



Pengaruh Dosis Penambahan Biochar Sekam Padi pada Tanah Pasir Terhadap Infiltrasi dan Kemampuan Tanah Menahan Air

The Effect of Rice Husk Biochar Dosage on Infiltration and Water Holding Capacity of Sandy Soil

Bagus Hartawan¹ Siti Suharyatun^{1*}, Elhamida Rezkia Amien¹, Ahmad Tusi¹

¹Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

*Corresponding Author: siti.suharyatun@fp.unila.ac.id

Abstract. Sandy soil is characterized by a high infiltration rate and low water retention capacity, making it less effective in supplying water for plant growth. This study aimed to analyze the effect of rice husk biochar application on infiltration and water retention capacity in sandy soil. The experiment was conducted from July to August 2024 at the Greenhouse of the Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, University of Lampung. Four treatments were applied: A1 (0% biochar), A2 (10%), A3 (15%), and A4 (20%), each replicated three times. Observed parameters included soil moisture content, infiltration rate, water holding capacity, and the duration of water content change. Results indicated that rice husk biochar addition reduced the infiltration rate of sandy soil, with the lowest value observed in A4 (20%) at 6.42 mm/hour compared to the control A1 (0%) at 7.89 mm/hour. The time required for soil moisture to decrease from 14% to 8% was shortest in A1 (96 hours) and longest in A4 (456 hours). It can be concluded that rice husk biochar enhances the water retention ability of sandy soil and slows down moisture loss, with the 20% dose being the most effective treatment in improving water holding capacity.

Keywords: Rice Husk Biochar, Sandy Soil, Infiltration, Water Holding Capacity.

1. Pendahuluan

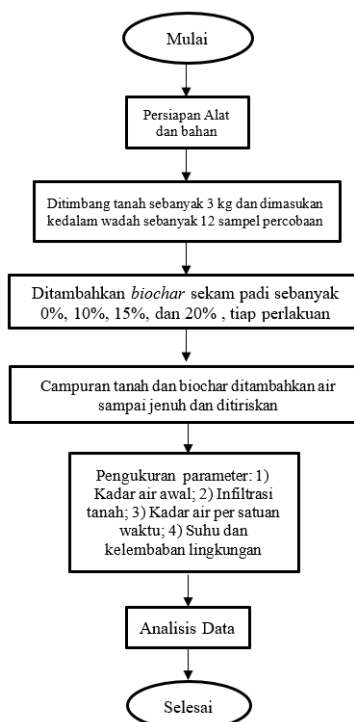
Tanah merupakan media tumbuh yang sangat penting bagi tanaman karena memiliki fungsi fisik, kimia, dan biologis yang mendukung pertumbuhan tanaman (Hanafiah, 2008). Tanah pasir memiliki keterbatasan sebagai media tanam karena bertekstur kasar, berpori besar, dan memiliki kandungan bahan organik serta kapasitas tukar kation yang rendah, sehingga kemampuan menyimpan air dan hara menjadi sangat terbatas (Sunardi dan Sarjono, 2007). Kondisi tersebut menyebabkan air mudah hilang melalui infiltrasi dan perkolasi, sehingga tanaman mudah mengalami kekeringan.

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, diperlukan bahan amelioran yang mampu memperbaiki sifat fisik tanah, salah satunya adalah biochar sekam padi. Biochar merupakan produk kaya karbon hasil pirolisis biomassa dengan oksigen terbatas yang memiliki struktur berpori dan sangat stabil (Rajapaksha *et al.*, 2016). Karakter biochar yang berpori dan memiliki luas permukaan tinggi menjadikannya mampu meningkatkan retensi air, porositas mikro, serta mengurangi laju kehilangan air dari tanah. Sekam padi merupakan limbah pertanian yang melimpah di Indonesia, dengan jumlah mencapai 16,39 juta ton per tahun sehingga sangat potensial dimanfaatkan sebagai bahan baku biochar (BPS, 2013).

Penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa biochar pelepah sawit dapat menurunkan laju infiltrasi tanah dan meningkatkan kapasitas tanah dalam menahan air (Akbar dkk., 2024). Selain itu, biochar juga terbukti mampu memperbaiki sifat kimia tanah seperti meningkatkan bahan organik dan kapasitas tukar kation (Nisak dan Supriyadi, 2019). Namun, pengaruh dosis biochar terhadap infiltrasi dan kemampuan tanah pasir menahan air masih perlu dikaji lebih lanjut. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan biochar sekam padi dengan berbagai dosis terhadap infiltrasi dan water holding capacity tanah pasir, sehingga dapat diperoleh dosis yang paling efektif dalam meningkatkan retensi air pada tanah berpasir.

2. Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli sampai dengan Agustus 2024 di Greenhouse, Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Lampung dan Laboratorium Daya Alat dan Mesin Pertanian (DAMP), Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah dakron, timbangan, ayakan 2 mm, toples plastik dengan diameter 16 cm, gelas ukur, sekop, HTC 2 hygrometer, penggaris, tatakan pot, kamera, laptop, buku catatan, kertas label dan alat pendukung lainnya. Bahan yang digunakan adalah tanah pasir, *biochar* sekam padi, dacron dan air. Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap yang dijelaskan menggunakan diagram alir yang ditampilkan pada Gambar 1.

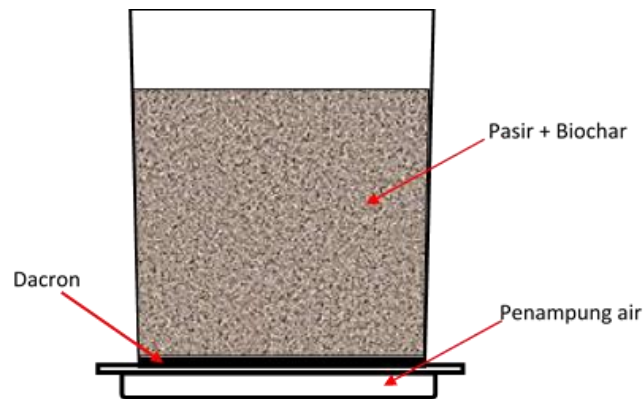


Gambar 1. Diagram alir penelitian

2.2 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu:

1. Persiapan alat dan bahan: dakron, timbangan digital dengan kapasitas 10 kg, ayakan dengan ukuran ≤ 2 mm, toples plastik dengan diameter 19 cm dan tinggi 19 cm, gelas ukur, sekop, HTC 2 hygrometer, penggaris, tatakan pot, kamera, laptop, buku catatan, kertas label, tanah dengan ukuran 2 mm, *biochar* sekam padi dan air.
2. Pasir ditambah *biochar* sekam padi dosis 0%, 10%, 15%, dan 20% ditimbang sebanyak 3 kg dan dimasukkan ke dalam wadah. Masing-masing dosis perlakuan diulang sebanyak 3 kali.



Gambar 2. Penempatan tanah dan *biochar* di dalam wadah

3. Tanah yang telah diberikan *biochar* sekam padi ditambahkan air dan dibiarkan selama 12 jam, kemudian ditimbang; setelah 24 jam tanah ditimbang kembali, selanjutnya berat tanah ditimbang secara periodik, sampai beratnya mendekati konstan.
4. Pengukuran infiltrasi tanah dilakukan dengan menggunakan *infiltration apparatus*
5. Mengukur kadar air tanah

2.3 Parameter Pengamatan

Parameter pengamatan pada penelitian ini adalah sebagai berikut sebagai berikut.

1. Kadar air awal, digunakan untuk menentukan berat kering tanah. Pengukuran dilakukan secara gravimetri dengan mengeringkan sampel tanah di dalam oven dengan suhu 105° selama 24 jam. Kadar air tanah dihitung dengan Persamaan 1.

$$KA = \frac{(x-z)-(y-z)}{(x-z)} \times 100\% \quad (1)$$

dimana KA adalah kadar air bobot basah (%), x adalah bobot sebelum di oven + cawan (g), y adalah bobot setelah di oven + cawan (g), z adalah bobot cawan (g).

Kadar air periodik (KA_t) diukur dari kondisi tanah mendekati kondisi kapasitas lapang sampai kondisi mendekati titik laju permanen dihitung dengan Persamaan 2.

$$KA_t = \frac{B_t - B_K}{B_t} \times 100\% \quad (2)$$

dimana B_t adalah berat pada saat t (g), B_K adalah berat kering, ditentukan berdasarkan kadar air tanah awal (g).

2. Infiltrasi Air

Infiltrasi adalah suatu proses masuknya air hujan ke dalam tanah sebagai akibat dari adanya gaya gravitasi supaya air dapat masuk ke tanah yang lebih dalam. Infiltrasi ini juga dapat disebut juga sebagai cara air bergerak ke dalam tanah melalui celah-celah dan pori-pori tanah serta batuan menuju muka air tanah. Persamaan yang digunakan:

$$f = \left(\frac{\Delta hc}{\Delta t} \right) \times 60 \quad (3)$$

dimana F adalah laju infiltrasi (cm/jam), Δhc adalah perubahan tinggi muka air tiap selang waktu (cm), Δt adalah perubahan selang waktu pengukuran (menit).

3. Kapasitas Menahan Air (*Water Holding Capacity*)

Kapasitas menahan air (*Water Holding Capacity*) merupakan kemampuan tanah untuk menahan air, merupakan air yang tersedia bagi tanaman. Kapasitas menahan air merupakan kadar air diantara kondisi kapasitas lapang sampai titik laju permanen. Dalam penelitian ini, kapasitas menahan air didekati dengan penurunan kadar air tanah selama periode tertentu (ΔKA), di hitung dengan persamaan:

$$\Delta KA = KA_a - KA_t \quad (4)$$

dimana ΔKA adalah penurunan kadar air tanah (%), KA_a adalah kadar air awal tanah (g), KA_t adalah kadar air pada saat t (g).

2.4 Analisis Data

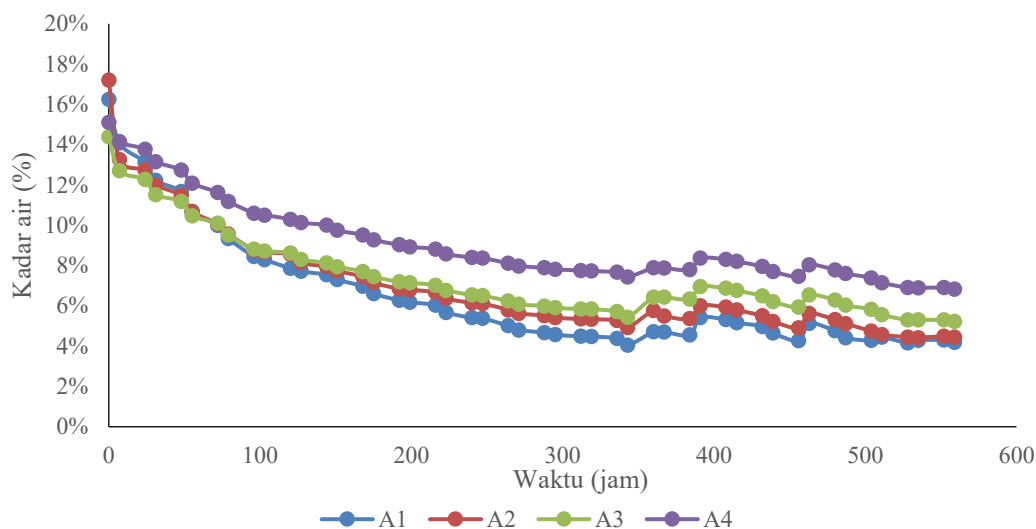
Data dianalisis secara deskriptif kuantitatif dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Kadar Air

Tanah pasiran memiliki kandungan pasir lebih dari 70% sehingga berpori besar, cepat meloloskan air, dan hanya mampu menyimpan air sekitar 1,6–3% dari total air yang tersedia. Kondisi ini diperparah oleh rendahnya bahan organik dan unsur hara, terutama nitrogen, sehingga struktur tanah menjadi lepas, miskin koloid, dan memiliki kapasitas tukar kation yang rendah. Akibatnya, tanah pasir cepat kering dan kurang mampu memenuhi kebutuhan air tanaman. Penelitian ini menguji kemampuan tanah pasir menahan air (*water holding capacity*) dengan penambahan biochar sekam padi pada berbagai dosis (0%, 10%, 15%, dan 20%), karena secara alami infiltrasi tanah pasir sangat tinggi dan air tidak dapat tertahan lama di dalam tanah. Penambahan biochar diharapkan dapat memperbaiki struktur pori tanah, meningkatkan retensi air, serta menambah kandungan bahan organik sehingga tanah pasir dapat menyimpan air lebih baik.

Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh penambahan biochar terhadap penurunan kadar lengas tanah pasiran. Perubahan kadar lengas tanah selama 24 hari (576 jam) dapat dilihat dalam grafik hubungan waktu pengamatan dengan kadar lengas tanah pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik perubahan kadar air

Grafik pada Gambar 3 menunjukkan pengaruh penambahan biochar sekam padi terhadap laju penurunan kadar air tanah pasir selama periode pengamatan. Secara umum, semakin tinggi dosis biochar yang diberikan, semakin lambat laju penurunan kadar air tanah. Hal ini menunjukkan bahwa biochar sekam padi yang ditambahkan pada tanah pasir berperan dalam meningkatkan kemampuan tanah pasir dalam mempertahankan air.

Tanah pasir tanpa penambahan biochar (A1) menunjukkan laju penurunan kadar air paling cepat dibandingkan tanah yang ditambahkan biochar sekam padi. Kondisi ini menunjukkan sifat alami dari tanah pasir yang memiliki pori-pori makro dalam jumlah besar sehingga air mudah mengalami perkolasi dan evaporasi, sehingga kadar air tanah menurun dengan cepat seiring berjalannya waktu.

Penambahan biochar 10% (perlakuan A2) berpengaruh terhadap laju penurunan kadar air. Grafik pada Gambar 3 menunjukkan bahwa ada perubahan pola penurunan kadar air A2 dibanding perlakuan A1. Laju penurunan kadar air perlakuan A2 lebih lambat dibandingkan A1. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan biochar sekam padi berpengaruh meningkatkan kemampuan tanah dalam menahan air. Pada akhir periode pengamatan, kadar air A2 tidak menunjukkan perbedaan yang terlalu besar dibandingkan perlakuan A1. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan biochar 10% belum memberikan pengaruh yang optimal terhadap peningkatan retensi air tanah.

Penambahan biochar sebesar 15% (A3) menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan A2 dan A1. Grafik menunjukkan bahwa laju penurunan kadar air perlakuan A3 lebih lambat dibandingkan perlakuan A2 dan A1. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan dosis biochar sekam padi dapat meningkatkan kemampuan tanah menahan air. Pada akhir periode pengamatan, kadar air tanah perlakuan A3 masih lebih tinggi dibanding A2 dan A1. Hal ini menunjukkan bahwa biochar sekam padi dalam jumlah yang lebih besar dapat meningkatkan jumlah pori mikro dalam tanah, sehingga air dapat tersimpan lebih lama di dalam tanah.

Perlakuan A4 dengan penambahan biochar sekam padi 20% memberikan hasil paling baik dalam mempertahankan kadar air tanah. Gambar 3 menunjukkan bahwa grafik A4 secara konsisten berada di atas grafik A1, A2 dan A3 selama periode pengamatan. Hal ini menunjukkan bahwa kadar air tanah pada perlakuan A4 dapat dipertahankan pada tingkat yang lebih tinggi dan relatif lebih stabil. Peningkatan kemampuan tanah dalam mempertahankan air perlakuan A4, diduga disebabkan sifat biochar sekam padi yang memiliki struktur berpori, luas permukaan yang besar, serta kemampuan menyerap dan menyimpan air dalam pori-pori mikronya.

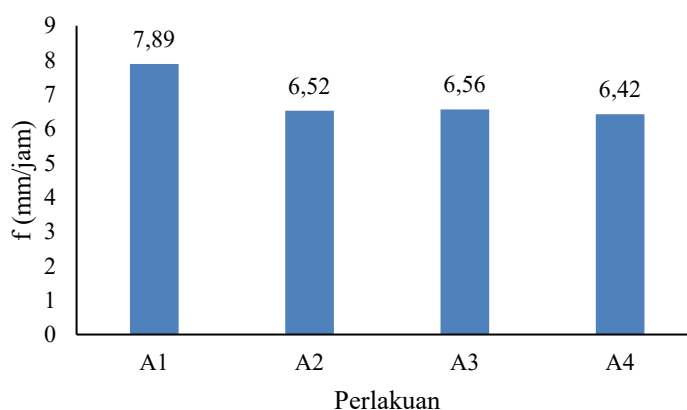
Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan dosis biochar sekam padi berpengaruh

positif terhadap kemampuan tanah pasir dalam mempertahankan kadar air. Semakin tinggi dosis biochar sekam padi yang diberikan, semakin besar kemampuan tanah dalam menahan air.

3.2 Infiltrasi

Infiltrasi air dalam tanah merujuk pada proses pergerakan air dari permukaan tanah ke dalam lapisan tanah yang lebih dalam. Hal ini merupakan bagian penting dalam siklus hidrologi dan mempengaruhi ketersediaan air tanah dalam tanah. Pada tanah pasiran, infiltrasi umumnya memiliki laju yang tinggi (cepat) karena porositas makro yang besar, memungkinkan air meresap cepat namun sulit ditahan (kapasitas menahan air rendah).

Pemberian biochar sekam padi pada tanah berpasir cenderung menurunkan laju infiltrasi yang terlalu cepat. Hal ini disebabkan biochar mampu memperbaiki sifat fisik tanah pasir dengan meningkatkan jumlah pori mikro dan meningkatkan kapasitas tanah dalam menahan air. Tanah pasir memiliki dominasi pori makro yang menyebabkan air mudah masuk dan bergerak cepat ke lapisan tanah yang lebih dalam. Penambahan biochar menyebabkan sebagian pori makro dapat terisi partikel-partikel biochar sehingga gerakan air menjadi lebih lambat dan kemampuan tanah menahan air meningkat (Lehman and Joseph, 2015). Hasil pengukuran infiltrasi tanah pasiran dengan penambahan biochar sekam padi 10% (A2), 15% (A3) dan 20% (A4) dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik infiltrasi air

Grafik pada Gambar 4 menunjukkan perbedaan laju infiltrasi antara tanah pasiran tanpa biochar sekam padi (A1) dan tanah yang diberi biochar sekam padi (A2, A3 A4). Laju infiltrasi air pada tanah pasir tanpa biochar (A1) sebesar 7,89 mm/jam, merupakan nilai tertinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Tingginya laju infiltrasi menunjukkan bahwa tanah pasir memiliki kemampuan pergerakan air yang sangat cepat disebabkan dominasi pori makro dan kandungan bahan organik yang rendah.

Pada perlakuan penambahan biochar sekam padi 10% (A2), laju infiltrasi menurun menjadi 6,25 mm/jam. Penurunan ini menunjukkan pengaruh biochar terhadap pengurangan kecepatan pergerakan air di dalam tanah. Biochar dengan struktur berpori dan luas permukaan yang tinggi dapat meningkatkan pembentukan agregat tanah serta memperbaiki distribusi pori tanah (Blanco-Canqui, 2017).

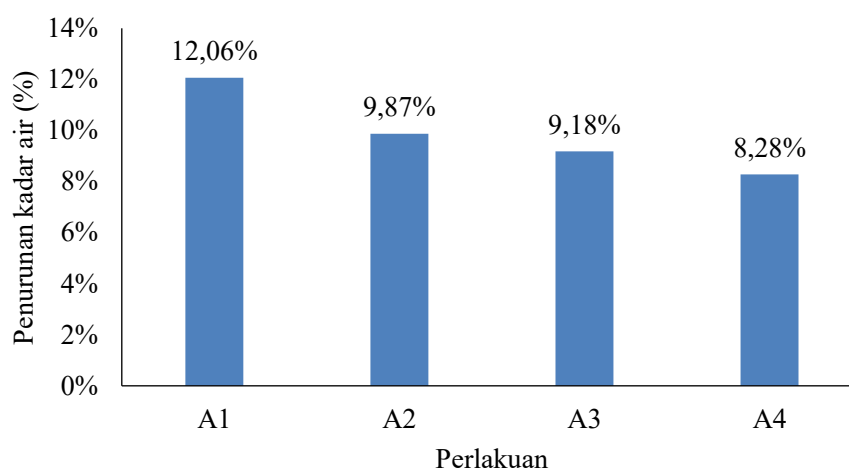
Tanah pasir yang diberikan biochar sekam padi dengan dosis 15% (A3) memiliki Tingkat laju infiltrasi sebesar 6.56 mm/jam dan pada tanah pasir yang diberikan biochar sekam padi dengan dosis 20% (A4) memiliki laju infiltrasi sebesar 6.42 mm/jam. Penelitian Akbar, dkk. (2024) menyatakan bahwa semakin besar ukuran partikel dan dosis biochar pelepah kelapa sawit yang diberikan, laju infiltrasi pada tanah akan semakin kecil. Dalam penelitian ini, penambahan biochar arang sekam

berpengaruh menurunkan laju infiltrasi tanah pasiran, tetapi peningkatan dosis biochar sekam padi dari 10% hingga 20% belum menunjukkan pengaruh yang signifikan.

3.3 Kemampuan Tanah Menahan Air (Water Holding Capacity)

Water holding capacity merupakan fungsi penting tanah karena menentukan kemampuan tanah menyimpan dan menyediakan air bagi tanaman, terutama saat curah hujan rendah atau tanpa irigasi. Kelembapan tanah dapat berkurang akibat penguapan, penyerapan oleh akar tanaman, dan infiltrasi yang terlalu dalam, sehingga ketersediaan air menurun dan tanaman berisiko mengalami stres fisiologis ketika kadar air berada di bawah kebutuhan minimum. Secara umum, *water holding capacity* diperoleh dari selisih kadar air pada kondisi kapasitas lapang dan titik layu permanen.

Dalam penelitian ini, *water holding capacity* didekati dengan penurunan kadar air tanah selama 24 hari atau (Δ KA). Semakin kecil penurunan kadar air untuk waktu yang sama, mengindikasikan bahwa kemampuan tanah menahan air semakin tinggi. Hubungan antara kemampuan tanah menahan air (*soil water retention capacity*) dengan laju penurunan lengas tanah (*soil moisture depletion rate*) berbanding terbalik: semakin tinggi kemampuan tanah menahan air, semakin lambat laju penurunan lengas tanahnya, dan sebaliknya. Penurunan kadar air tanah selama periode pengamatan 24 hari dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik penurunan kadar air selama 24 hari

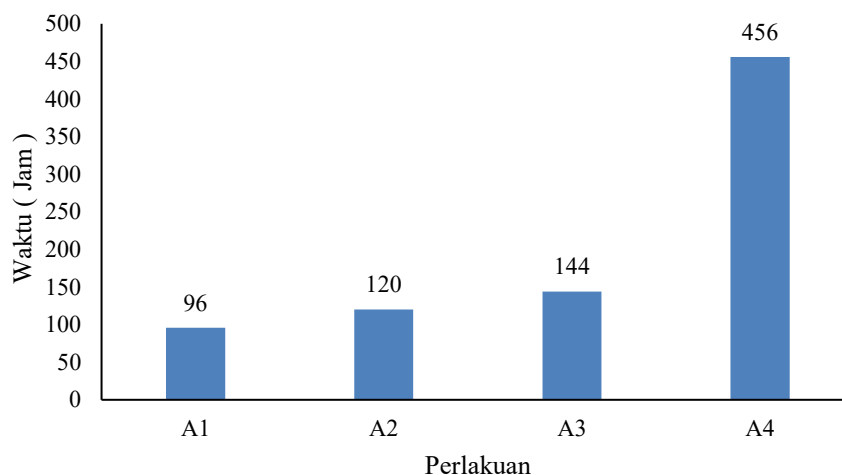
Grafik pada gambar 5 menunjukkan penurunan kadar air tanah selama 24 hari pada berbagai perlakuan dosis biochar sekam padi. Secara umum, seluruh perlakuan mengalami penurunan kadar air seiring meningkatnya dosis biochar yang diberikan. Perlakuan tanpa penambahan biochar (A1) menunjukkan penurunan kadar air paling besar, yaitu sebesar 12,06%. Hal ini menunjukkan bahwa tanah pasir memiliki kemampuan menahan air yang rendah, sehingga air lebih cepat hilang akibat infiltrasi dan evaporasi. Sebaliknya, perlakuan dengan penambahan biochar menunjukkan penurunan kadar air yang lebih kecil, yaitu A2 sebesar 9,87%, A3 sebesar 9,18%, dan A4 sebesar 8,28%.

Semakin kecil penurunan kadar air menunjukkan bahwa kemampuan tanah dalam menahan air semakin tinggi. Berdasarkan penurunan kadar air selama 24 hari, perlakuan A4 (20%) memiliki kemampuan menahan air terbaik dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini disebabkan oleh sifat biochar yang memiliki porositas tinggi dan luas permukaan besar, sehingga mampu menyerap dan menyimpan air lebih banyak di dalam pori-pori tanah.

3.5 Waktu Perubahan Kadar Air

Lama waktu penurunan kadar lengas tanah berbanding lurus dengan kemampuan tanah menahan air.

Lama waktu penurunan kadar lengas tanah merupakan indikator tidak langsung dari kemampuan tanah menahan air. Semakin lama waktu yang dibutuhkan tanah untuk mengalami penurunan kadar lengas, mengindikasikan semakin tinggi kemampuan tanah tersebut dalam menahan air. Tanah yang mampu mempertahankan air lebih lama akan menunjukkan kurva penurunan lengas yang lebih landai, sedangkan tanah dengan retensi air rendah menunjukkan penurunan yang tajam dalam waktu singkat. Waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan kadar lenga tanah dari 14% menjadi 8% dapat dilihat pada grafik Gambar 6.



Gambar 6. Grafik waktu perubahan kadar lengas tanah pasiran dari 14% ke 8%

Grafik pada Gambar 6 menunjukkan bahwa penambahan biochar sekam padi berpengaruh meningkatkan waktu untuk menurunkan kadar lengas tanah pasiran dari 14% menjadi 8%. Waktu perubahan kadar lengas tanah meningkat seiring dengan peningkatan dosis *biochar* yang diberikan. Perlakuan A1, sebagai kontrol tanpa penambahan *biochar*, mengalami penurunan kadar air paling cepat, yaitu hanya dalam waktu 96 jam. Hal ini mencerminkan bahwa tanah pasir tanpa penambahan *biochar* cenderung memiliki kapasitas menahan air yang rendah, sehingga air lebih cepat hilang akibat infiltrasi dan evaporasi.

Perlakuan A4 dengan dosis *biochar* paling tinggi, memerlukan waktu paling lama untuk menurunkan kadar lengas tanah dari 14% menjadi 8% (456 jam). Hal ini menunjukkan bahwa *biochar* pada dosis tinggi mampu memperlambat kehilangan air dari tanah secara signifikan. *Biochar* memiliki karakteristik fisik luas permukaan dan porositas tinggi, sehingga mampu menyerap dan menyimpan air dalam jumlah lebih besar.

Perlakuan A2 dan A3 yang masing-masing menunjukkan waktu untuk menurunkan kadar tanah dari 14% menjadi 8% selama 120 jam dan 144 jam. Perlakuan A2 dan A3 membutuhkan waktu penurunan kadar lengas lebih cepat dibandingkan A4, tetapi lebih lama dibanding kontrol (A1). Hal ini menunjukkan bahwa pada dosis rendah efek positif *biochar* sudah mulai terlihat. Penambahan *biochar* sekam padi terbukti dapat meningkatkan kemampuan tanah pasir dalam mempertahankan kadar lengas tanah. Semakin tinggi dosis yang diberikan, semakin besar efek penundaan terhadap penurunan kadar air, sehingga berkontribusi terhadap efisiensi penggunaan air dan keberlangsungan pertumbuhan tanaman, terutama dalam kondisi lahan berpasir yang cenderung cepat kering.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penambahan biochar sekam padi berpengaruh menurunkan laju infiltrasi, tetapi peningkatan dosis penambahan biochar dari 10% sampai 20% belum menunjukkan pengaruh yang signifikan. Laju infiltrasi tertinggi terjadi pada perlakuan tanpa sekam (A1) sebesar 7,89%. Laju infiltrasi dengan penambahan biochar sekam padi 10% (A2) sebesar 6,52%, 15% (A3) sebesar 6,56%, dan 20% (A4) sebesar 6,42%.
2. Pemberian biochar sekam padi berpengaruh meningkatkan kemampuan tanah menahan air, dilihat dari penurunan kadar lengas selama 24 hari dan waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan kadar lengas dari 14 % menjadi 8%. Semakin tinggi dosis biochar yang diberikan semakin kecil kadar lengas yang diturunkan selama 24 jam, dan semakin lama waktu yang dituhkan untuk menurunkan kadar lengas tanah dari 14% menjadi 8%.

4.2 Saran

Saran pada penelitian ini adalah

1. Perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan jenis biochar yang lain.
2. Perlu dilakukan penelitian dengan dosis yang lebih tinggi.

Daftar Pustaka

- Akbar, F.A., Suharyatun, S., Amien, E.R., dan Tusi, A. 2024. Analisis Kapasitas Tanah Menahan Air (Water Holding Capacity) pada Penambahan Biochar Berbahan Pelempah Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq). *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering* Vol. 3(1): 133-147.
- Badan Pusat Statistik. 2013. *Laporan Hasil Sensus Pertanian 2013*. BPS Propinsi Jawa Barat.
- Blanco-Canqui, H. (2017). Biochar and soil physical properties. *Soil Science Society of America Journal*, 81(4), 687–711.
- Lehmann, J., & Joseph, S. (2015). *Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation*. Routledge.
- Hanafiah, KA. 2005. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Nisak, S.K. dan Supriyadi, S. 2019. Biochar Sekam Padi Meningkatkan Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Kedelai Di Tanah Salin. *Jurnal Pertanian Presisi*. 3 (2) : 165 – 179.
- Rajaphaksa, A. U., Mohan, D., Igalavithana, A. D., Lee, S. S., & Ok, Y. S. (2016). Definitions and Fundamentals of Biochar. In *Biochar Production, Characterization, and Applications*. CRC Press.
- Sunardi, dan Sarjono, Y. 2007. Penentuan kandungan unsur makro pada lahan pasir pantai Samas Bantul dengan Metode Analisis Aktivasi Neutron (AAN). *Prosiding PPI-PDIPTNPustek Akselerator dan Proses Bahan BATAN*. Yogyakarta. Juli 2007.