

Pengaruh pemberian biochar meranti terhadap pertumbuhan mahoni daun lebar (*Swietenia macrophylla*) pada media tanam tercemar tailing emas

Tia Silvia Sanena^{1*}, Melya Riniarti¹, Machya Kartika Tsani¹, Ceng Asmarahman¹, Wahyu Hidayat¹
¹Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Jl. Sumantri Brojonegoro 1, Bandar Lampung
Lampung,

*E-mail: melya.riniarti@fp.unila.ac.

Artikel diterima : 8 Maret 2024 Revisi diterima 03 Juni 2024

ABSTRACT

Mining activities, whether licensed or unauthorized, can have detrimental effects on the surrounding environment. Therefore, efforts are needed to process tailings through revegetation or utilizing them as planting media. Biochar is a soil amendment that can be used in post-mining areas. Its application in agricultural land has the potential to enhance soil's nutrient and water retention capacity, improve soil fertility, reduce water evaporation, and prevent specific plant diseases. This research aims to examine the influence of biochar dosage on the growth of mahogany planted in gold tailings as a planting medium. Mahogany was planted for 5 months in a completely randomized design (CRD) with treatments involving biochar application to tailings contaminated with gold tailings. The combinations of biochar and tailings (B/T) include 0/0, 5/0, 10/0, 15/0, 0/25, 5/25, 10/25, 15/25, 0/50, 5/50, 10/50, and 15/50, with each treatment replicated five times. Observed parameters include stem height increase, stem diameter, leaf area, and root length. Analysis of variance was used to analyze the data, and Tukey's Honestly Significant Difference test was then performed. The results indicate that the biochar dosage significantly affects the stem height and diameter of mahogany in tailings, with higher biochar doses generally promoting better plant growth.

Keyword: Biochar, mahogany, tailing, soil amendment, shorea.

ABSTRAK

Kegiatan pertambangan baik dengan izin maupun pertambangan tanpa izin dapat memberikan dampak buruk bagi lingkungan sekitar sehingga perlu dilakukan upaya pengolahan tailing dengan cara revegetasi ataupun pemanfaatan tailing sebagai media tanam. Biochar menjadi salah satu alternatif bahan pembenah tanah yang dapat digunakan pada lahan purna tambang. Penerapan biochar memiliki potensi untuk meningkatkan kapasitas tanah untuk menyimpan hara dan air, mengurangi penguapan air dari tanah, meningkatkan kegemburan tanah, dan mencegah munculnya penyakit tanaman tertentu. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana dosis biochar berpengaruh terhadap pertumbuhan mahoni yang ditanam pada media tanam tailing. Mahoni ditanam selama 5 bulan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan perlakuan yaitu pemberian biochar pada media tanam tercemar tailing emas. Perbandingan kombinasi pemberian biochar dan tailing (B/T) yaitu 0/0, 5/0, 10/0, 15/0, 0/25, 5/25, 10/25, 15/25, 0/50, 5/50, 10/50, dan 15/50 yang mana masing-masing perlakuan dilakukan 5 kali ulangan. Parameter yang diamati antara lain yaitu pertambahan tinggi batang, diameter batang, luas daun, dan panjang akar. Analisis data menggunakan analisis ragam dan uji BNT. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan dosis biochar pada media tailing berpengaruh sangat nyata pada parameter pertambahan tinggi dan juga diameter batang mahoni. Semakin tinggi dosis biochar yang diberikan pada media tailing cenderung meningkatkan pertumbuhan tanaman mahoni.

Kata kunci: Biochar, mahoni, tailing, bahan pembenah tanah, meranti.

PENDAHULUAN

Pertambangan, baik dengan izin maupun tanpa izin, dapat membahayakan lingkungan seperti pencemaran air dan tanah akibat tailing yang dihasilkan. Tailing dapat berupa limbah padat, cair, atau gas. Semua jenis limbah ini dapat diklasifikasikan sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun. Tailing adalah limbah yang dihasilkan dari pengolahan tambang emas, yang terdiri dari pasir yang tidak subur dan sulit untuk mengikat air.

Hal tersebut dapat merusak lingkungan apabila tidak segera diatasi. Untuk mencegah kerusakan terus-menerus harus dilakukan upaya pengelolaan limbah tailing. Salah satu cara untuk mengelola tailing adalah dengan penanaman (revegetasi) atau memanfaatkan tailing sebagai media tanam bagi tanaman kehutanan dan perkebunan. Namun, karena tailing berasal dari batuan yang memiliki pH, KTK, dan unsur hara yang rendah, akan sulit untuk menanam di lahan yang tercemar tailing. Untuk mengatasi hal tersebut, maka diperlukan pemilihan

jenis tanaman pioner yang mudah beradaptasi dan penambahan bahan pembenah tanah (Wasis dkk., 2013).

Pemilihan jenis tanaman yang tepat sangat penting pada lahan yang tercemar tailing. Hal ini bertujuan agar tanaman yang digunakan dapat memberikan manfaat baik secara ekonomi maupun lingkungan. Mahoni adalah jenis tanaman yang kuat dan mudah tumbuh yang memiliki biomassa yang besar dan diameter batang yang besar. Menurut Rendra dkk. (2018), di wilayah Provinsi Lampung, mahoni adalah salah satu jenis tanaman yang berfungsi sebagai hiperakumulator untuk limbah Hg. Mahoni mampu tumbuh dan bertahan pada kondisi media tanam tercemar tailing emas dengan persentase tailing maksimal 75%. Semakin tinggi kadar tailing yang diberikan menurunkan persentase hidup pada mahoni, hal ini dikarenakan tailing yang memiliki sifat toxic (Kurniawan., 2019).

Selain memilih jenis tanaman, perlu ditambahkan bahan pembenah tanah untuk meningkatkan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah tailing agar produktivitas tanaman dapat ditingkatkan. Salah satu bahan pembenah tanah yang dapat digunakan pada lahan pasca tambang adalah biochar. Menurut Nurida dkk. (2015), penerapan biochar di lahan pertanian (baik basah maupun kering) memiliki potensi untuk meningkatkan kapasitas tanah untuk menyimpan hara dan air, mengurangi penguapan air dari tanah, meningkatkan kegemburan tanah, dan mencegah munculnya penyakit tanaman tertentu. Selain itu Biochar dapat digunakan untuk menstabilkan logam berat di tanah yang tercemar karena menurunkan penyerapan logam berat oleh tanaman dan meningkatkan kualitas tanah dengan meningkatkan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Ippolito dkk., 2012). Selain itu, biochar dapat membantu menstabilkan logam berat pada tanah yang tercemar (Puga dkk., 2015). Menurut Nurida dkk. (2017) bahan yang digunakan untuk membuat biochar mempengaruhi sifat biochar. Biochar berbahan dasar kayu meranti (*Shorea spp.*) menghasilkan banyak karbon saat diproses menjadi biochar. Kandungan karbon yang lebih tinggi pada tanah secara alami terkait dengan peningkatan jumlah mikro fauna pada tanah (Ippolito dkk., 2016; Li dkk., 2018; Putri dkk., 2020). Dengan dosis yang tepat, biochar akan meningkatkan jumlah air yang tersedia bagi tumbuhan di tempat tumbuh. Penerapan biochar memiliki potensi menjadi solusi dalam memperbaiki tanah yang tercemar oleh logam berat seperti tailing emas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana berbagai dosis biochar berdampak pada pertumbuhan mahoni yang ditanam pada media tanam tailing emas.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Rumah Kaca dan Silvikultur Fakultas Pertanian Universitas Lampung, Provinsi Lampung, selama periode penelitian 6 bulan.

Prosedur Penelitian

Persiapan Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan Dalam penelitian ini, bahan yang digunakan adalah bibit mahoni daun lebar berusia lima bulan dan biochar yang terbuat dari limbah kayu meranti yang dipirolisis pada suhu 400°C, tanah top soil dan tailing hasil produksi emas dari Desa Bunut, Kabupaten Pesawaran, dan polybag dengan ukuran 10x15 cm. Alat yang digunakan adalah pita meter dengan ketelitian 1 mm, mistar dengan ketelitian 1 mm, oven, timbangan, dan leaf area meter.

Pembuatan Biochar

Biochar dibuat dari limbah kayu meranti dengan memanaskan tungku komersial pada suhu 400°C. Selanjutnya, biochar dihancurkan dan diayak untuk mendapatkan ukuran yang seragam, yang membuatnya cocok untuk dicampur dengan media tanam.

Persiapan media tanam

Media tanam yang digunakan berupa campuran antara tailing, tanah, dan biochar sesuai perlakuan yang telah ditetapkan.

Penyapihan bibit

Bibit mahoni dipindahkan ke dalam polybag yang telah diisi media tanam. Penyapihan dilakukan pada sore hari.

Pemeliharaan bibit

Kegiatan pemeliharaan berupa penyiraman, dan penyiangan yang dilakukan setiap hari sekaligus pengecekan kondisi tanaman.

Analisis Data

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Perlakuan yang diberikan yaitu pemberian biochar sebagai pembenah tanah pada media tanam yang tercemar tailing emas. Kombinasi yang diberikan adalah biochar dan tailing (B/T) dengan perbandingan 0/0(kontrol), 5/0 (biochar 5% dengan tailing 0%), 10/0 (biochar 10% dengan tailing 0%), 15/0 (biochar 5% dengan tailing 0%), 0/25 (biochar 0% dengan tailing 25%), 5/25 (biochar 5% dengan tailing 25%), 10/25 (biochar 10% dengan tailing 25%), 15/25 (biochar 15% dengan tailing 25%), 0/50 (biochar 0% dengan tailing 50%), 5/50 (biochar 5% dengan tailing 50%),

10/50 (biochar 10% dengan tailing 50%), dan 15/50 (biochar 15% dengan tailing 50%) dengan menggunakan satuan berat (gram) yaitu 500 gram tanah top soil. Setiap perlakuan dilakukan 5 kali pengulangan. Dengan parameter pengamatan yaitu tinggi batang yang diukur menggunakan mistar dimulai dari kolek sampai dengan buku-buku batang (nodus) teratas. Pengukuran dilakukan saat awal penanaman pada media dan akhir periode pengamatan. Diameter batang diukur menggunakan kaliper pada kolek dan diberi tanda sebagai tempat pengukuran diameter pertama, pengukuran dilakukan setiap 1 bulan sekali. luas daun diukur menggunakan *leaf area* meter pada akhir periode pengamatan, dan panjang akar diukur dengan cara membongkar terlebih dahulu media taman, kemudian akar dibersihkan dari tanah yang

menempel. pengukuran dilakukan menggunakan pitameter pada akhir periode pengamatan. Analisis data menggunakan analisis ragam untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap parameter pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Uji lanjutan BNJ dilakukan untuk mengetahui apakah ada perbedaan dari masing-masing perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter pertumbuhan yang diamati pada penelitian ini adalah penambahan tinggi batang, penambahan diameter batang, luas daun, dan panjang akar. Hasil sidik ragam pengaruh pemberian biochar pada media tailing dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis ragam perlakuan terhadap pertumbuhan bibit mahoni

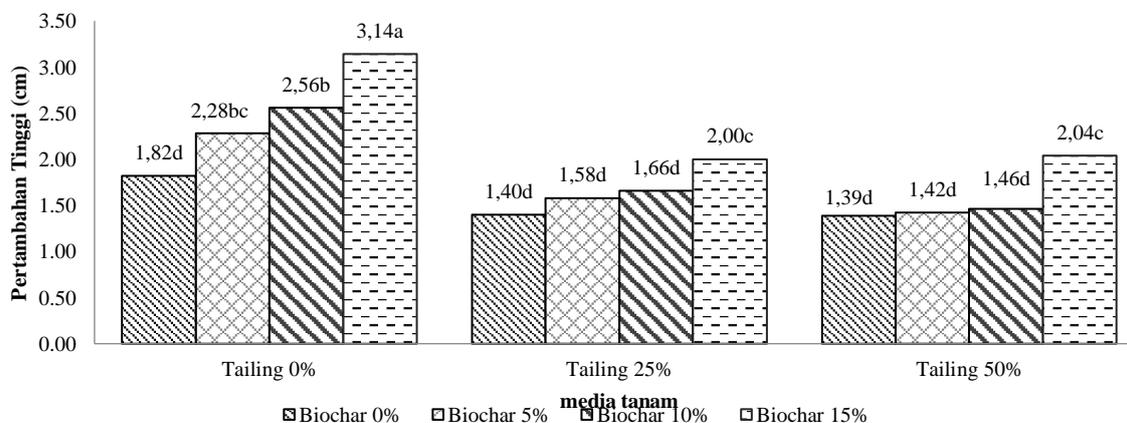
Parameter	F hit	F-tabel		Signifikansi
		5%	1%	
ΔT	18,90	1,99	2,64	**
ΔD	3,80	1,99	2,64	**
PA	1,79	1,99	2,64	tn
LD	1,87	1,99	2,64	tn

ΔT: Pertambahan tinggi (Cm), ΔD: Pertambahan Diameter (cm), PA: Panjang Akar (cm), LD: Luas Daun, **: Sangat Nyata pada taraf 1%, tn: Tidak berbeda nyata pada Taraf 5%

Berdasarkan hasil uji analisis ragam pada Tabel 1 menunjukkan bahwa perlakuan pemberian biochar meranti berpengaruh sangat nyata pada taraf kepercayaan 99% pada parameter pertambahan tinggi dan pertambahan diameter mahoni. Namun tidak berpengaruh nyata pada parameter luas daun dan panjang akar.

Pertambahan Tinggi

Pengukuran tinggi tanaman sering dilihat sebagai indikator pertumbuhan dan parameter yang digunakan untuk mengukur pengaruh perlakuan atau lingkungan yang diterapkan. Dari hasil pengamatan diketahui bahwa pengaruh pemberian biochar terhadap pertambahan tinggi mahoni dapat dilihat pada Gambar 1.



Keterangan: Nilai-nilai yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata (BNT=0,47; α=0.01)

Gambar 1 Respon pertambahan tinggi bibit mahoni yang ditanam pada media tercemar tailing emas dengan penambahan biochar meranti sebagai pembenah tanah.

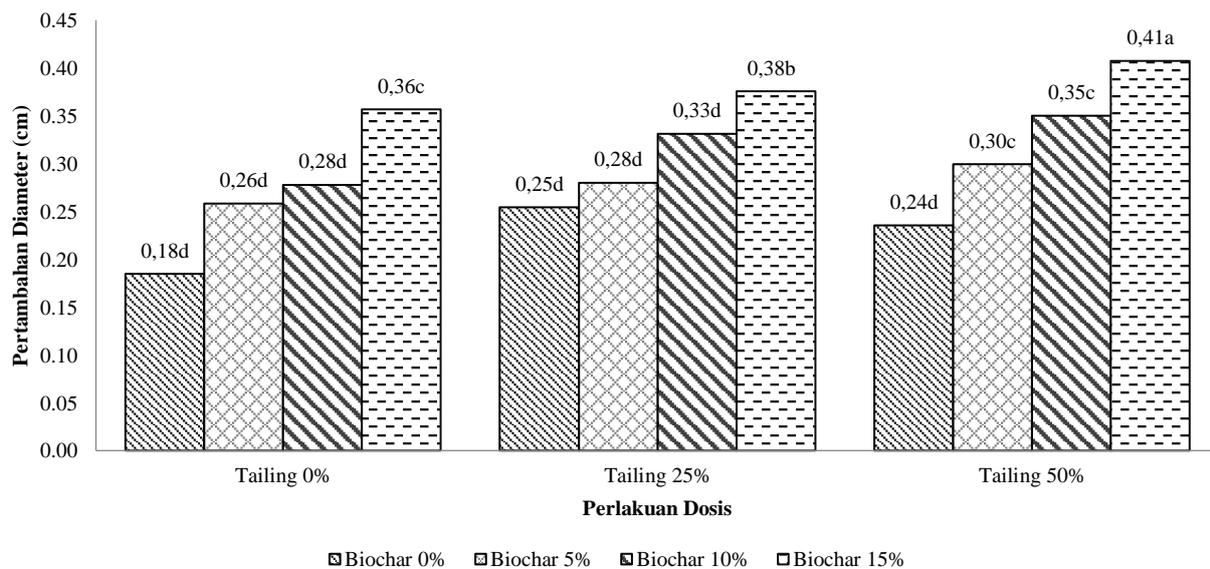
Gambar 1 menunjukkan penambahan biochar sebagai pembenah tanah mampu membantu bibit mahoni untuk bertahan dan tumbuh pada media dengan campuran tailing emas 25% dan 50%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian dosis biochar sebesar 15% pada media tanam yang tercemar tailing emas menghasilkan pertambahan tinggi yang setara dengan tanaman mahoni yang ditanam pada media tidak tercemar dan mendapatkan biochar 5%. Hal ini menunjukkan bahwa ada pengaruh besarnya dosis biochar dalam memperbaiki kualitas media tanam. Tampaknya penambahan dosis 5% dan 10% biochar meranti belum mampu memperbaiki kualitas media tanam tercemar tailing emas.

Selain itu, pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa pemberian biochar pada media tanam tidak

tercemar tailing mampu meningkatkan pertumbuhan mahoni sejalan dengan semakin tingginya dosis yang diberikan. Semakin tinggi dosis yang diberikan, semakin besar delta pertambahan tinggi yang dihasilkan. Hal ini merupakan bukti bahwa penambahan biochar mampu memperbaiki pertumbuhan mahoni.

Pertambahan Diameter

Salah satu faktor pertumbuhan yang sulit diukur adalah pertumbuhan diameter. Tanaman cenderung mengalami pertumbuhan vertikal yang cepat pada usia muda (Lewenusa, 2009). Pertumbuhan diameter atau samping juga disebut pertumbuhan sekunder. Pengaruh pertambahan diameter bibit mahoni terhadap penambahan biochar pada media tailing dapat dilihat pada Gambar 2.



Keterangan: Nilai-nilai yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata. (BNT=0,13; $\alpha=0.01$)

Gambar 2 Respon pertambahan tinggi bibit mahoni yang ditanam pada media tercemar tailing emas dengan penambahan biochar meranti sebagai pembenah tanah.

Hasil menunjukkan penambahan biochar sebagai pembenah tanah mampu membantu bibit mahoni untuk bertahan dan tumbuh pada media dengan campuran tailing emas 25% dan 50%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian dosis biochar sebesar 15% pada media tanam yang tercemar tailing emas menghasilkan diameter yang lebih besar daripada tanaman mahoni yang ditanam pada media tidak tercemar dan mendapatkan biochar 15%. Semakin tinggi dosis yang diberikan, semakin besar delta pertambahan diameter yang dihasilkan. Pencampuran biochar dengan dosis tertinggi diduga dapat lebih menggemburkan media tanam dan memperbaiki pori tanah untuk pertumbuhan akar tanaman. Hal ini menunjukkan bahwa ada pengaruh besarnya dosis biochar dalam memperbaiki kualitas media tanam.

Teknologi yang menggunakan biochar untuk mengatasi kontaminasi logam berat di tanah telah berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir. Sebagian besar peneliti telah menemukan bahwa menggunakan biochar dapat mengurangi ketersediaan dan mobilitas logam berat di tanah (Meier dkk., 2017; Ahmad dkk., 2013; Houben dkk., 2013; Xing dkk., 2019). Jumlah pori yang banyak, pH yang tinggi, dan gugus permukaan yang aktif adalah karakteristik biochar yang memungkinkannya mengurangi jumlah logam berat yang ada di tanah. Persaingan fisik, adsorpsi fisik, interaksi elektrostatis, kompleksasi, dan presipitasi adalah beberapa cara biochar meremediasi logam berat di tanah (Wang dkk., 2019). Menurut penelitian Xing dkk. (2019), biochar sekam padi digunakan pada tanah yang pernah digunakan untuk tambang emas di salah satu wilayah di China. Ini

mengurangi jumlah total Hg yang ada di tanah. Salah satu cara biochar menyerap Hg adalah melalui kompleksasi logam dengan gugus fungsionalnya dan ada adsorpsi ion pertukaran. Salah satu cara utama penyerapan Hg melalui permukaan biochar adalah kompleksasi dengan gugus karboksilat dan fenolik (Dong dkk., 2013). Studi tentang penggunaan biochar pada tanah yang terkontaminasi logam berat menunjukkan bahwa biochar adalah salah satu bahan adsorben yang paling efektif untuk mengurangi kadar logam berat di dalam tanah. Fellet dkk. (2011) melakukan penelitian yang menemukan bahwa biochar, yang lebih tahan terhadap dekomposisi dibandingkan dengan jenis bahan organik lainnya, akan mengurangi tingkat kontaminan dalam jangka waktu yang lebih lama, yang memungkinkan untuk melindungi tanaman lebih lama.

Bahan baku biochar dan suhu pirolisis adalah dua komponen utama yang memengaruhi jumlah gugus fungsional pada permukaan biochar (Li dkk., 2017). Yargicoglu dkk. (2015) menyatakan bahwa jumlah partikel biochar yang dihasilkan berkorelasi positif dengan suhu pirolisis yang digunakan. Dalam uji termogravimetri, Mazlan dkk. (2015) menemukan bahwa biochar meranti mengalami penurunan masa dan ukuran partikel hemiselulosa dan selulosa pada suhu 400°C. Sebaliknya, lignin terdekomposisi sepenuhnya pada suhu 600°C, sehingga ukuran partikel biochar lebih kecil pada suhu pirolisis 600°C daripada pada suhu 400°C. Sesuai dengan penelitian oleh Wijaya dkk. (2021) yang menyatakan bahwa penggunaan dosis biochar kayu meranti pada suhu pirolisis 600°C meningkatkan diameter batang dan tinggi batang lebih baik dari pada penggunaan dosis pada suhu 400°C. Secara umum, semakin rendah suhu pirolisis mengakibatkan semakin rendahnya pH pada struktur biochar karena masih terdapatnya gugus karboksil dan hidroksil pada strukturnya. pH tinggi pada biochar meranti penting untuk menetralkan keasaman tanah dan meningkatkan kapasitas pertukaran kation tanah ketika biochar tersebut ditambahkan ke tanah dan menyediakan kondisi yang cocok untuk mikroorganisme (Hidayat dkk., 2020). Banyaknya dosis yang diberikan pada media tanam sangat mempengaruhi pertumbuhan pada tanaman. Hal ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Loka (2020) yang menunjukkan bahwa perbedaan antara dua dosis penambahan biochar meranti sebesar 5% dan 10% memberikan pengaruh yang berbeda pada pertumbuhan tanaman sengon. Semakin tinggi dosis biochar yang diberikan semakin baik pula pertumbuhan pada tanaman. Hal ini diduga disebabkan oleh kepadatan media tanam.

Pencampuran biochar dengan dosis tertinggi dapat lebih melonggarkan media tanam dan dapat memberi ruang lebih untuk pertumbuhan akar tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, M, Soo, L. S., Yang, J.E., Ro, H. M., Han, L.Y., and Ok, Y. S. 2012. Effects of soil dilution and amendments (mussel shell, cow bone, and biochar) on Pb availability and phytotoxicity in military shooting range soil. *Ecotoxicol Environ Saf.* 79: 225– 231
- Alvarez, J., Lopez, G., Amutio, M., Bilbao, J. 2014. Upgrading the rice husk char obtained by flash pyrolysis for the production of amorphous silica dan high quality activated carbon. *Bioresource Technology* 170(1): 132– 137.
- Basu, P. 2018. *Biomass Gasification, Pyrolysis dan Torrefaction: Practical Design dan Theory*. Buku. Academic Press. Inggris. 551 hlm.
- Dewi, I. R. 2007. *Rhizobacteria Pendukung Pertumbuhan Tanaman*. Fakultas Pertanian Jatinangor : Universitas Padjadjaran. 3 hlm
- Fellet. G., L. Marchiol, G. D. Vedove and A. Pressotti. 2011. Application of Biochar on Mine Tailings: Effects and Perspectives for Land Reclamation. *Chemosphere*. 83(2011): 1262-1267.
- Herath, H. M. S. K., Camps-Arbestain, M., Hedley, M. 2013. Effect of biochar on soil physical properties in two contrasting soils: An Alfisol dan an Danisol. *Geoderma Elsevier B.V.*, 209– 210: 188–197.
- Hidayat, W., Riniarti, M., Prasetia, H., Niswati, A., Hasanudin, U., Banuwa, I.S., Yoo, J., Kim, S., Lee, S. 2020. *Characteristics of Biochar Produced from the Harvesting Wastes of Meranti (Shorea sp.) and Oil Palm (Elaeis guineensis) Empty Fruit Bunches*. IOP Publishing. 7 hlm.
- Houben, D., Laurent E., and Philippe S. 2013. Mobility, bioavailability and pH-dependent leaching of cadmium, zinc and lead in a contaminated soil amended with biochar. *Chemosphere*. 92: 1450–1457.
- Ippolito, J. A., Stromberger, M. E., Lentz, R. D., Dungan, R. S. 2016. Hardwood biochar dan manure co-application to a calcareous soil. *Chemosphere*. 142: 84–91.
- Ippolito, J.A., Novak, J.M., Busscher, W.J., Ahmedna, M., Rehrh, D., and Watts, D.W. 2012. Switchgrass Biochar Affects Two Aridisols. *J. Environ. Qual* 41: 123-30.
- Khoiriyah, A. N., Prayogo, C., Widiyanto. 2016. Kajian residu biochar sekam padi, kayu dan

- tempurung kelapa terhadap ketersediaan air pada tanah lempung berliat. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 3(1): 253–260.
- Kurniawan, B. 2019. Daya Adaptasi Bibit Mahoni (*Swietenia macrophylla*) Terhadap Cekaman Merkuri dari Limbah Pertambangan Emas Rakyat. Skripsi. Universitas Lampung. Lampung. 34 hlm.
- Li, Y., Hu, S., Chen, J., Müller, K., Li, Y., Fu, W., Lin, Z., Wang, H. 2018. Effects of biochar application in forest ecosystems on soil properties dan greenhouse gas emissions: a review. *Journal of Soils dan Sediments Journal of Soils dan Sediments* 18(2): 546– 563.
- Loka, A.A. 2020. Pengaruh Penggunaan Biochar Kayu Meranti Terhadap Pertumbuhan Bibit Sengon Laut (*Falcataria moluccana*). Skripsi. Universitas Lampung. Lampung. 53 hlm.
- Lopez, F., dan Centeno, T. 2013. Textural dan fuel characteristics of the chars produced by the pyrolysis of waste wood, dan the properties of activated carbons prepared from them. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 104(1): 551–558.
- Mazlan, M. A. F., Uemura, Y., Osman, N. B., Yusup, S. 2015. Characterizations of bio-char from fast pyrolysis of Meranti wood sawdust. *Journal of Physics*, 622(1): 1–7.
- Nurida, N. L. 2017. Potensi pemanfaatan biochar untuk rehabilitasi lahan kering di indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan Edisi Khusus*, 57-68
- Nurida, N.L., Rachman, A., Sutono, S. 2015. *Biochar Pembenh Tanah Yang Potensial*. IAARD Press. Bogor. 48 hlm.
- Puga, A.P., Abreu, C.A., Melo, L.C.A., and Beesley, L., 2015. Biochar application to a contaminated soil reduces the availability and plant uptake of zinc, lead and cadmium. *J. Environ. Manag.* 159: 86–93.
- Putri, W. N., Nelvia, N., Idwar, I. 2020. Pengaruh biochar dan pupuk hijau calopogonium mucunoides terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai (*Glycine max l. merril*) serta makrofauna tanah di gawangan tanaman kelapa sawit. *Jurnal Agroteknologi* 10(2): 58–66.
- Wijaya, A.B., Riniarty, M., Prasetya, H., Hidayat, W., Niswati, A., Hasanudin, U., Banuwa, I.R. 2021. Interaksi Perlakuan Dosis dan Suhu Pirolisis Pembuatan Biochar Kayu Meranti (*Shorea spp.*) Mempengaruhi Kecepatan Tumbuh Sengon (*Paraserianthes moluccana*). *Ulin jurnal hutan tropis*, 5(2) : 8-97.
- Yargicoglu, E. N., Sadasivam, B. Y., Reddy, K. R., dan Spokas, K. 2015. Physical dan chemical characteristics of bio-char pyrolyzed from moso bamboo dan rice husk with different pyrolysis temperatures. *BioResources* 12(3): 4652–4669.