



ANALISIS PENYERAPAN NUTRISI BIOCHAR BERBASIS PELEPAH KELAPA SAWIT

Firza Rio Akbar¹⁾

¹⁾Teknologi Pengolahan Hasil Perkebunan, Institut Teknologi Sawit Indonesia, Medan, Indonesia
Email: firzarioakbar740@gmail.com

Abstract

Oil palm frond-based biochar is an alternative approach for utilizing biomass waste that has potential as a soil amendment and can support nutrient availability for plants. This study aimed to analyze the effect of oil palm frond-based biochar application on soil chemical properties, nutrient availability, and the growth of chili plants. The study employed a Completely Randomized Design (CRD) with four biochar dosage treatments, namely 0%, 1%, 2%, and 3% of soil weight, with three replications. Oil palm fronds were first converted into biochar through pyrolysis and subsequently applied to the growing media of chili plants. Soil chemical properties analyzed included pH, organic carbon, total nitrogen, phosphorus, and potassium, while plant growth was observed for three weeks. The results showed that biochar application increased soil pH, organic carbon, total nitrogen, and phosphorus compared with the control treatment. Soil pH increased from 6.183 in the control treatment to 7.813 at the 3% biochar dosage, while organic carbon increased from 2.587% to 5.457%. The highest total nitrogen content was obtained at the 3% dosage, reaching 0.257%, while the highest phosphorus content was 1.210%. The highest potassium content was obtained at the 2% dosage, reaching 1.077%. Based on visual observations of plant growth, chili plants treated with 2% biochar showed the best growth performance. Therefore, oil palm frond-based biochar has potential as a soil amendment, with a 2% dosage considered the most optimal treatment for supporting nutrient balance and chili plant growth while increasing the utilization value of oil palm biomass waste and contributing to sustainable agricultural practices.

Keywords: biochar; oil palm fronds; soil chemical properties; chili plants; soil nutrients

Abstrak

Biochar berbasis pelepah kelapa sawit merupakan salah satu alternatif pemanfaatan limbah biomassa yang berpotensi digunakan sebagai bahan perbaikan tanah dan mendukung ketersediaan nutrisi bagi tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh aplikasi biochar berbasis pelepah kelapa sawit terhadap sifat kimia tanah serta ketersediaan nutrisi dan pertumbuhan tanaman cabai. Penelitian dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dosis biochar, yaitu 0%, 1%, 2%, dan 3% dari bobot tanah, dengan tiga ulangan. Pelepah kelapa sawit terlebih dahulu diolah menjadi biochar melalui proses pirolisis, kemudian diaplikasikan pada media tanam tanaman cabai. Analisis sifat kimia tanah meliputi pH, C-organik, N-total, fosfor (P), dan kalium (K), sedangkan pertumbuhan tanaman diamati selama tiga minggu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi biochar meningkatkan nilai pH, C-organik, N-total, dan fosfor tanah dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Nilai pH meningkat dari 6,183 pada kontrol menjadi 7,813 pada dosis biochar 3%, sedangkan C-organik meningkat dari 2,587% menjadi 5,457%. Kandungan N-total tertinggi diperoleh pada dosis 3%, yaitu 0,257%, sedangkan fosfor tertinggi sebesar 1,210%. Kandungan kalium tertinggi diperoleh pada dosis 2%, yaitu 1,077%. Berdasarkan pengamatan pertumbuhan secara visual, tanaman cabai dengan perlakuan biochar 2% menunjukkan pertumbuhan terbaik. Dengan demikian, biochar pelepah kelapa sawit berpotensi digunakan sebagai bahan perbaikan tanah, dengan dosis 2% sebagai perlakuan yang paling optimal dalam mendukung keseimbangan nutrisi dan pertumbuhan tanaman cabai serta meningkatkan nilai guna limbah biomassa kelapa sawit dalam mendukung pertanian berkelanjutan.

Kata Kunci: biochar; pelepah kelapa sawit; sifat kimia tanah; tanaman cabai; nutrisi tanah



PEDOMAN UMUM

Industri kelapa sawit di Indonesia menghasilkan limbah biomassa dalam jumlah besar, salah satunya adalah pelepah kelapa sawit yang belum dimanfaatkan secara optimal. Setiap kali kelapa sawit dipanen, sekitar 25% hasilnya berupa limbah biomassa yang masih mengandung zat hara dan berpotensi dimanfaatkan kembali untuk memperbaiki kondisi tanah yang kurang subur (Sudrajat, 2020). Pelepah kelapa sawit merupakan salah satu limbah padat yang melimpah sehingga apabila tidak dimanfaatkan dengan baik dapat menjadi tempat berkembangnya hama. Salah satu upaya pemanfaatan limbah tersebut adalah mengolah pelepah kelapa sawit menjadi biochar melalui proses pirolisis. Biochar berbasis pelepah kelapa sawit berpotensi menjadi bahan perbaikan tanah yang ramah lingkungan serta dapat dimanfaatkan untuk mendukung kegiatan pertanian (Hidayat et al., 2019). Pelepah kelapa sawit juga memiliki kandungan bahan organik dan unsur hara yang dapat memberikan nilai tambah apabila dikonversi menjadi biochar.

Biochar merupakan bahan yang dapat berperan dalam memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah sehingga dapat meningkatkan kemampuan tanah dalam menyimpan air dan nutrisi. Menurut Amalina dkk. (2024), aplikasi biochar dapat meningkatkan kesuburan tanah dan retensi air serta memperbaiki struktur tanah, sehingga mendukung ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Selain itu, penggunaan biochar dapat mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia dan mendukung peningkatan hasil tanaman. Pelepah kelapa sawit memiliki kandungan selulosa, hemiselulosa, lignin, serta unsur hara makro dan mikro yang dapat berkontribusi terhadap karakteristik biochar yang dihasilkan. Karakteristik biochar dapat berbeda tergantung pada jenis biomassa dan suhu pirolisis sehingga memengaruhi interaksinya dengan nutrisi serta ketersediaannya bagi tanaman (Agegnehu et al., 2017).

Meskipun potensi biochar dari berbagai biomassa telah banyak diteliti, penelitian mengenai pengaruh biochar berbasis pelepah kelapa sawit terhadap ketersediaan dan penyerapan nutrisi oleh tanaman masih memerlukan kajian lebih lanjut. Penyerapan nutrisi seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) merupakan salah satu faktor penting yang menentukan pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Oleh karena itu, diperlukan pemahaman mengenai hubungan antara pemberian biochar, perubahan kondisi tanah, ketersediaan unsur hara, dan pertumbuhan tanaman. Penelitian ini menggunakan tanaman cabai sebagai tanaman uji untuk mengetahui pengaruh pemberian biochar pelepah kelapa sawit terhadap karakteristik kimia tanah dan perkembangan tanaman selama periode penelitian.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh aplikasi biochar berbasis pelepah kelapa sawit terhadap perubahan sifat fisik dan kimia tanah, khususnya pH, kandungan C-organik, N-total, P, dan K, serta mengukur efektivitas biochar dalam meningkatkan ketersediaan dan penyerapan nutrisi esensial (N, P, dan K) oleh tanaman cabai. Penelitian dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dosis biochar, yaitu 0%, 1%, 2%, dan 3%

dari bobot tanah, dengan tiga ulangan. Biochar diproduksi melalui proses pirolisis pelepah kelapa sawit kemudian diaplikasikan pada media tanam cabai. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah dan praktis bagi pemanfaatan pelepah kelapa sawit sebagai bahan perbaikan tanah, sekaligus menjadi solusi ramah lingkungan dalam pengelolaan limbah biomassa perkebunan dan mendukung sistem pertanian berkelanjutan yang produktif dan efisien.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Institut Teknologi Sawit Indonesia (ITSI) Medan dan lingkungan tempat penelitian tanaman. Seluruh tahapan penelitian meliputi preparasi bahan baku pelepah kelapa sawit, produksi biochar melalui proses pirolisis, karakterisasi biochar, preparasi media tanam, penanaman tanaman cabai, pemberian perlakuan biochar, pemeliharaan tanaman, serta analisis karakteristik kimia tanah setelah aplikasi biochar.

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah pelepah kelapa sawit sebagai bahan baku pembuatan biochar dan tanah sebagai media tanam tanaman cabai. Tanaman cabai digunakan sebagai tanaman uji untuk mengetahui pengaruh aplikasi biochar terhadap ketersediaan dan penyerapan nutrisi serta perkembangan tanaman.

Peralatan yang digunakan meliputi peralatan untuk preparasi bahan baku, proses pirolisis, preparasi media tanam, penanaman dan pemeliharaan tanaman, serta peralatan laboratorium untuk analisis karakteristik kimia tanah. Parameter yang dianalisis meliputi pH tanah, C-organik, N-total, fosfor (P), dan kalium (K).

Format kertas yang digunakan adalah kertas A4 dengan posisi potret dan margin yang telah ditentukan (atas 2,25 cm, bawah 2,25 cm, kiri 2,25 cm, kanan 1,5 cm). Judul ditulis dalam bahasa Indonesia dengan font Bookman Old Style ukuran 16, sedangkan informasi penulis menggunakan font Times New Roman ukuran 10. Judul abstrak menggunakan Times New Roman Bold ukuran 10, dan abstrak serta subjudul makalah menggunakan Times New Roman ukuran 10. Spasi antara bagian-bagian dokumen telah diatur dengan jelas, termasuk penggunaan kolom dua pada isi dokumen dengan jarak antar kolom 5 mm. Jumlah halaman makalah ditargetkan antara 6 hingga 10 halaman, termasuk gambar, tabel, lampiran, dan daftar pustaka, dengan jarak antar paragraf satu baris tanpa indentasi.

RANCANGAN PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor perlakuan berupa dosis biochar berbasis pelepah kelapa sawit. Perlakuan terdiri atas empat taraf dosis, yaitu P0 (0%), P1 (1%), P2 (2%), dan P3 (3%) dari bobot tanah. Masing-masing perlakuan dilakukan sebanyak tiga kali ulangan sehingga diperoleh 12 satuan percobaan. Parameter yang diamati meliputi karakteristik kimia tanah berupa pH, C-organik, N-total, fosfor (P), dan kalium (K), serta perkembangan tanaman cabai selama periode penelitian. Biochar diproduksi melalui proses pirolisis pelepah kelapa sawit, kemudian



diaplikasikan pada media tanam sesuai dengan dosis perlakuan.

PROSEDUR PENELITIAN

1. Preparasi Bahan Baku Biochar

Preparasi bahan baku biochar dimulai dengan mengumpulkan pelepah kelapa sawit dari perkebunan lokal. Pelepah yang telah dikumpulkan kemudian dibersihkan dari kotoran dan dikeringkan di bawah sinar matahari atau menggunakan oven hingga mencapai kadar air tertentu ($<10\%$) untuk memastikan proses pirolisis berjalan optimal. Setelah kering, pelepah dicacah dengan ukuran yang beragam, yaitu sekitar 2–3 cm, untuk memudahkan proses pirolisis.

2. Produksi Biochar

Produksi biochar dilakukan dengan memasukkan pelepah kelapa sawit yang telah dicacah ke dalam reaktor pirolisis. Proses pirolisis dilakukan pada suhu $0\text{--}400^{\circ}\text{C}$ dalam kondisi minim oksigen selama waktu tertentu, yaitu sekitar 2–4 jam. Setelah proses pirolisis selesai, biochar didinginkan secara anaerobik untuk mencegah terjadinya oksidasi. Biochar kemudian diayak untuk menyeragamkan ukuran partikel, misalnya $<2\text{ mm}$, serta menghilangkan partikel yang tidak diinginkan.

3. Karakteristik Biochar

Karakteristik biochar dianalisis melalui analisis fisik dan kimia. Analisis fisik meliputi pengukuran luas permukaan spesifik, porositas, dan densitas partikel. Analisis kimia dilakukan dengan mengukur pH menggunakan pH meter serta kandungan unsur hara makro dan mikro yang terdapat pada biochar.

4. Preparasi Media Tanam dan Penanaman

Tanah diambil dari lapisan olah tanah dengan kedalaman 0–30 cm dari lokasi yang telah ditentukan. Sampel tanah kemudian dikeringkan, dihaluskan, dan diayak untuk menyeragamkan ukuran partikel. Selanjutnya, sampel tanah dianalisis untuk mengetahui karakteristiknya, meliputi pH, NFK, C-organik, serta ketersediaan unsur hara makro dan mikro.

Biochar kemudian dicampurkan dengan tanah sesuai dosis perlakuan yang telah ditentukan, yaitu 0%, 1%, 2%, dan 3% (w/w tanah), kemudian dimasukkan ke dalam pot percobaan. Perlakuan 0% digunakan sebagai kontrol. Tanaman yang digunakan berupa bibit cabai yang telah berumur tiga minggu. Bibit dipindahkan dan ditanam ke dalam pot dengan jumlah tanaman yang seragam pada setiap perlakuan. Setelah proses adaptasi, dilakukan penjarangan apabila diperlukan agar jumlah tanaman pada setiap pot tetap sama dan kondisi perlakuan seragam.

5. Pemeliharaan Tanaman

Pemeliharaan tanaman dilakukan setelah proses penanaman dengan memperhatikan kondisi tanaman dan media tanam selama penelitian. Pengamatan perkembangan tanaman cabai dilakukan selama tiga minggu untuk mengetahui respons tanaman terhadap pemberian biochar pada masing-masing dosis perlakuan.

Perkembangan tanaman diamati pada minggu pertama, minggu kedua, dan minggu ketiga. Hasil pengamatan digunakan untuk melihat perkembangan vegetatif tanaman pada setiap perlakuan biochar.

HASIL

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian biochar pelepah kelapa sawit terhadap karakteristik kimia tanah pada media tanam cabai. Biochar yang digunakan merupakan hasil pirolisis pelepah kelapa sawit yang kemudian diaplikasikan ke dalam media tanam dengan empat taraf perlakuan, yaitu P0 (0%), P1 (1%), P2 (2%), dan P3 (3%) dari bobot tanah. Setiap perlakuan dilakukan sebanyak tiga kali ulangan untuk memperoleh data yang lebih representatif.

A. Hasil Analisis Karakteristik Kimia Tanah Setelah Aplikasi Biochar Pelepah Kelapa Sawit

Tabel 1. Hasil Karakteristik Kimia Tanah Setelah Aplikasi Biochar Pelepah Kelapa Sawit

Dosis	Nilai rata rata				
	pH	C-Organik	N-total	P(%)	K(%)
0 %	6.183	2,587	0,230	1,107	0,590
1 %	6.930	3,577	0,207	1,207	1,060
2%	7,663	3.303	0,233	1,207	1,077
3%	7,813	5,457	0,257	1,210	0,560

Berdasarkan Tabel 1 diketahui bahwa dapat diketahui bahwa pemberian biochar pelepah kelapa sawit memberikan perubahan terhadap seluruh parameter kimia tanah yang diamati. Nilai pH, C-organik, dan N-total cenderung meningkat dengan bertambahnya dosis biochar. Kandungan fosfor mengalami peningkatan meskipun relatif kecil, sedangkan kalium menunjukkan pola yang berbeda, yaitu meningkat pada dosis 1% dan 2% kemudian menurun pada dosis 3%.

1. Pengaruh Biochar Pelepah Kelapa Sawit Terhadap pH Tanah

Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu indikator penting dalam menentukan tingkat kesuburan tanah karena berpengaruh terhadap ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Nilai rata-rata pH tanah pada setiap perlakuan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai rata-rata pH Tanah

Dosis Biochar	pH
0%	6,183
1%	6,930
2%	7,663
3%	7,813

Terlihat bahwa nilai pH tanah mengalami peningkatan pada setiap penambahan dosis biochar. Tanah kontrol memiliki nilai pH sebesar 6,183 yang menunjukkan kondisi agak masam. Setelah pemberian biochar 1%, nilai pH meningkat menjadi 6,930. Pada dosis 2%, pH kembali meningkat menjadi 7,663,



sedangkan nilai tertinggi diperoleh pada dosis 3%, yaitu sebesar 7,813.

Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa biochar pelepah kelapa sawit mampu memperbaiki reaksi tanah. Semakin tinggi dosis biochar yang diberikan, semakin besar pula kemampuan biochar dalam menetralkan keasaman tanah. Hal ini diduga berkaitan dengan kandungan abu hasil pirolisis yang kaya akan kation basa seperti kalsium (Ca), magnesium (Mg), kalium (K), dan natrium (Na). Unsur-unsur tersebut mampu menekan konsentrasi ion hidrogen (H^+) di dalam tanah sehingga nilai pH meningkat.

Selain kandungan mineralnya, biochar juga memiliki luas permukaan dan porositas yang tinggi sehingga mampu meningkatkan kapasitas penyangga (buffer capacity) tanah terhadap perubahan pH. Dengan meningkatnya pH tanah, berbagai unsur hara menjadi lebih mudah tersedia sehingga mendukung pertumbuhan tanaman cabai.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi biochar pelepah kelapa sawit efektif meningkatkan pH tanah. Nilai tertinggi diperoleh pada dosis 3%, sedangkan kontrol menunjukkan nilai pH terendah.

2. Pengaruh Biochar Pelepah Kelapa Sawit terhadap Kandungan C-Organik Tanah

Karbon organik merupakan salah satu indikator utama kualitas tanah karena berperan dalam meningkatkan struktur tanah, kapasitas menahan air, aktivitas mikroorganisme, dan penyediaan unsur hara. Nilai rata-rata kandungan C-organik tanah disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai rata-rata C-Organik Tanah

Dosis Biochar	C-Organik (%)
0%	2,587
1%	3,577
2%	3,303
3%	5,457

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Pemberian biochar meningkatkan kandungan C-organik tanah dibandingkan kontrol. Kandungan C-organik meningkat dari 2,587% pada kontrol menjadi 3,577% pada dosis 1%, sedikit menurun menjadi 3,303% pada dosis 2%, dan mencapai nilai tertinggi sebesar 5,457% pada dosis 3%. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa biochar pelepah kelapa sawit dapat menjadi sumber karbon yang relatif stabil di dalam tanah. Kandungan C-organik yang lebih tinggi berpotensi memperbaiki kualitas tanah, seperti agregasi, kemampuan menahan air, dan kondisi lingkungan bagi mikroorganisme. Dengan demikian, dosis 3% menghasilkan kandungan C-organik tertinggi dalam penelitian ini.

3. Pengaruh Biochar Pelepah Kelapa Sawit Terhadap Kandungan N-Total Tanah

Nitrogen (N) merupakan unsur hara makro esensial yang berperan penting dalam pembentukan klorofil, protein, enzim, serta pertumbuhan vegetatif tanaman. Kandungan N-total tanah setelah pemberian biochar pelepah kelapa sawit disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai rata-rata N-Total Tanah

Dosis Biochar	N-total (%)
0%	0,230
1%	0,207
2%	0,233
3%	0,257

Berdasarkan hasil pengukuran terlihat bahwa kandungan N-total tanah menunjukkan pola perubahan yang tidak sepenuhnya linear. Pada perlakuan kontrol, kandungan N-total sebesar 0,230%. Setelah pemberian biochar sebanyak 1%, kandungan N-total sedikit menurun menjadi 0,207%. Selanjutnya, pada dosis 2% kandungan N-total meningkat menjadi 0,233% dan mencapai nilai tertinggi pada dosis 3%, yaitu sebesar 0,257%.

Penurunan N-total pada dosis 1% diduga disebabkan oleh imobilisasi nitrogen oleh mikroorganisme yang memanfaatkan karbon dari biochar untuk aktivitas metabolisme. Pada dosis yang lebih tinggi, N-total kembali meningkat karena biochar membantu mempertahankan nitrogen di dalam tanah dan mengurangi kehilangan akibat pencucian maupun penguapan. Secara keseluruhan, pemberian biochar hingga dosis 3% menunjukkan kecenderungan meningkatkan N-total dibandingkan kontrol.

4. Pengaruh Biochar Pelepah Kelapa Sawit terhadap Kandungan Fosfor (P)

Fosfor merupakan unsur hara makro yang berperan dalam pembentukan sistem perakaran, proses pembelahan sel, transfer energi, dan pembentukan bunga maupun buah. Nilai rata-rata kandungan fosfor tanah disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai rata-rata kandungan fosfor (P)

Dosis Biochar	Fosfor (%)
0%	1,107
1%	1,207
2%	1,207
3%	1,210

Berdasarkan Tabel 5., kandungan fosfor meningkat setelah pemberian biochar, dari 1,107% pada kontrol menjadi 1,207% pada dosis 1% dan 2%, serta 1,210% pada dosis 3%. Peningkatan ini diduga berkaitan dengan kenaikan pH tanah yang meningkatkan ketersediaan fosfor serta adanya tambahan unsur hara dari biochar. Namun, peningkatannya relatif kecil dan cenderung stabil pada dosis tertentu. Secara keseluruhan, biochar menunjukkan kecenderungan meningkatkan kandungan fosfor tanah.



5. Pengaruh Biochar Pelepah Kelapa Sawit Terhadap Kandungan Kalium

Kalium merupakan unsur hara makro yang berfungsi dalam proses fotosintesis, pembentukan protein, aktivasi enzim, pengaturan keseimbangan air, serta meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman lingkungan. Nilai rata-rata kandungan kalium tanah disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai rata-rata kandungan kalium (K)

Dosis Biochar	Kalium (%)
0%	0,590
1%	1,060
2%	1,077
3%	0,560

Berdasarkan Tabel 4.6, kandungan kalium menunjukkan pola yang berbeda dibandingkan parameter lainnya. Kandungan kalium pada perlakuan kontrol sebesar 0,590%, kemudian meningkat menjadi 1,060% pada dosis biochar 1% dan mencapai nilai tertinggi sebesar 1,077% pada dosis 2%. Namun, pada dosis 3% kandungan kalium justru menurun menjadi 0,560%, bahkan sedikit lebih rendah dibandingkan kontrol. Penurunan tersebut diduga dipengaruhi oleh penyerapan unsur hara pada permukaan biochar, persaingan antar kation, maupun pemanfaatan kalium oleh tanaman selama pertumbuhan. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan dosis biochar tidak selalu meningkatkan ketersediaan kalium. Dengan demikian, dosis 2% merupakan perlakuan yang memberikan kandungan kalium tertinggi dalam penelitian ini.

B. PEMBAHASAN

1. Hasil Pengaplikasian Biochar terhadap Tanaman Cabai

Berdasarkan hasil pengamatan selama penelitian, pemberian biochar berbahan dasar pelepah kelapa sawit memberikan pengaruh positif terhadap kondisi media tanam dan pertumbuhan tanaman cabai. Perbedaan respons tanaman mulai terlihat secara bertahap selama tiga minggu pengamatan, baik dari warna daun, perkembangan batang, keseragaman pertumbuhan, maupun kondisi fisik media tanam.

Pada perlakuan kontrol (0%), tanaman tetap mampu tumbuh dan beradaptasi, tetapi pertumbuhannya cenderung lebih lambat. Daun terlihat relatif lebih hijau muda dan berukuran lebih kecil, sedangkan batang lebih ramping. Media tanam juga cenderung lebih padat sehingga kemampuan mempertahankan kelembapan relatif lebih rendah. Kondisi tersebut diduga berkaitan dengan rendahnya kandungan bahan organik dan unsur hara dibandingkan media yang diberi biochar.

Pada perlakuan biochar 1%, mulai terlihat perbaikan pertumbuhan tanaman. Daun menjadi lebih hijau, batang berkembang lebih baik, dan pertumbuhan tanaman relatif lebih seragam. Biochar diduga

meningkatkan kandungan karbon organik serta membantu memperbaiki struktur media sehingga menjadi lebih gembur. Kondisi tersebut memberikan ruang yang lebih baik bagi perkembangan akar dan mendukung penyerapan air serta unsur hara.

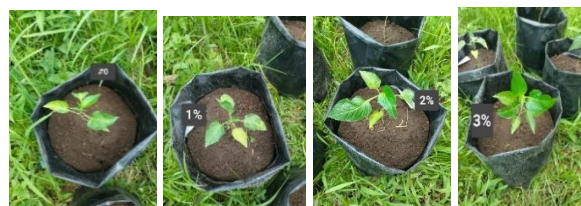
Perlakuan biochar 2% menunjukkan respons pertumbuhan paling baik. Tanaman terlihat lebih segar, daun berwarna hijau tua, batang lebih kokoh, dan pertumbuhan lebih seragam. Media tanam juga tampak lebih remah serta mampu mempertahankan kelembapan dengan lebih baik. Hasil analisis laboratorium mendukung pengamatan visual tersebut, karena perlakuan 2% menunjukkan peningkatan pH, C-organik, N-total, dan fosfor serta memiliki kandungan kalium tertinggi. Kondisi ketersediaan unsur hara yang lebih seimbang diduga menjadi salah satu faktor utama yang mendukung pertumbuhan tanaman.

Sementara itu, pada perlakuan biochar 3%, tanaman masih menunjukkan pertumbuhan yang baik dengan daun hijau dan batang yang cukup kuat. Perlakuan ini memiliki nilai pH, C-organik, dan N-total tertinggi. Namun, kandungan kalium mengalami penurunan dibandingkan perlakuan 2%. Hal tersebut menunjukkan bahwa peningkatan dosis biochar tidak selalu menghasilkan kondisi hara yang semakin optimal. Dengan demikian, dosis yang lebih tinggi belum tentu memberikan respons pertumbuhan terbaik apabila keseimbangan unsur hara tidak tercapai.

Perubahan kondisi media tanam juga menjadi salah satu hasil penting penelitian. Media yang diberi biochar terlihat lebih gembur, lebih gelap, dan memiliki kondisi porositas yang lebih baik dibandingkan kontrol. Struktur biochar yang berpori diduga membantu meningkatkan kemampuan media dalam mempertahankan air sekaligus memperbaiki aerasi. Kondisi tersebut menciptakan lingkungan yang lebih mendukung perkembangan akar sehingga penyerapan air dan unsur hara dapat berlangsung lebih baik.

Perkembangan Berdasarkan Minggu Pengamatan

Minggu Pertama, Seluruh tanaman pada perlakuan 0%, 1%, 2%, dan 3% mampu beradaptasi setelah penanaman. Perbedaan pertumbuhan antarperlakuan belum terlihat secara nyata karena tanaman masih berada pada tahap awal adaptasi. Tanaman secara umum memiliki daun berwarna hijau dan batang yang masih tegak. Media yang diberi biochar sudah terlihat lebih gembur dibandingkan kontrol.



Gambar 1. Pertumbuhan Cabai Minggu Pertama

Minggu Kedua, Perbedaan pertumbuhan mulai terlihat. Tanaman dengan pemberian biochar menunjukkan kondisi yang lebih baik dibandingkan



kontrol, ditandai dengan daun yang lebih hijau, munculnya daun baru, batang yang mulai membesar, serta pertumbuhan yang lebih seragam. Perlakuan 1% dan 2% menunjukkan perkembangan yang cukup baik, sedangkan tanaman kontrol cenderung berkembang lebih lambat.



Gambar 2. Pertumbuhan Cabai Minggu Kedua

Minggu Ketiga, Perbedaan antarperlakuan semakin jelas. Tanaman yang diberi biochar memiliki daun yang lebih lebar dan hijau, batang lebih kokoh, serta kondisi tanaman lebih segar. Perlakuan 2% memberikan pertumbuhan paling baik dan relatif paling seragam. Perlakuan 3% juga menunjukkan pertumbuhan yang baik, tetapi penurunan kalium dibandingkan dosis 2% menunjukkan bahwa dosis yang lebih tinggi belum menghasilkan keseimbangan unsur hara yang lebih optimal.



Gambar 3.. Pertumbuhan Cabai Minggu Ketiga

Secara keseluruhan, biochar pelepah kelapa sawit mampu memperbaiki kondisi media tanam dan mendukung pertumbuhan tanaman cabai. Pengaruh tersebut terlihat melalui perbaikan struktur media, peningkatan kemampuan mempertahankan kelembapan, serta kondisi tanaman yang lebih hijau, segar, kokoh, dan seragam. Dari seluruh perlakuan, dosis biochar 2% memberikan respons paling optimal, karena menghasilkan pertumbuhan tanaman terbaik dan kondisi ketersediaan unsur hara yang relatif lebih

seimbang, terutama dengan kandungan kalium tertinggi. Oleh karena itu, dosis 2% dapat dipertimbangkan sebagai perlakuan yang paling sesuai pada kondisi media tanam yang digunakan dalam penelitian ini.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian biochar berbasis pelepah kelapa sawit memberikan respons positif terhadap kondisi media tanam dan pertumbuhan tanaman cabai. Tanaman yang diberi biochar menunjukkan pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan kontrol, ditandai dengan daun yang lebih hijau dan lebar, batang lebih kokoh, serta pertumbuhan yang lebih seragam. Biochar juga menyebabkan media tanam menjadi lebih gembur dan mampu mempertahankan kelembapan dengan lebih baik, sehingga memberikan kondisi yang mendukung perkembangan akar dan penyerapan air serta unsur hara.

Pada minggu pertama, perbedaan pertumbuhan antarperlakuan belum terlihat jelas karena tanaman masih dalam tahap adaptasi. Perbedaan mulai terlihat pada minggu kedua dan semakin jelas pada minggu ketiga. Perlakuan biochar 2% menunjukkan pertumbuhan tanaman paling baik dan seragam. Kondisi tersebut didukung oleh hasil analisis tanah yang menunjukkan peningkatan pH, C-organik, N-total, dan fosfor serta kandungan kalium tertinggi sebesar 1,077%. Sementara itu, dosis 3% menghasilkan pH, C-organik, dan N-total tertinggi, tetapi kandungan kalium menurun menjadi 0,560%. Hal ini menunjukkan bahwa dosis biochar yang lebih tinggi tidak selalu menghasilkan keseimbangan unsur hara yang lebih baik.

Secara keseluruhan, aplikasi biochar pelepah kelapa sawit mampu memperbaiki kondisi media tanam dan mendukung pertumbuhan tanaman cabai. Dosis 2% memberikan respons paling optimal karena menghasilkan kondisi tanah yang lebih seimbang dan pertumbuhan tanaman yang paling baik secara visual dibandingkan perlakuan lainnya.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terimakasih kepada laboratorium Universitas Sumatera Utara yang telah memfasilitasi pelaksanaan penelitian dan pengujian sampel. Penulis mengucapkan puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian dan penyusunan manuskrip ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis menyampaikan terima kasih kepada dosen pembimbing, seluruh civitas akademika Institut Teknologi Sawit Indonesia (ITSI) Medan, keluarga, teman-teman, serta seluruh pihak yang telah memberikan bimbingan, bantuan, doa, dukungan, dan motivasi selama proses penelitian hingga penyusunan manuskrip ini. Penulis menyadari bahwa manuskrip ini masih memiliki kekurangan, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

Adolph, R. (2016). No Title No Title No Title. November, 1–23.



- Arpinaini, A., Sumpono, S., & Yahya, R. (2017). Studi Komponen Kimia Pelepah Sawit Varietas Tenera Dan Pengembangannya Sebagai Modul Pembelajaran Kimia. *Pendipa Journal Of Science Education*, 1(1), 1–11. <https://doi.org/10.33369/Pendipa.1.1.1-11>
- Batu, R. L. L., Wijayani, S., & Hastuti, P. B. (2023). Pengaruh Dosis Mikoriza Dan Komposisi Media Tanam Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit Di Pre Nursery. *Agroista : Jurnal Agroteknologi*, 7(1), 54–59. <https://doi.org/10.55180/Agri.V7i1.580>
- Bawamenewi, T. A., Gea, F. H., & Waruwu, S. (2025). Penggunaan Biochar Untuk Meningkatkan Kualitas Tanah Pada Sistem Pertanian Berkelanjutan. 2.
- Embrandiri, A., Sains, U., Quaik, S., & Sains, U. (2016). In: *Waste Management Sustainable Utilization Of Oil Palm Wastes: Opportunities And Challenges Complimentary Contributor Copy*. April.
- Fiorentino, N., Sánchez-Monedero, M. A., Lehmann, J., Enders, A., Fagnano, M., & Cayuela, M. L. (2019). Interactive Priming Of Soil N Transformations From Combining Biochar And Urea Inputs: A 15 N Isotope Tracer Study. *Soil Biology And Biochemistry*, 131(January), 166–175. <https://doi.org/10.1016/J.Soilbio.2019.01.005>
- Hidayat, B., Nurul Annisa Lubis, & T. Sabrina. (2021). Pengaruh Penggunaan Biochar Biomassa Kelapa Sawit Terhadap Aktivitas Mikroorganisme Pada Tanah Ultisol. *Jurnal Agro Estate*, 5(1), 14–24. <https://doi.org/10.47199/Jae.V5i1.77>
- Hidayat, B., & Pramuga, A. (2024). *Jurnal Agroteknologi Technique Of Biochar Production Teknik Produksi Biochar*. 12(03), 1–11.
- Juriga, M., & Šimanský, V. (2019). Effects Of Biochar And Its Reapplication On Soil Ph And Sorption Properties Of Silt Loam Haplic Luvisol. *Acta Horticulturae Et Regiotechnicae*, 22(2), 65–70. <https://doi.org/10.2478/Ahr2019-0012>
- Kimetu, J. M., & Lehmann, J. (2010). Stability And Stabilisation Of Biochar And Green Manure In Soil With Different Organic Carbon Contents. *Australian Journal Of Soil Research*, 48(6–7), 577–585. <https://doi.org/10.1071/Sr10036>
- Kusman, H. (2024). *Jurnal Biologi Tropis The Use Of Biochar For Improving Soil Quality And Environmental Services*.
- Lehmann, J., & Joseph, S. (2024). Biochar For Environmental Management. In *Biochar For Environmental Management*. <https://doi.org/10.4324/9781003297673-1>
- Mukhlis, Hidayat, B., & Sabrina, T. (2023). Biochar Arang Hitam Pembenah Tanah Pertanian. 1–147.
- Nurida, N. L. (2014). Potensi Pemanfaatan Biochar Untuk Rehabilitasi Lahan Kering Di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan Edisi Khusus*, 57–68.
- Nurida, N. L. (2021). Dosis Dan Efek Residu Biochar Kulit Buah Kakao Dalam Peningkatan Sifat Tanah Dan Produktivitas Jagung Di Lahan Kering Masam Lampung Timur. *Jurnal Tanah Dan Iklim*, 45(2), 145. <https://doi.org/10.21082/Jti.V45n2.2021.145-154>
- Pratiwi, D., Syakur, S., & Darusman, D. (2021). Karakteristik Biochar Pada Beberapa Metode Pembuatan Dan Bahan Baku. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 6(3), 210–216. <https://doi.org/10.17969/Jimfp.V6i3.16967>
- Prayogo, C., Lestari, N. D., & Wicaksono, K. S. (2012). Karakteristik Dan Kualitas Biochar Dari Pyrolysis Biomassa Tanaman Bio-Energi Willow (*Salix Sp.*). *Jurnal Buana Sains*, 12(2), 9–18.
- Ridhuan, K., Irawan, D., & Inthifawzi, R. (2019). Proses Pembakaran Pirolisis Dengan Jenis Biomassa Dan Karakteristik Asap Cair Yang Dihasilkan. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 8(1), 69–78. <https://doi.org/10.24127/Trb.V8i1.924>
- Ridhuan, K., Irawan, D., Zanaria, Y., & Firmansyah, F. (2019). Pengaruh Jenis Biomassa Pada Pembakaran Pirolisis Terhadap Karakteristik Dan Efisiensi Bioarang - Asap Cair Yang Dihasilkan. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 20(1), 18–27. <https://doi.org/10.23917/Mesin.V20i1.7976>
- Singh, B., Shen, Q., Arbestain, M. C., Dolk, M. M., & Camps-Arbestain, M. (2017). Chapter 3. Biochar Ph, Electrical Conductivity And Liming Potential Biochar Ageing Effects On N And P Dynamics: Mechanisms And Controlling Factors View Project Soils In The Global Agenda-Itps-Gsp?Fao View Project 3 Biochar Ph, Electrical Conductivity And Li. March, 23–38. <https://www.researchgate.net/publication/319206365>
- Sohi, S. P., Krull, E., Lopez-Capel, E., & Bol, R. (2010). A Review Of Biochar And Its Use And Function In Soil. In *Advances In Agronomy* (1st Ed., Vol. 105, Issue 1). Elsevier Inc. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(10\)05002-9](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(10)05002-9)
- Susila Herlambang, S. R. N. H. T. S. (2017). Petunjuk Teknis Pembuatan Biochar Dengan Sistem Selongsong Putar. *Gerbang Media Aksara*.
- Wedayani, N. M., Rai, I. N., Mahardika, I. G., & Wijana, I. M. S. (2024). Pengaruh Pemberian Biochar Limbah Pisang Terhadap Kesuburan Tanah. *Agro Bali : Agricultural Journal*, 7(1), 137–145. <https://doi.org/10.37637/Ab.V7i1.1533>
- Untuk buku: nama pengarang, tahun terbit (di tulis dalam kurung), judul buku (ditulis miring), jilid, edisi, penerbit, tempat penerbit.
Contoh:



Smith, J. (2021). *The Science of Learning*. Vol. 2, 3rd ed.
Education Press, New York

Untuk karangan dalam jurnal: nama penulis, tahun (ditulis dalam kurung), judul artikel (ditulis tegak dengan diawali dan diakhiri tanda "dobel-apostrop"), nama jurnal/majalah (ditulis miring), volume/Jilid, nomor terbit, bulan terbit, nomor permulaan dan akhir artikel, penerbit, tempat terbit.

Contoh:

Sianturi, D., & * K. (2022). Performance Evaluation of Highrise Building Structure Based on Pushover Analysis with ATC-40 Method. *Applied Research on Civil Engineering and Environment (ARCEE)*, 3(02), 54–63.