pada perlakuan tersebut relatif lebih seragam. Sebaliknya, P2 mempunyai keragaman terbesar (SD 2,042), yang menunjukkan respons diameter antarbibit lebih bervariasi.



Gambar 3. Rata-rata diameter pangkal batang bibit kelapa sawit pada 12 MST yang diberi perlakuan. P1= kontrol negatif tanpa pembenah tanah, P2= kontrol positif dengan aplikasi 20 g  $\text{CaCO}_3$ , P3= aplikasi abu boiler sebanyak 20 g, P4= aplikasi abu boiler sebanyak 30 g, P5= aplikasi abu boiler sebanyak 40 g.

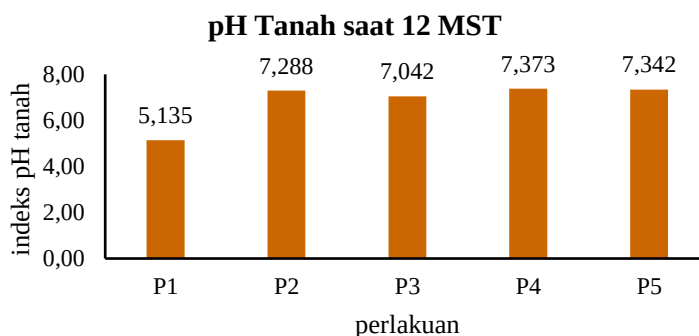
Pengujian statistik menunjukkan bahwa data diameter batang tidak sepenuhnya memenuhi asumsi normalitas, dengan nilai *Shapiro–Wilk* pada P2 sebesar  $p = 0,035$ , sedangkan P1, P3, P4, dan P5 masing-masing sebesar  $p = 0,594$ ;  $0,709$ ;  $0,132$ ; dan  $0,659$ . Meskipun demikian, varians antarperlakuan homogen berdasarkan *Levene's test* ( $p = 0,235$ ). Hasil *One-Way ANOVA* menunjukkan bahwa perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap diameter batang ( $F = 0,982$ ;  $p = 0,437$ ). Hasil asumsi normalitas tidak sepenuhnya terpenuhi, maka analisis dikonfirmasi menggunakan uji *Kruskal–Wallis* yang juga menunjukkan tidak adanya perbedaan nyata antarperlakuan ( $H = 3,602$ ;  $p = 0,462$ ). Penelitian ini menegaskan bahwa berbagai dosis abu boiler yang diuji belum menghasilkan perbedaan diameter batang bibit kelapa sawit pada 12 MST.

Tidak adanya pengaruh nyata terhadap diameter batang tidak serta-merta menunjukkan bahwa abu boiler tidak berpotensi sebagai amelioran. Respons pertumbuhan

tanaman terhadap amelioran dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain dosis aplikasi, karakteristik kimia abu, kapasitas penyangga tanah, lama inkubasi, dan kebutuhan hara tanaman selama fase awal pertumbuhan sehingga memengaruhi kapasitas *buffer* tanah (Dvořáčková et al., 2022). Abu boiler umumnya memiliki sifat alkalis dan mengandung kation basa seperti K, Ca, dan Mg (Nabila et al., 2023) yang berpotensi memperbaiki kondisi kimia tanah masam (Ermadani et al., 2024). Pada Ultisol, pemberian abu boiler telah dilaporkan mampu meningkatkan pH tanah dan beberapa bentuk hara, terutama P, sedangkan kombinasi abu boiler dengan bahan organik juga dapat meningkatkan pH dan ketersediaan beberapa unsur hara (Leoni et al., 2024).

### pH-tanah pada 12 MST

Rata-rata indeks pH (Gambar 4) menunjukkan bahwa perlakuan tanpa amelioran (P1) menghasilkan pH terendah, yaitu  $5,135 \pm 0,145$  dengan *mean rank* 3,50, sedangkan pemberian  $\text{CaCO}_3$  20 g (P2) meningkatkan pH menjadi  $7,288 \pm 0,395$  dengan *mean rank* 21,33. Pemberian abu boiler juga menghasilkan pH yang relatif tinggi, masing-masing  $7,042 \pm 0,172$  dengan *mean rank* 11,17 pada dosis 20 g (P3),  $7,373 \pm 0,122$  dengan *mean rank* 21,82 pada dosis 30 g (P4), dan  $7,342 \pm 0,119$  dengan 19,67 pada dosis 40 g (P5). Secara deskriptif, seluruh perlakuan amelioran meningkatkan pH tanah dibandingkan kondisi tanpa amelioran, dengan peningkatan terbesar relatif terhadap P1 ditunjukkan oleh P4 dan P5.



Gambar 4. Rata-rata pH tanah pada 12 MST yang diberi perlakuan. P1= kontrol negatif tanpa pembenah tanah, P2= kontrol positif dengan aplikasi 20 g  $\text{CaCO}_3$ , P3= aplikasi abu boiler sebanyak 20 g, P4= aplikasi abu boiler sebanyak 30 g, P5= aplikasi abu boiler sebanyak 40 g.

Hasil analisis nonparametrik menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh nyata terhadap pH tanah Ultisol berdasarkan uji *Kruskal–Wallis* ( $H = 19,695$ ;  $df = 4$ ;  $p = 0,001$ ). Perlakuan tanpa amelioran (P1) memiliki *mean rank* terendah (3,50) dan

berbeda nyata dengan P2, P3, P4, dan P5 berdasarkan uji perbandingan pasangan dengan koreksi *Bonferroni* ( $p = 0,004$  untuk seluruh perbandingan). Sebaliknya, tidak terdapat perbedaan nyata antara  $\text{CaCO}_3$  20 g (P2) dengan abu boiler 20, 30, dan 40 g, masing-masing dengan  $p = 0,055$ ; 1,000; dan 0,422. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemberian abu boiler mampu meningkatkan pH tanah hingga tidak berbeda nyata dengan kontrol positif  $\text{CaCO}_3$ .

Secara deskriptif, pH tanah tanpa amelioran hanya sebesar  $5,135 \pm 0,145$ , sedangkan  $\text{CaCO}_3$  20 g menghasilkan pH  $7,288 \pm 0,395$ . Abu boiler 20, 30, dan 40 g masing-masing menghasilkan pH  $7,042 \pm 0,172$ ;  $7,373 \pm 0,122$ ; dan  $7,342 \pm 0,119$ . Dosis 30 g menghasilkan pH tertinggi secara numerik, bahkan sedikit lebih tinggi dibandingkan  $\text{CaCO}_3$ , tetapi tidak berbeda nyata dengan dosis 20 maupun 40 g. Hasil penelitian ini menegaskan bahwa peningkatan dosis abu boiler tidak menunjukkan pola respons pH yang linear dan belum dapat digunakan untuk menetapkan dosis optimum hanya berdasarkan parameter pH.

Peningkatan pH tersebut dapat dikaitkan dengan karakter abu boiler yang mengandung kation basa, terutama Ca, Mg, dan K, yang berpotensi berkontribusi dalam menetralisasi kemasaman tanah. melaporkan bahwa aplikasi abu boiler pada Ultisol dapat meningkatkan pH tanah dan mengaitkan respons tersebut dengan kontribusi mineral lainnya yang berlebihan didalam tanah (Handajaningsih et al., 2024). Pada Ultisol yang umumnya memiliki reaksi masam dan kendala toksisitas logam, peningkatan pH melalui pemberian amelioran dapat memperbaiki kondisi kimia tanah dan mengurangi kendala kemasaman bagi pertumbuhan tanaman (Wahyudin et al., 2020).

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa seluruh dosis abu boiler menghasilkan pH yang secara statistik tidak berbeda dengan  $\text{CaCO}_3$  20 g sebagai kontrol positif. Hal tersebut menunjukkan bahwa abu boiler memiliki potensi sebagai amelioran alternatif untuk memperbaiki pH Ultisol. Namun, kesetaraan respons pH dengan  $\text{CaCO}_3$  tidak serta-merta menunjukkan bahwa abu boiler memiliki efektivitas yang sama dalam seluruh aspek kesuburan tanah maupun pertumbuhan tanaman sehingga efektivitas abu boiler perlu dinilai bersama parameter pertumbuhan bibit kelapa sawit dan karakteristik kimia tanah lainnya.

Selain itu, peningkatan pH yang terlalu tinggi perlu diperhatikan karena perubahan reaksi tanah dapat memengaruhi ketersediaan dan keseimbangan unsur hara, termasuk P, Fe, serta unsur mikro. Oleh sebab itu, penggunaan abu boiler sebaiknya mempertimbangkan dosis yang mampu memperbaiki kemasaman tanpa menyebabkan

peningkatan pH yang berlebihan. Berdasarkan hasil penelitian ini, abu boiler efektif memperbaiki pH Ultisol, tetapi dosis paling efektif untuk mendukung pertumbuhan bibit kelapa sawit belum dapat ditentukan hanya berdasarkan respons pH.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Pemberian abu boiler 20, 30, dan 40 g belum efektif meningkatkan pertumbuhan awal bibit kelapa sawit (tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang) pada 12 MST. Namun, seluruh dosis abu boiler efektif meningkatkan pH tanah Ultisol dan menghasilkan respons yang tidak berbeda nyata dengan  $\text{CaCO}_3$  20 g sebagai kontrol positif. Penelitian ini menegaskan bahwa abu boiler berpotensi sebagai alternatif amelioran untuk memperbaiki pH Ultisol, tetapi belum dapat ditetapkan dosis paling efektif untuk meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit pada 12 MST. Penambahan dosis abu boiler yang lebih tinggi dan kombinasi perlakuan kompos TKKS patut dicoba untuk melihat interaksinya dengan pertumbuhan vegetatif yang lebih baik, karena dosis maksimal belum menunjukkan perberbedaan nyata dengan  $\text{CaCO}_3$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- de Bang, T. C., Husted, S., Laursen, K. H., Persson, D. P., & Schjoerring, J. K. (2021). The molecular–physiological functions of mineral macronutrients and their consequences for deficiency symptoms in plants. *New Phytologist*, 229(5), 2446–2469. <https://doi.org/10.1111/nph.17074>
- Dvořáčková, H., Dvořáček, J., Hueso González, P., & Vlček, V. (2022). Effect of different soil amendments on soil buffering capacity. *PLOS ONE*, 17(2), e0263456. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263456>
- Ermadani, Sarman, Yasdi, Nurdiansyah, F., & Suryanto. (2024). Evaluation of the potential of boiler ash from palm oil mill as an alternative material for the improvement of acid. *Pak. J. Anal. Environ. Chem*, 25(1), 90–98.
- Handajaningsih, M., Marwanto, Ningrum, F. V. P., & Prawito, P. (2024). Plant growth-promoting potential of oil palm boiler ash-based organomineral fertilizer for green mustard cultivation under reduced urea dose in Ultisols. *KnE Social Sciences*, 9(26), 96–104. <https://doi.org/10.18502/kss.v9i26.17073>
- Hermans, C., Hammond, J. P., White, P. J., & Verbruggen, N. (2006). How do plants respond to nutrient shortage by biomass allocation? *Trends in Plant Science*, 11(12), 610–617. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2006.10.007>

- Hutauruk, S., & Zega, A. V. (2023). Respon tanaman jagung terhadap dosis abu cangkang kelapa sawit pada tanah ultisol. *Agrosustain*, 1(1), 38–44.
- Isra, M., Yosephine, I. O., Fauzi, W. R., & Pahlawan, W. U. (2024). Pengaruh pemberian abu boiler sebagai amelioran tanah ultisol terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di pre- nursery. *Jurnal Pertanian Agros*, 26(1), 5526–5538.
- Leoni, E., Ermadani, S., & Nasution, H. (2024). Aplikasi pupuk buatan pupuk kandang ayam dan abu boiler dalam memperbaiki C-organik dan P- tersedia serta hasil cabai merah (*Capsicum annum* L.) pada ultisol. *Agroecotania*, 7(1), 59–69.
- Lumbanraja, P., Tampubolon, B., Pandiangan, S., Naibaho, B., Tindaon, F., & Sidbutar, R. C. (2023). Aplikasi abu boiler dan pupuk kandang sapi terhadap hasil kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.) pada tanah ultisol Simalingkar. *Agritan*, 20(1), 35–41.
- Mulyani, S. (2019). Pengaruh dosis kompos tandan kosong kelapa sawit yang diperkaya abu boiler terhadap sifat kimia tanah ultisol, pertumbuhan, produksi, kadar hara dan logam berat Pb pada tanaman sawi (*Brassica juncea* L.). *Dinamika Pertanian*, 35(1), 7–16.
- Nabila, R., Hidayat, W., Haryanto, A., Hasanudin, U., Iryani, D. A., Lee, S., Kim, S., Kim, S., Chun, D., Choi, H., Im, H., Lim, J., Kim, K., Jun, D., Moon, J., & Yoo, J. (2023). Oil palm biomass in Indonesia: Thermochemical upgrading and its utilization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 176(4), 113193. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113193>
- Nurjanah, R. F., Mahbub, M., & Ifansyah, H. (2025). Pengaruh pemberian kombinasi limbah decanter solid dan abu boiler kelapa sawit terhadap perubahan beberapa sifat kimia tanah ultisol. *Acta Solum*, 3(2), 75–85. <https://doi.org/10.20527/actasolum.v3i2.2883>
- Rahmawati, L., Ashab, Abdillah, M. H., Iswahyudi, H., Lukmana, M., & Indayaty, A. (2025). Pengaruh pemberian abu boiler kelapa sawit terhadap pH, kadar air dan berat jenis tanah sulfat masam yang ditanami tanaman penutup tanah (*Mucuna bracteata*). *Ziraa'ah Majalah Ilmiah Pertanian*, 50(2), 393–401.
- Ramadhan, C. W., Rahayu, E., & Rohmiyati, S. M. (2024). Respon pertumbuhan bibit kelapa sawit di tanah masam (Podzolik) terhadap aplikasi sumber basa (Abu Jerami, CaCO<sub>3</sub>, Abu Boiler). *Agroforetech*, 2(3), 1059–1065.
- Rozi, M. B., & Prastia, B. (2019). Pengaruh dosis kapur CaCO<sub>3</sub> terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) TM 15 pada ultisol di

Kabupaten Bungo. *Jurnal Sains Agro*, 4(1), 9.  
<https://doi.org/10.36355/jsa.v4i1.243>

Rumahorbo, E., Lusmaniar, & Jali, S. (2023). Pengaruh pemberian abu boiler tandan kelapa sawit terhadap komponen hasil dan hasil tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill). *Agronitas*, 5(2), 383–389.

Septiaji, E. D., Bimasri, J., & Amin, Z. (2024). Karakteristik sifat fisik tanah ultisol berdasarkan tingkat kemiringan lereng. *Agroradix*, 7(2), 41–49.  
<https://doi.org/10.52166/agroteknologi.v7i2.6462>

Wahyudin, C. I., Alfian, A., Goo, N., Tanasale, V. L., Makaruku, M. H., Mahulette, A. S., Mariati, W. D., Ariyanti, D., & Prahesti, K. I. (2020). Growth of palm oil seedlings at various doses of boiler ash and tofu wastewater Growth of palm oil seedlings at various doses of boiler ash and tofu wastewater. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 012096. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/575/1/012096>