

Improving Fertilization Efficiency through Biochar Application and the Development of Superior Varieties of Red Chili Peppers

Indra Permana¹, Intan Nurcahya¹, Abdul Hakim¹, Romy Faisal Mustofa², Tirta Kumala Dewi³

¹Fakultas Pertanian, Universitas Siliwangi, Kota Tasikmalaya, Indonesia;

²Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Siliwangi, Kota Tasikmalaya, Indonesia;

³Pusat Riset Mikrobiologi Terapan Badan Riset dan Inovasi Nasional, Kabupaten Bogor, Indonesia;

Article History

Received : October 10th, 2024

Revised : October 30th, 2024

Accepted : November 05th, 2024

*Corresponding Author: **Indra Permana**, Fakultas Pertanian Universitas Siliwangi, Kota Tasikmalaya, Indonesia;
Email: indrapermana@unsil.ac.id

Abstract: Soil quality improvement can be achieved through the application of soil ameliorants such as Biochar. Developing superior varieties that are efficient in fertilization is also an effort to reduce the use of chemical fertilizers. This study aims to improve fertilization efficiency through the application of Biochar and the development of hybrid large red chili varieties at Siliwangi University. The research method used a Split-split plot design, consisting of large red chili varieties as the main plot, Biochar dosage treatment as the sub-plot, and different doses of inorganic fertilizers as the sub-sub plot. The main plot treatment consisted of four levels: Baja Variety (V1), UNSIL-01 (V2), UNSIL-02 (V3), and UNSIL-03 (V4). The sub-plot had two levels: without Biochar (B0) and 10 tons/ha of Biochar (B1). The inorganic fertilizer treatment consisted of three levels: 25% (P1), 50% (P2), and 75% (P3) of the standard dose. Each treatment was repeated three times, resulting in 72 research plots. The slow pyrolysis of coconut shell produced biochar with an average efficiency of 33.7% based on the dry weight of the feedstock. Optimal pyrolysis conditions, with temperatures ranging between 275°C and 485°C over 6 to 9 hours. Among the tested chili varieties, UNSIL-03 (V4) and Baja (V1) showed the highest growth performance, particularly in height and stem diameter, in biochar-amended soil. The application of 25% of the standard inorganic fertilizer dose, in combination with biochar, was sufficient to achieve optimal plant growth across most varieties, especially Baja (V1) and UNSIL-03 (V4).

Keywords: Coconet shell biochar, fertilizer efficiency, red chili pepper, slow pyrolysis, soil amendment.

Pendahuluan

Degradasi tanah telah menjadi tantangan yang signifikan dalam pertanian modern, terutama karena penggunaan pupuk anorganik yang berlebihan. Ketergantungan yang berkepanjangan pada pupuk sintesis dapat menyebabkan ketidakseimbangan nutrisi, berkurangnya bahan organik tanah, dan penurunan kesuburan tanah secara keseluruhan (Sharma, 2017). Degradasi ini pada akhirnya mempengaruhi produktivitas tanaman, yang menyebabkan petani meningkatkan penggunaan

pupuk, sehingga menciptakan siklus yang merusak yang selanjutnya merusak kesehatan tanah. Degradasi bahan organik tanah tidak hanya mengurangi ketersediaan nutrisi tetapi juga mengurangi kapasitas tanah untuk menahan air, yang menyebabkan peningkatan limpasan dan erosi (Isna *et al.*, 2023). Berdasarkan hal tersebut, penggunaan pupuk anorganik perlu adanya upaya perbaikan sifat tanah melalui aplikasi pembenah tanah seperti biochar.

Biochar adalah produk karbon yang terbuat dari biomassa melalui proses yang disebut pirolisis. Pirolisis merupakan

pemanasan limbah organik, seperti sisa tanaman, kayu, atau pupuk kandang, dalam lingkungan dengan oksigen terbatas (Manyà *et al.*, 2018). Suhu dan durasi proses pirolisis sangat penting dalam menentukan sifat biochar yang dihasilkan. Suhu biasanya berkisar antara 350°C dan 600°C, dengan suhu yang lebih tinggi menghasilkan biochar yang lebih berpori dan stabil (Rafiq *et al.*, 2016). Namun, efisiensi biochar bergantung pada aspek produksi, yaitu bahan baku yang digunakan, suhu dan waktu selama pirolisis, yang berdampak pada hasil dan kualitas.

Biochar berbahan baku tempurung kelapa menjadi salah satu potensi karena ketersediaannya yang berlimpah di Indonesia yang termasuk kedalam salah satu negara tropis. Penggunaan biochar tempurung kelapa pada tanah dengan kesuburan rendah meningkatkan kandungan organik tanah dan ketersediaan nutrisi (Widowati *et al.*, 2014). Biochar ini meningkatkan kapasitas tukar kation dan meningkatkan kapasitas menahan air, sehingga tanah lebih mendukung pertumbuhan tanaman (Allohverdi *et al.*, 2021). Biochar ini juga dapat mengurangi keasaman tanah dan pencucian nutrisi setelah digunakan. Hal ini cukup penting untuk tanaman yang membutuhkan banyak nutrisi seperti cabai merah atau *Capsicum annum* L.

Peningkatan produktivitas cabai besar salah satunya adalah dengan perakitan varietas cabai hibrida dengan tujuannya memiliki potensi daya hasil tinggi atau produktivitas tinggi. Selain itu tujuan pemuliaan tanaman adalah tahan atau toleran terhadap cekaman biotik dan abiotik, memperpendek umur panen, meningkatkan resistensi terhadap cekaman biotik dan abiotik, mempermudah proses pemanenan dan meningkatkan kualitas buah (Sijabat *et al.*, 2023). Oleh karena itu, perlu adanya perakitan tanaman cabai merah besar hibrida yang resisten terhadap cekaman unsur hara sehingga dapat meningkatkan efisiensi pemupukan dan menurunkan penggunaan pupuk kimia.

Penelitian ini dilaksanakan berdasarkan kondisi terkini dalam mendukung pertanian berkelanjutan dengan memadukan aplikasi biochar dengan penggunaan varietas cabai merah unggul. Meskipun manfaat biochar dan varietas unggul secara mandiri telah

terdokumentasi dengan baik, hanya sedikit penelitian yang mengeksplorasi efek kombinasinya dalam meningkatkan efisiensi pemupukan dan performa tanaman.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana biochar mempengaruhi pertumbuhan dan produktivitas berbagai varietas cabai merah dalam kondisi pemupukan yang dikurangi. Hasil penelitian ini berpotensi dalam mendukung pertanian berkelanjutan, menyediakan strategi baru untuk meningkatkan efisiensi pemupukan dengan mengurangi ketergantungan pada input anorganik, dan berkontribusi pada praktik pertanian yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Bahan dan Metode

Waktu dan tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan April – September 2024 di lahan percobaan Fakultas Pertanian Universitas Siliwangi, Tasikmalaya, Jawa Barat, Indonesia dengan ketinggian 315 meter di atas permukaan laut dengan suhu rata-rata tertinggi 320C dan terendah sebesar 21,70C. Kelembaban rata-rata di lokasi penelitian yakni 84% dengan curah hujan rata-rata sebesar 160,64 mm/ bulan. Kegiatan produksi biochar dan analisis tanah dilaksanakan di laboratorium tanah Fakultas Pertanian Universitas Siliwangi.

Alat dan bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tempurung kelapa sebagai bahan dasar biochar, serbuk gergaji dan limbah pemotongan kayu yang digunakan sebagai bahan bakar pembuatan biochar, bibit cabai merah besar yang terdiri dari varietas Baja, UNSIL-01, UNSIL 02 dan UNSIL-03 yang diperoleh dari hasil persilangan dan perbanyakan sebelumnya, mulsa plastik hitam perak, pupuk anorganik (NPK 15:10:12), dolomit, pupuk kompos, pestisida, ajir, plastik dan tali plastik. Beberapa peralatan yang digunakan dalam penelitian diantaranya alat pirolisis (Gambar 1), alat penghancur (grinding), pacul, sprayer, timbangan digital portable, meteran kain, jangka sorong, ember, peralatan gelas dan instrumen analisis laboratorium.



Gambar 1. Tungku produksi biochar (dokumentasi pribadi)

Rancangan penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Petak Petak Terbagi (Split split plot design) dengan tiga faktor utama: jenis varietas cabai merah sebagai petak utama, dosis biochar sebagai anak petak, dan dosis pupuk anorganik sebagai anak-anak petak. Perlakuan utama terdiri dari empat varietas cabai merah, yaitu Baja (V1), UNSIL-01 (V2), UNSIL-02 (V3), dan UNSIL-03 (V4). Perlakuan anak petak meliputi tanpa biochar (B0) dan dosis 10 ton/ha biochar (B1). Perlakuan anak-anak petak mencakup dosis pupuk anorganik yaitu 25% (P1), 50% (P2), dan 75% (P3) dari dosis standar. Setiap perlakuan diulang tiga kali sehingga terdapat 72 plot penelitian dengan jumlah tanaman sampel sebanyak 6 tanaman per plot. Parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi efisiensi produksi biochar, suhu dan waktu pembakaran, serta respon tanaman yang meliputi tinggi tanaman dan diameter batang, cabai merah besar pada 21 - 42 HST. Data yang diperoleh dianalisis secara statistik dengan menggunakan program SPSS untuk melihat pengaruh perlakuan. Pengujian perbedaan antara perlakuan menggunakan Analisis Varians pada taraf nyata 5%. Jika nilai F hitung lebih besar daripada nilai F tabel, maka analisis dilanjutkan untuk menguji perbedaan nilai rata-rata dengan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

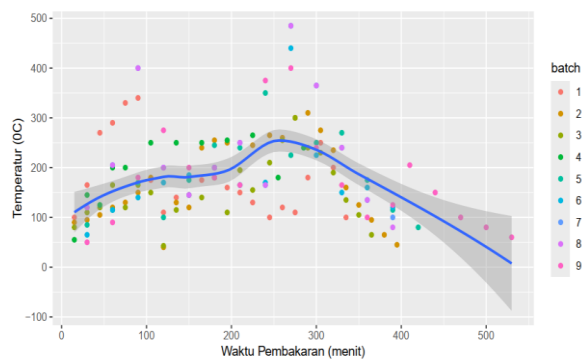
Hasil dan Pembahasan

Produksi Biochar

Data hasil produksi biochar ditunjukkan pada Tabel 5. Berdasarkan data yang diperoleh,

penggunaan kayu bakar per batch berkisar antara 12 kg hingga 25 kg, dengan rata-rata 20,4 kg. Sementara itu, tempurung kelapa yang digunakan relatif konstan, yaitu antara 15 kg hingga 18 kg dengan rata-rata 15,5 kg. Waktu pembakaran bervariasi dari 5,5 hingga 8,5 jam, dengan rata-rata 7,5 jam. Suhu maksimum yang dicapai dalam proses pembakaran bervariasi antara 275°C hingga 485°C, dengan rata-rata 384,6°C. Hasil biochar yang dihasilkan berkisar antara 3,5 kg hingga 6,5 kg per batch, dengan rata-rata 5,2 kg. Dari segi efisiensi, persentase biochar yang diperoleh dibandingkan dengan bobot kering bahan bakar berkisar antara 25% hingga 43,3%, dengan rata-rata 33,7%. Selain itu, efisiensi bahan bakar yang digunakan, dilihat dari persentase bahan bakar yang diperoleh, berkisar antara 94% hingga 167%, dengan rata-rata 132,1%.

Hubungan antara waktu pembakaran (dalam menit) dan variasi suhu pembakaran (derajat Celcius) pada beberapa batch produksi ditandai dengan warna titik berbeda (Gambar 4). Kurva biru menunjukkan tren rata-rata hubungan antara variabel-variabel tersebut dengan bayangan abu-abu yang menunjukkan interval kepercayaan atau penyebaran data. Berdasarkan grafik tersebut, terlihat bahwa suhu cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya waktu pembakaran hingga mencapai puncaknya di sekitar 200-300 menit, di mana suhu mendekati atau melebihi 300°C. Setelah mencapai puncak ini, suhu cenderung menurun secara bertahap seiring bertambahnya waktu pembakaran hingga lebih dari 500 menit. Hal ini mengindikasikan adanya suatu proses di mana suhu meningkat secara stabil pada awal pembakaran, namun setelah mencapai titik tertentu, suhu mulai menurun.



Gambar 2. Variasi temperature selama proses pembakaran

Tabel 1. Rata-rata produksi biochar pada setiap batch

Batch	Kayu Bakar (kg)	Tempurung Kelapa (kg)	Waktu Pembakaran (jam)	Temperatur Maksimum (°C)	Hasil Biochar (kg)	Persentase Biochar diperoleh (% bobot kering)	Persentase Bahan bakar (%)
1	25	15	6.5	400	4.5	30.0	167
2	25	15	8.5	340	3.75	25.0	167
3	18	15	7	310	4	26.7	120
4	16	15	7	300	4.3	28.7	107
5	20	15	8.5	450	5.1	34.0	133
6	16	17	7	350	4.75	27.9	94
7	20	15	8	440	5.1	34.0	133
8	18	17	7	485	5.8	34.1	106
9	25	16	6	275	7	43.8	156
10	25	15	8	350	6.5	43.3	167
11	18	17	8	380	5.25	30.9	106
12	21	15	9	400	6.5	43.3	140
13	21	15	7	425	4.5	30.0	140
14	17	15	8	480	6	40.0	113
Rata-rata	20.4	15.5	7.5	384.6	5.2	33.7	132.1

Respon pertumbuhan tinggi tanaman

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat interaksi antara perlakuan varietas dan dosis biochar terhadap pertumbuhan tinggi tanaman pada 21 HST (Tabel 2). Perlakuan varietas Baja F1 tanpa pemberian biochar menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap pertumbuhan tinggi tanaman pada 21 HST dibandingkan dengan varietas UNSIL-A, B dan C. Namun, pada perlakuan 10 ton ha⁻¹ biochar, tidak terdapat perbedaan respon tinggi tanaman yang signifikan meskipun varietas UNSIL-C cenderung lebih tinggi dibandingkan varietas lain.

Tabel 2. Interaksi antara perlakuan varietas dan dosis biochar terhadap tinggi tanaman pada 21 HST

Varietas, V	biochar, B	
	0 ton ha ⁻¹	10 ton ha ⁻¹
Baja F1	17.50 b	10.27 a
	B	A
UNSIL-A	12.26 a	10.89 a
	A	A
UNSIL-B	12.55 a	13.04 a
	A	A
UNSIL-C	14.28 ab	14.18 a
	A	A

Keterangan: Angka rata-rata yang diikuti huruf capital yang sama secara horizontal menunjukkan tidak berbeda nyata menurut Uji Duncan pada taraf 5 %.

Perlakuan biochar memberikan pengaruh nyata secara mandiri terhadap pertumbuhan tinggi tanaman pada 21 HST, namun tidak berbeda pada 28-42 HST (Tabel 3). Pada 21 HST, perlakuan tanpa pemberian biochar menunjukkan tinggi tanaman yang lebih baik dibandingkan dengan aplikasi biochar dengan dosis 10 ton ha⁻¹. Selain itu, perlakuan dosis pupuk anorganik juga memberikan pengaruh nyata secara mandiri dimana perlakuan 25% pupuk anorganik menunjukkan pertumbuhan tanaman tertinggi pada 21 hingga 42 HST.

Tabel 3. Pengaruh biochar secara mandiri terhadap tinggi tanaman

Biochar (B)	Tinggi Tanaman (cm)			
	21 HST	28 HST	35 HST	42 HST
B0	14.15 b	21.5 a	26.35 a	33.74 a
B1	12.10 a	19.9 a	23.65 a	30.98 a

Keterangan: Angka rata-rata yang diikuti huruf kapital yang sama secara horizontal menunjukkan tidak berbeda nyata menurut Uji Duncan pada taraf 5 %.

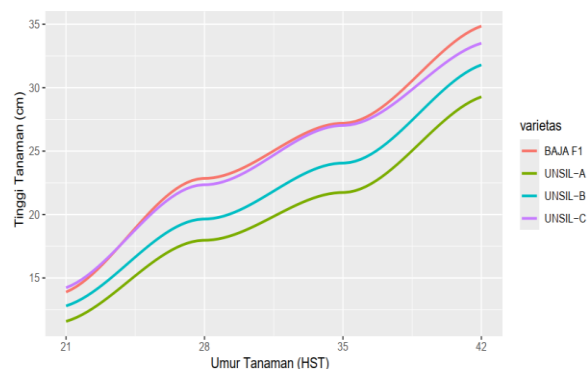
Tabel 4 menunjukkan pengaruh dosis pupuk anorganik terhadap tinggi tanaman pada berbagai hari setelah tanam. Dari data yang diperoleh, terlihat bahwa dosis pupuk anorganik berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan tinggi tanaman. Pada 21 HST, tinggi rata-rata tanaman yang diberi 25% dosis standar adalah

13,89 cm, diikuti oleh 50% dosis standar dengan tinggi 13,63 cm, sedangkan 75% dosis standar memiliki tinggi 11,84 cm. Seiring bertambahnya usia tanaman, terutama pada 28 HST hingga 42 HST, tinggi tanaman yang diberi 25% dosis standar tetap menunjukkan pertumbuhan yang superior, mencapai 35,29 cm pada 42 HST, dibandingkan dengan dosis 50% yang mencapai 31,42 cm dan dosis 75% yang hanya 30,36 cm.

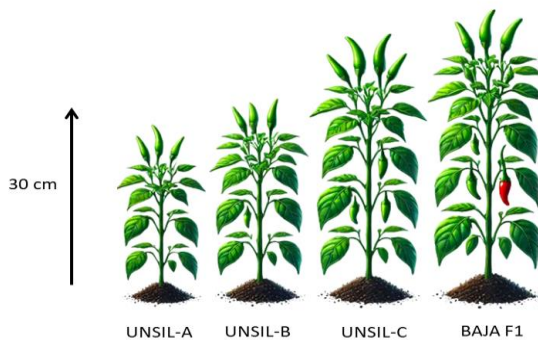
Tabel 4. Pengaruh pupuk secara mandiri terhadap tinggi tanaman

Pupuk, P	Tinggi Tanaman (cm)			
	21 HST	28 HST	35 HST	42 HST
25% dosis standar	13.89 b	22.49 b	27.41 b	35.29 b
50% dosis standar	13.63 b	20.02 a	24.16 a	31.42 a
75% dosis standar	11.84 a	19.60 a	23.44 a	30.36 a

Keterangan: Angka rata-rata yang diikuti huruf kapital yang sama secara horizontal menunjukkan tidak berbeda nyata menurut Uji Duncan pada taraf 5 %.



Gambar 3. Respon pertumbuhan tinggi tanaman pada setiap perlakuan varietas



Gambar 4. Ilustrasi perbedaan tinggi tanaman antar varietas di lapangan

Respon pertumbuhan tinggi tanaman pada setiap varietas yang diuji dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan grafik tersebut, terlihat adanya peningkatan tinggi tanaman pada semua varietas seiring bertambahnya umur tanaman. Varietas BAJA F1 dan UNSIL-C menunjukkan pertumbuhan yang lebih pesat dibandingkan varietas lain, terutama pada fase akhir pengamatan (antara hari ke-35 hingga hari ke-42). Varietas BAJA F1 memiliki tinggi tanaman paling besar di hari ke-42, diikuti oleh UNSIL-C yang sedikit lebih rendah. Sementara itu, varietas UNSIL-B juga menunjukkan pertumbuhan yang signifikan, tetapi lebih rendah dibandingkan BAJA F1 dan UNSIL-C. Varietas UNSIL-A memiliki pertumbuhan yang paling lambat di antara semua varietas yang diuji, dengan tinggi tanaman yang secara konsisten lebih rendah sepanjang waktu pengamatan. Ilustrasi perbedaan tinggi tanaman antar varietas dapat dilihat pada Gambar 3.

Respon pertumbuhan diameter batang

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi antara perlakuan varietas, biochar dan dosis pupuk terhadap pertumbuhan diameter batang tanaman pada 21, 38 dan 42 HST. Interaksi antar perlakuan ditunjukkan pada pengamatan 35 HST dimana perlakuan Baja F1 dan UNSIL-C tanpa pemberian biochar dengan dosis 25% standar menunjukkan diameter batang yang lebih tinggi dibandingkan dengan dosis 50% dan 75%. Sebaliknya, pemberian biochar 10 ton ha⁻¹ dan pupuk 25% dosis standar pada varietas UNSIL-A menunjukkan diameter batang yang lebih tinggi dibandingkan dengan dosis 50% dan 75%. Namun, perlakuan varietas dan aplikasi biochar tidak memberikan pengaruh nyata secara mandiri terhadap pertumbuhan diameter batang.

Gambar 5 menunjukkan pengaruh interaksi antara varietas, biochar, dan dosis pupuk terhadap pertumbuhan diameter batang tanaman pada berbagai hari setelah tanam. Secara umum, perlakuan dengan biochar (10 ton/ha) cenderung meningkatkan diameter batang tanaman dibandingkan dengan tanpa biochar, terutama pada fase akhir pengamatan (hari ke-35 dan ke-42 setelah tanam). Hal ini mengindikasikan bahwa biochar memiliki potensi untuk memperbaiki kualitas tanah,

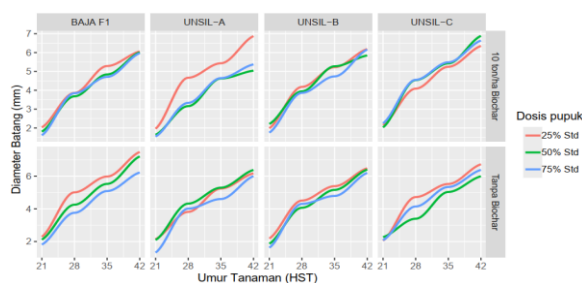
seperti meningkatkan kemampuan tanah dalam menyimpan air dan nutrisi, yang mendukung pertumbuhan batang tanaman secara optimal.

Tabel 5. Interaksi antar perlakuan varietas, biochar dan dosis pupuk terhadap pertumbuhan diameter batang pada 35 HST

Varietas, V	Biochar, B	Pupuk, P			
		25% dosis	50% dosis	75% dosis	
BAJA F1	0 ton ha ⁻¹	5.01 a B (a)	4.25 a AB (a)	3.76 a A (a)	
	10 ton ha ⁻¹	3.86 a A (a)	3.68 a A (a)	3.85 a A (a)	
	0 ton ha ⁻¹	3.81 a A (a)	4.32 a A (a)	4.01 a A (a)	
UNSIL-A	10 ton ha ⁻¹	4.67 a B (a)	3.16 a A (a)	3.33 a A (a)	
	UNSIL-B	0 ton ha ⁻¹	4.51 a A (a)	4.07 a A (a)	4.30 a A (a)
		10 ton ha ⁻¹	4.18 a A (a)	3.95 a A (a)	3.86 a A (a)
UNSIL-C		0 ton ha ⁻¹	4.72 a B (a)	3.39 a A (a)	4.14 a AB (a)
	10 ton ha ⁻¹	4.09 a A (a)	4.54 a A (a)	4.56 a A (a)	

Keterangan:

- Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama, tidak berbeda nyata menurut Uji Lanjut Duncan pada taraf nyata 0.05.
- Huruf kecil dibaca arah vertikal, membandingkan antara 2 biochar pada varietas x pupuk yang sama.
- Huruf kapital dibaca arah horizontal, membandingkan antara 2 pupuk pada varietas x biochar yang sama.
- Huruf dalam kurung dibaca arah vertikal, membandingkan antara 2 varietas pada biochar x pupuk yang sama.



Gambar 5. Respon pertumbuhan diameter batang terhadap perlakuan yang diuji

Hasil analisis ragam pada Tabel 6 menunjukkan bahwa perlakuan dosis pupuk memberikan pengaruh nyata secara mandiri pada 21 hingga 35 HST (Tabel 10). Pada 21 HST, perlakuan 25% dan 50% menunjukkan diameter tanaman yang lebih besar secara signifikan dibandingkan dengan 75% dosis pupuk. Selanjutnya pada pengamatan 28 dan 35 HST, perlakuan 25% dosis standar secara konsisten menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Namun, perlakuan dosis pupuk tidak memberikan pengaruh nyata secara statistik pada 42 HST.

Tabel 6. Pengaruh taraf dosis pupuk terhadap diameter batang

Pupuk, P	Diameter Batang (mm)			
	21 HST	28 HST	35 HST	42 HST
25% dosis standar	2.10 b	5.41 b	4.36 b	6.54 a
50% dosis standar	2.00 b	5.15 a	3.92 a	6.22 a
75% dosis standar	1.75 a	4.92 a	3.98 a	6.12 a

Keterangan:

- Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama, tidak berbeda nyata menurut Uji Lanjut Duncan pada taraf nyata 0.05.

Pembahasan

Produksi biochar

Bahan baku menjadi salah satu factor yang mempengaruhi hasil produksi dan kualitas mutu biochar (Ippolito *et al.*, 2020). Hasil penelitian menunjukkan bahwa biochar yang diperoleh melalui pembakaran dengan menggunakan metode *slow pyrolysis* cukup besar berkisar 25-43% dengan rata-rata 33% bobot kering. Herviyanti *et al.*, (2022) melaporkan bahwa biochar yang diproduksi dari bamboo dengan menggunakan tiga metode pembakaran yaitu Teknik Kon-Tiki, drum, dan lubang tanah hanya memperoleh persentase hasil masing-masing sebesar 22.63%, 16.94%, dan 13.63% (Herviyanti *et al.*, 2022). Penelitian Sun *et al.*, (2017) menunjukkan bahwa bahan baku yang mengandung banyak lignin dan mineral cenderung menghasilkan biochar yang lebih tinggi.

Suhu maksimum yang diperoleh dari proses pembakaran biochar pada beberapa batch antara 275-485°C. Kondisi pirolisis, khususnya suhu, secara signifikan mempengaruhi hasil dan sifat

biochar. Seiring meningkatnya suhu pirolisis, hasil biochar umumnya menurun sementara kandungan karbon, luas permukaan, dan stabilitasnya meningkat (Kalus *et al.*, 2019). Berdasarkan hasil pengamatan suhu yang dilakukan, metode pembakaran termasuk kedalam teknik *slow pyrolysis* dimana suhu pembakaran maksimum masih dibawah 700°C. Proses pembakaran menggunakan metode *slow pyrolysis* dalam proses perengkahan termal pada biomassa yang mengandung lignoselulosa dan lignin tinggi lebih efektif menghasilkan biochar sebagai produk utama (Tan *et al.*, 2021).

Waktu pirolisis selama produksi biochar merupakan parameter penting yang memengaruhi baik hasil maupun sifat biochar yang dihasilkan. Penelitian menunjukkan bahwa durasi pirolisis antara 6-9 jam dengan rata-rata 7,5 jam per *batch* produksi dengan kapasitas produksi sebesar 15 kg. Namun, tidak terdapat korelasi yang kuat antara waktu pirolisis dengan hasil biochar pada penelitian ini. Hal tersebut bertolak belakang dengan penelitian Zhang, Chen, Wang, Yao, & Li, (2018) yang melaaporkan bahwa waktu pembakaran yang lebih lama umumnya mengakibatkan peningkatan degradasi bahan organik, yang dapat menyebabkan penurunan hasil biochar karena hilangnya senyawa volatil.

Respon pertumbuhan tinggi tanaman

Interaksi antara varietas dan dosis biochar dapat dijelaskan melalui beberapa mekanisme. Biochar dapat meningkatkan sifat fisik dan kimia tanah, seperti kapasitas tukar kation (KTK), pH, dan retensi air, yang semuanya dapat berkontribusi pada pertumbuhan tanaman (Lehman & Joseph, 2012). Varietas yang lebih responsif terhadap biochar mungkin memiliki kemampuan yang lebih baik untuk memanfaatkan nutrisi dan air yang tersedia di dalam tanah yang telah diperkaya dengan biochar. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa biochar dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan meningkatkan ketersediaan nutrisi dan memperbaiki struktur tanah (Allohverdi *et al.*, 2021). Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan varietas tanaman yang digunakan dalam aplikasi biochar, karena respons terhadap perlakuan ini dapat bervariasi tergantung pada karakteristik genetik varietas.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dosis pupuk anorganik memiliki pengaruh yang

signifikan terhadap pertumbuhan tinggi tanaman. Pupuk anorganik menyediakan nutrisi yang lebih cepat tersedia bagi tanaman, yang dapat menjelaskan pertumbuhan yang lebih baik pada dosis 25% dibandingkan dengan dosis yang lebih tinggi. Sebuah studi menunjukkan bahwa dosis pupuk nitrogen yang terlalu tinggi dapat memiliki efek penghambatan pada pertumbuhan tanaman, yang mungkin disebabkan oleh akumulasi garam atau ketidakseimbangan nutrisi (Purbajanti *et al.*, 2019). Dalam konteks ini, dosis 25% dari pupuk anorganik memberikan keseimbangan yang lebih baik antara ketersediaan nutrisi dan potensi kerusakan akibat overdosis, yang dapat menjelaskan hasil pertumbuhan yang lebih baik pada dosis tersebut dibandingkan dengan dosis yang lebih tinggi (Hapsah *et al.*, 2023).

Peningkatan tinggi tanaman yang diamati dalam penelitian ini sejalan dengan temuan sebelumnya yang menunjukkan bahwa varietas tanaman memiliki respons yang berbeda terhadap faktor lingkungan dan perlakuan agronomi. Menurut penelitian oleh Khamis *et al.*, (2020), varietas yang berbeda dapat menunjukkan variasi dalam pertumbuhan dan hasil, yang sering kali dipengaruhi oleh genetik dan kemampuan varietas untuk beradaptasi terhadap kondisi lingkungan tertentu (Schoebitz & Vidal, 2016). Dalam hal ini, varietas BAJA F1 dan UNSIL-C tampaknya memiliki keunggulan genetik yang memungkinkan mereka untuk tumbuh lebih cepat dan lebih tinggi dibandingkan dengan varietas lainnya.

Fase akhir pengamatan, di mana pertumbuhan yang lebih pesat terjadi, dapat dikaitkan dengan akumulasi nutrisi yang lebih baik dan efisiensi penggunaan air yang lebih tinggi pada varietas BAJA F1 dan UNSIL-C. Penelitian oleh Hossain *et al.*, (2019) menunjukkan bahwa varietas dengan kemampuan adaptasi yang baik terhadap stres lingkungan, seperti kekeringan atau kelebihan air, cenderung menunjukkan pertumbuhan yang lebih baik. Hal ini mungkin menjelaskan mengapa varietas BAJA F1 dan UNSIL-C dapat mempertahankan laju pertumbuhan yang lebih tinggi pada fase akhir pengamatan.

Respon pertumbuhan diameter batang

Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa interaksi antara berbagai perlakuan dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman, meskipun tidak selalu

terjadi pada setiap fase pertumbuhan. Menurut penelitian oleh Khaing *et al.*, (2020), interaksi antara varietas dan perlakuan pemupukan dapat menghasilkan perbedaan yang signifikan dalam pertumbuhan diameter batang tanaman, tergantung pada kondisi spesifik dan perlakuan yang diterapkan (Schoebitz & Vidal, 2016). Dalam hal ini, varietas BAJA F1 dan UNSIL-C menunjukkan respons yang lebih baik terhadap dosis pupuk 25% tanpa biochar, yang mungkin disebabkan oleh kemampuan varietas tersebut dalam memanfaatkan nutrisi secara efisien pada dosis yang lebih rendah.

Varietas UNSIL-A menunjukkan peningkatan diameter batang yang signifikan ketika diberikan biochar dengan dosis 10 ton ha¹ dan pupuk 25% dosis standar. Hal ini menunjukkan bahwa biochar dapat berfungsi sebagai amandemen tanah yang meningkatkan ketersediaan nutrisi dan retensi air, yang pada gilirannya mendukung pertumbuhan tanaman. Penelitian oleh Lehman & JOseph, 2012 menunjukkan bahwa biochar dapat meningkatkan sifat fisik dan kimia tanah, sehingga berkontribusi pada pertumbuhan tanaman yang lebih baik, terutama pada varietas yang mungkin kurang responsif terhadap perlakuan pemupukan konvensional.

Kesimpulan

Produksi biochar dari tempurung kelapa melalui pirolisis lambat menghasilkan biochar berkualitas dengan rata-rata efisiensi 33,7% dari bobot bahan baku kering. Suhu dan durasi pirolisis terbukti penting dalam menentukan hasil dan stabilitas biochar. Dalam aplikasi pada lahan, biochar, terutama saat dikombinasikan dengan varietas cabai unggul, meningkatkan efisiensi pemupukan dan kualitas tanah dengan meningkatkan kapasitas tanah menyimpan air dan ketersediaan nutrisi. Temuan ini menawarkan solusi berkelanjutan untuk pertanian yang lebih ramah lingkungan, karena dosis pupuk anorganik yang lebih rendah tetap memberikan hasil optimal. Penelitian ini berkontribusi baru dengan pendekatan terpadu biochar dan varietas tanaman unggul untuk meningkatkan pertumbuhan sekaligus mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih diucapkan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Siliwangi yang telah mendanai penelitian ini melalui Hibah Penelitian Dosen Pemula tahun 2024 atas nama Indra Permana dengan Nomor Kontrak 161/UN58.06/PM.00.00/2024.

Referensi

- Allohverdi, T., Mohanty, A. K., Roy, P., & Misra, M. (2021). A review on current status of biochar uses in agriculture. *Molecules*, 26(18). <https://doi.org/10.3390/molecules26185584>
- Hapsoh, Dini, I. R., Wawan, Rifa'I, M., & Khoiruddin, F. (2023). Combination of inorganic and bio-organic fertilizer on growth and production of Paddy Rice (*Oryza sativa* L.). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1241(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1241/1/012036>
- Herviyanti, Maulana, A., Lita, A. L., Prasetyo, T. B., & Ryswaldi, R. (2022). Characteristics of biochar methods from bamboo as ameliorant. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 959(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/959/1/012036>
- Hossain, M. I., et al. (2019). "Impact of Drought Stress on Growth and Yield of Different Rice Varieties." **International Journal of Plant & Soil Science**, 30(4), 1-10. doi:10.9734/ijpss/2019/v30i430238.
- Ippolito, J. A., Cui, L., Kammann, C., Wrage-Mönnig, N., Estavillo, J. M., Fuertes-Mendizabal, T., ... Borchard, N. (2020). Feedstock choice, pyrolysis temperature and type influence biochar characteristics: a comprehensive meta-data analysis review. *Biochar*, 2(4), 421–438. <https://doi.org/10.1007/s42773-020-00067-x>
- Isna Rahma Dini, Sri Yoseva, Armaini, Elza Zuhry, Nurbaiti, & Robbie Rinanda. (2023). Growth and production of purple eggplant (*Solanum melongena* L.) with application of chicken manure and liquid

- organic fertilizer of goat urine. *International Journal of Science and Research Archive*, 10(1), 503–510. <https://doi.org/10.30574/ijrsra.2023.10.1.0461>
- Kalus, K., Koziel, J. A., & Opaliński, S. (2019). A review of biochar properties and their utilization in crop agriculture and livestock production. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(17). <https://doi.org/10.3390/app9173494>
- Khaing, T. T., et al. (2020). "Effects of Different Fertilizer Treatments on Growth and Yield of Rice Varieties." *Journal of Agricultural Science**, 12(4), 67-75. doi:10.5539/jas.v12n4p67.
- Khamis, M., et al. (2020). "Genetic Variability and Correlation Studies in Different Varieties of Rice." *Journal of Agricultural Science**, 12(3), 45-56. doi:10.5539/jas.v12n3p45.
- Lehman, J., & JOseph, S. (2012). Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation. In *Biochar for Environmental Management*. Routledge.
- Manyà, J. J., Azuara, M., & Manso, J. A. (2018). Biochar production through slow pyrolysis of different biomass materials: Seeking the best operating conditions. *Biomass and Bioenergy*, 117(May), 115–123. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2018.07.019>
- Purbajanti, E. D., Setyawati, S., & Kristanto, B. A. (2019). Growth, herbage yield and chemical composition of *Talinum paniculatum* (Jacq.). *Indian Journal of Agricultural Research*, 53(6), 741–744. <https://doi.org/10.18805/IJARE.A-411>
- Rafiq, M. K., Bachmann, R. T., Rafiq, M. T., Shang, Z., Joseph, S., & Long, R. L. (2016). Influence of pyrolysis temperature on physico-chemical properties of corn stover (*zea mays* l.) biochar and feasibility for carbon capture and energy balance. *PLoS ONE*, 11(6), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156894>
- Sharma, A. (2017). A Review on the Effect of Organic and Chemical Fertilizers on Plants. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, V(II), 677–680. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2017.2103>
- Sijabat, W. S., Syukur, M., Ritonga, A. W., Istiqlal, M. R. A., Hakim, A., Pangestu, A. Y., ... Sahid, Z. D. (2023). Performa Komponen Hasil dan Karakter Agronomi berbagai Genotipe Galur Cabai Rawit. *Agrotechnology Research Journal*, 7(2), 110–118. <https://doi.org/10.20961/agrotechresj.v7i2.79804>
- Sun, X., Shan, R., Li, X., Pan, J., Liu, X., Deng, R., & Song, J. (2017). Characterization of 60 types of Chinese biomass waste and resultant biochars in terms of their candidacy for soil application. *GCB Bioenergy*, 9(9), 1423–1435. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12435>
- Tan, H., Lee, C. T., Ong, P. Y., Wong, K. Y., Bong, C. P. C., Li, C., & Gao, Y. (2021). A Review On The Comparison Between Slow Pyrolysis And Fast Pyrolysis On The Quality Of Lignocellulosic And Lignin-Based Biochar. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1051(1), 012075. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1051/1/012075>
- Widowati, W., Asnah, a, & Utomo, W. H. (2014). The use of biochar to reduce nitrogen and potassium leaching from soil cultivated with maize. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 2(1), 211–218. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2014.021.211>
- Zhang, X., et al. (2016). "Biochar Improves Soil Quality and Crop Yield: A Review." *Agronomy for Sustainable Development**, 36(2), 1-15. doi:10.1007/s13593-016-0365-4.
- Zhang, Z., Chen, L., Wang, J., Yao, J., & Li, J. (2018). Biochar preparation from: *Solidago canadensis* and its alleviation of the inhibition of tomato seed germination by allelochemicals. *RSC Advances*, 8(40), 22370–22375. <https://doi.org/10.1039/c8ra03284j>