

**EFEKTIVITAS BIOCHAR KAYU MERANTI (*Shorea spp.*) SEBAGAI
PEMBENAH TANAH TAILING EMAS DENGAN AGEN
FITOREMEDIASI MAHONI DAUN LEBAR (*Swietenia macrophylla*)**

Skripsi

Oleh

**Qori Maulani
1914151061**



**FAKTULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

EFEKTIVITAS BIOCHAR KAYU MERANTI (*Shorea spp.*) SEBAGAI PEMBENAH TANAH TAILING EMAS DENGAN AGEN FITOREMEDIASI MAHONI DAUN LEBAR (*Swietenia macrophylla*)

Oleh

Qori Maulani

Tailing merupakan limbah yang dihasilkan oleh kegiatan pertambangan. Hasil ekstraksi *tailing* mengandung logam berat dengan kadar tertentu sehingga berpotensi merusak lingkungan. Upaya untuk memulihkan kondisi tanah akibat *tailing* adalah dengan teknologi bioremediasi dan penggunaan bahan pembenah tanah dengan fitoremediasi. Fitoremediasi adalah penggunaan tanaman dengan tujuan menghilangkan, memindahkan, menstabilkan, hingga menghancurkan polutan, senyawa organik dan anorganik. Biochar merupakan salah satu pembenah tanah yang dapat meningkatkan keberhasilan fitoremediasi. Salah satu jenis kayu industri yang diolah menjadi biochar adalah kayu meranti. Mahoni berpotensi sebagai tanaman fitoremediasi karena dapat tumbuh dan bertahan hidup pada lahan pasca tambang sekitar 88% hingga 95%. Tujuan penelitian ini yaitu mendapatkan efektifitas biochar kayu meranti dalam pertumbuhan mahoni yang ditanam pada media *tailing*. Penelitian ini dilaksanakan di Rumah Kaca Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Metode yang digunakan yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) dua perlakuan. Perlakuan pertama dengan dosis *tailing* emas dengan 3 taraf (T0=0% *tailing*, T1=25% *tailing*, T2=50%). Perlakuan kedua pemberian dosis biochar dengan 4 taraf (B0=0% biochar, B1=5% biochar, B2=10% biochar, dan B3=15% biochar) dengan perbandingan berat. Jumlah kombinasi perlakuan adalah kombinasi antar dosis dari seluruh taraf perlakuan yaitu 3x4 kombinasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis 10% terbukti mampu untuk meningkatkan pertumbuhan tinggi, diameter, panjang akar, dan luas daun semai mahoni daun lebar lebih baik pada tanah yang tercemar *tailing*.

Kata Kunci : Tailing, Biochar, Meranti, Bioremediasi, Mahoni

ABSTRACT

EFFECTIVENESS OF MERANTI WOOD BIOCHAR (*Shorea spp.*) AS A SOIL IMPROVEMENT FOR GOLD TAILINGS USED MAHAGONY AS PHYTOREMEDIATION AGENT (*Swietenia macrophylla*)

By

Qori Maulani

Tailings are waste produced by mining activities. Tailings extraction results contain certain levels of heavy metals so they have the potential to damage the environment. Efforts to restore soil conditions caused by tailings are with bioremediation technology and the use of soil amendment materials with phytoremediation. Phytoremediation is the use of plants with the aim of removing, transferring, stabilizing and destroying pollutants, organic and inorganic compounds. Biochar is a soil amendment that can increase the success of phytoremediation. One type of industrial wood that is processed into biochar is meranti wood. Mahogany has the potential as a phytoremediation plant because it can grow and survive on post-mining land around 88% to 95%. The aim of this research is to determine the effectiveness of meranti wood biochar in the growth of mahogany planted in tailings media. This research was carried out in the Greenhouse, Faculty of Agriculture, University of Lampung. The method used was a Completely Randomized Design (CRD) for two treatments. The first treatment was with a dose of gold tailings with 3 levels (T0=0% tailings, T1=25% tailings, T2=50%). The second treatment administered biochar doses with 4 levels (B0=0% biochar, B1=5% biochar, B2=10% biochar, and B3=15% biochar) with weight ratios. The number of treatment combinations is a combination of doses from all treatment levels, namely 3x4 combinations. The results of the research showed that a dose of 10% was proven to be able to increase the height, diameter, root length and leaf area of broadleaf mahogany seedlings better in soil contaminated with tailings.

Keywords: Tailings, Meranti Biochar, Bioremediation, Mahogany

**EFEKTIVITAS BIOCHAR KAYU MERANTI (*Shorea spp.*) SEBAGAI
PEMBENAH TANAH TAILING EMAS DENGAN AGEN
FITOREMEDIASI MAHONI DAUN LEBAR (*Swietenia macrophylla*)**

Oleh

Qori Maulani

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA KEHUTANAN**

Pada

**Jurusan Kehutanan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

**Judul : Efektivitas Biochar Kayu Meranti (*Shorea spp.*)
Sebagai Pembenh Tanah Tailing Emas
Dengan Agen Fitoremediasi Mahoni Daun
Lebar (*Swietenia macrophylla*)**

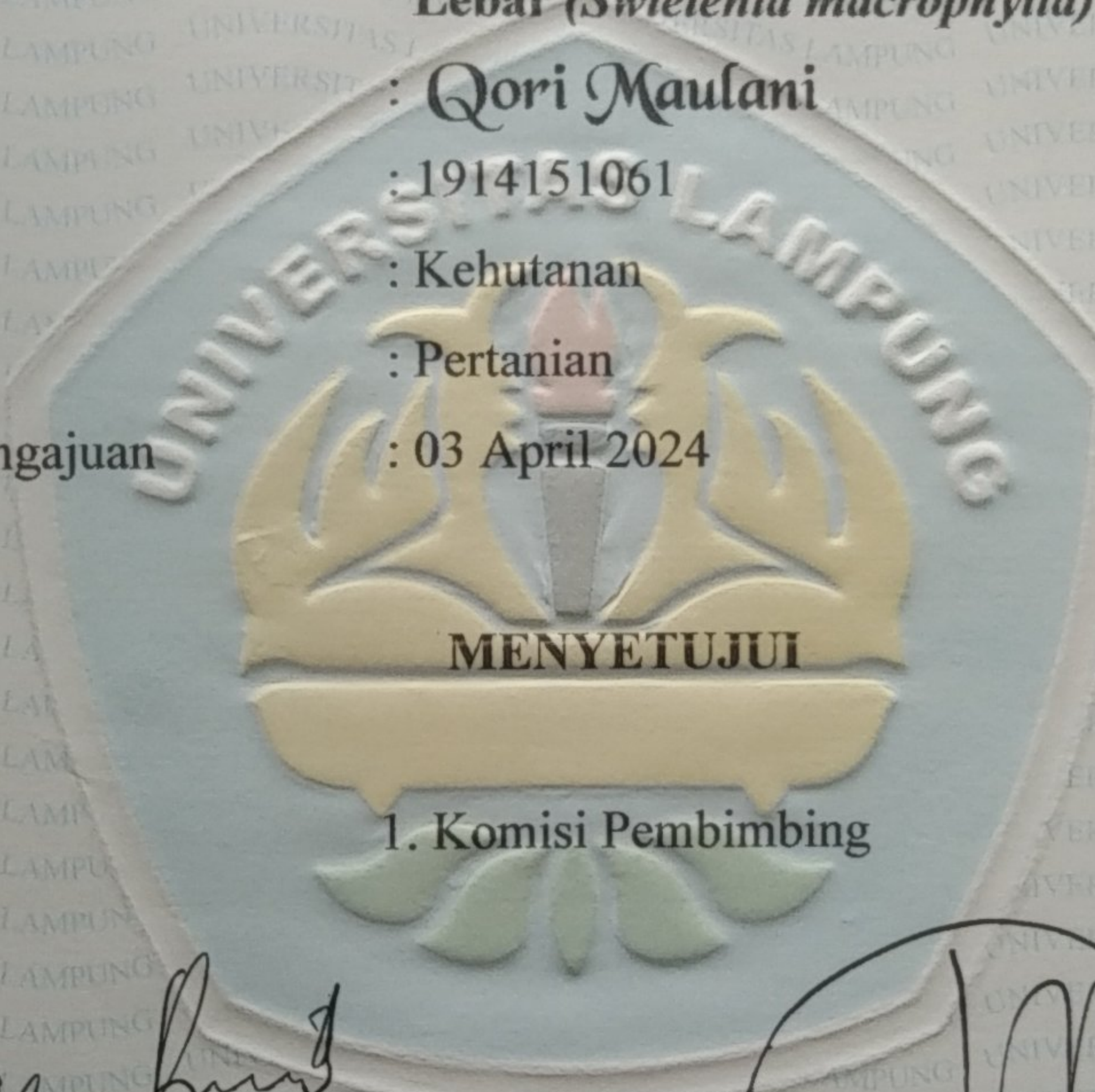
Nama : Qori Maulani

NPM : 1914151061

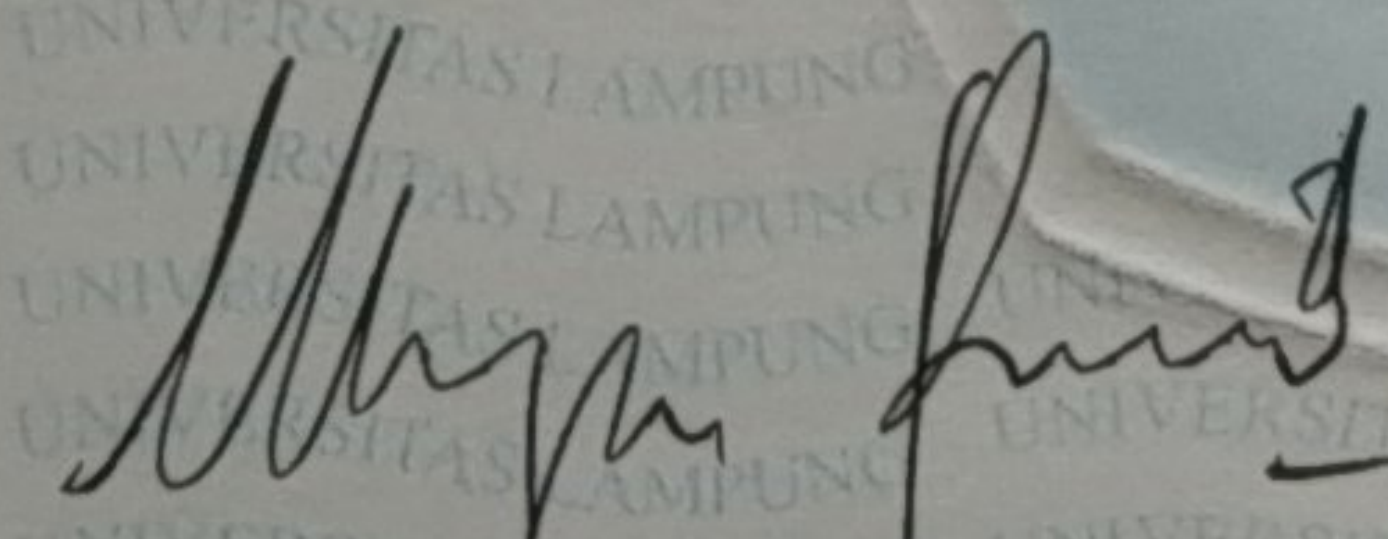
Jurusan : Kehutanan

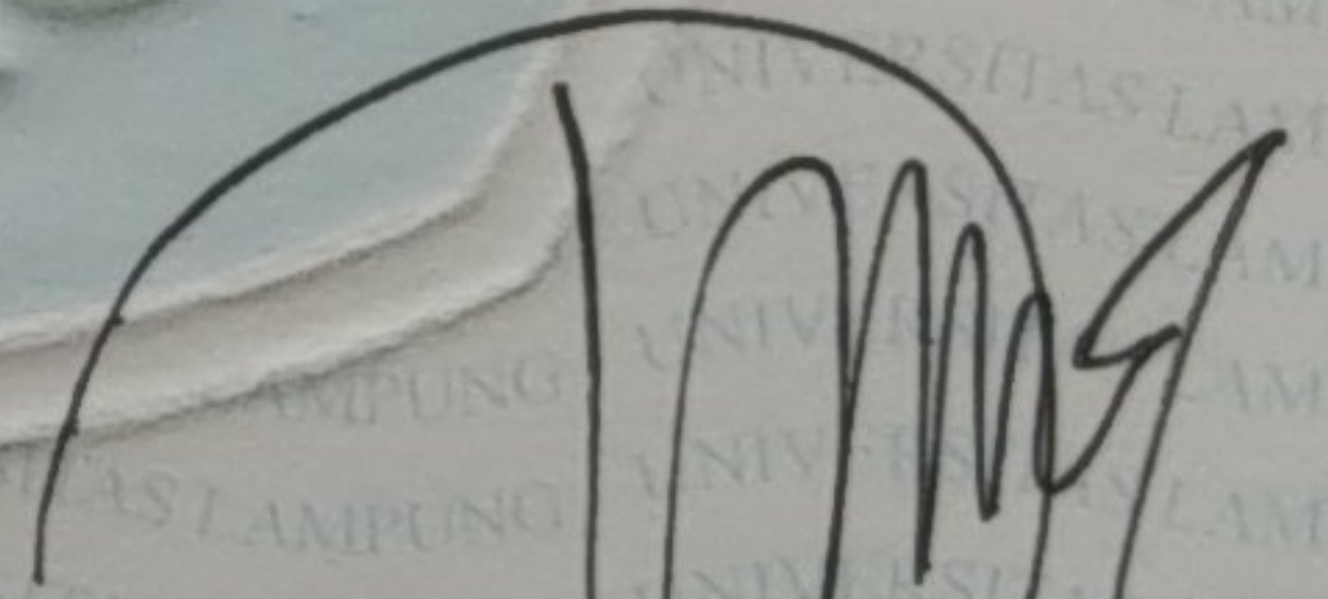
Fakultas : Pertanian

Tanggal Pengajuan : 03 April 2024



1. Komisi Pembimbing


Dr. Melya Riniarti, S.P., M.Si.
NIP 197705032002122002


Duryat, S.Hut., M.Si.
NIP 197802222001121001

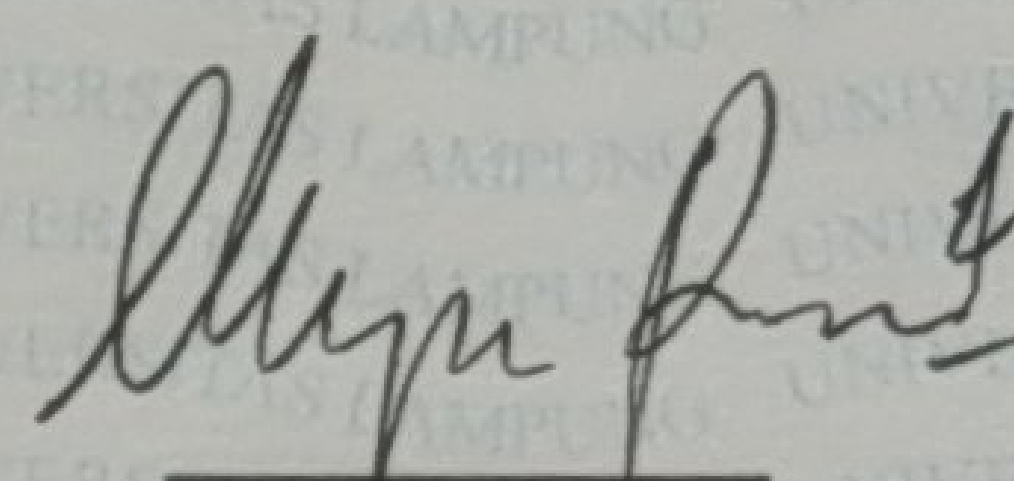
2. Ketua Jurusan Kehutanan


Dr. Hj. Bainah Sari Dewi, S.Hut., M.P., IPM.
NIP 197310121999032001

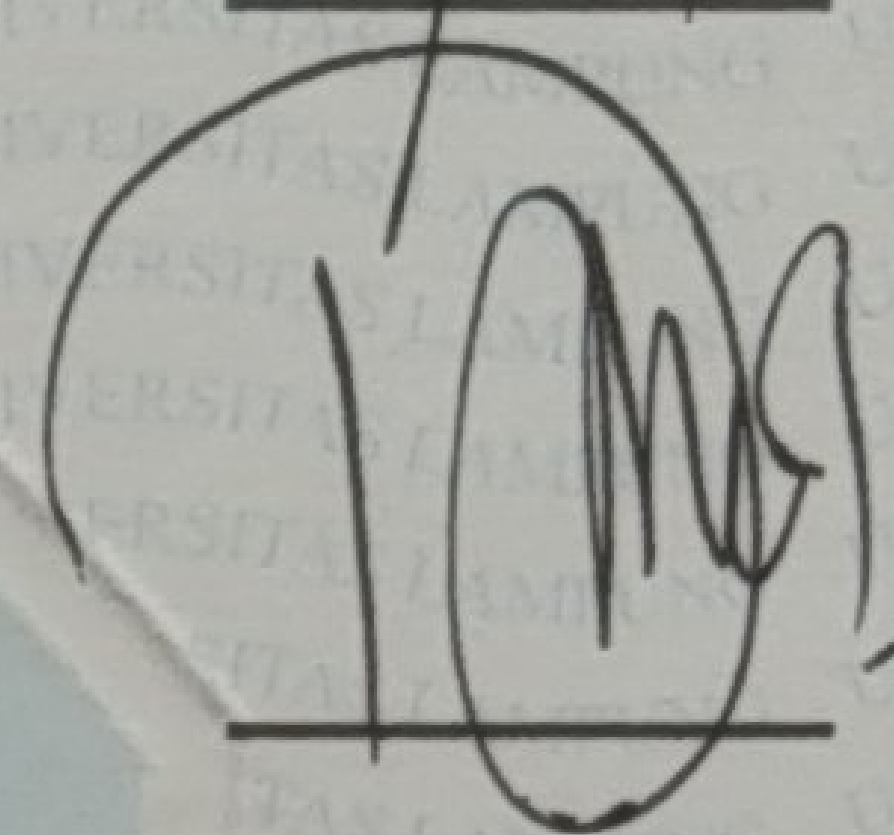
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

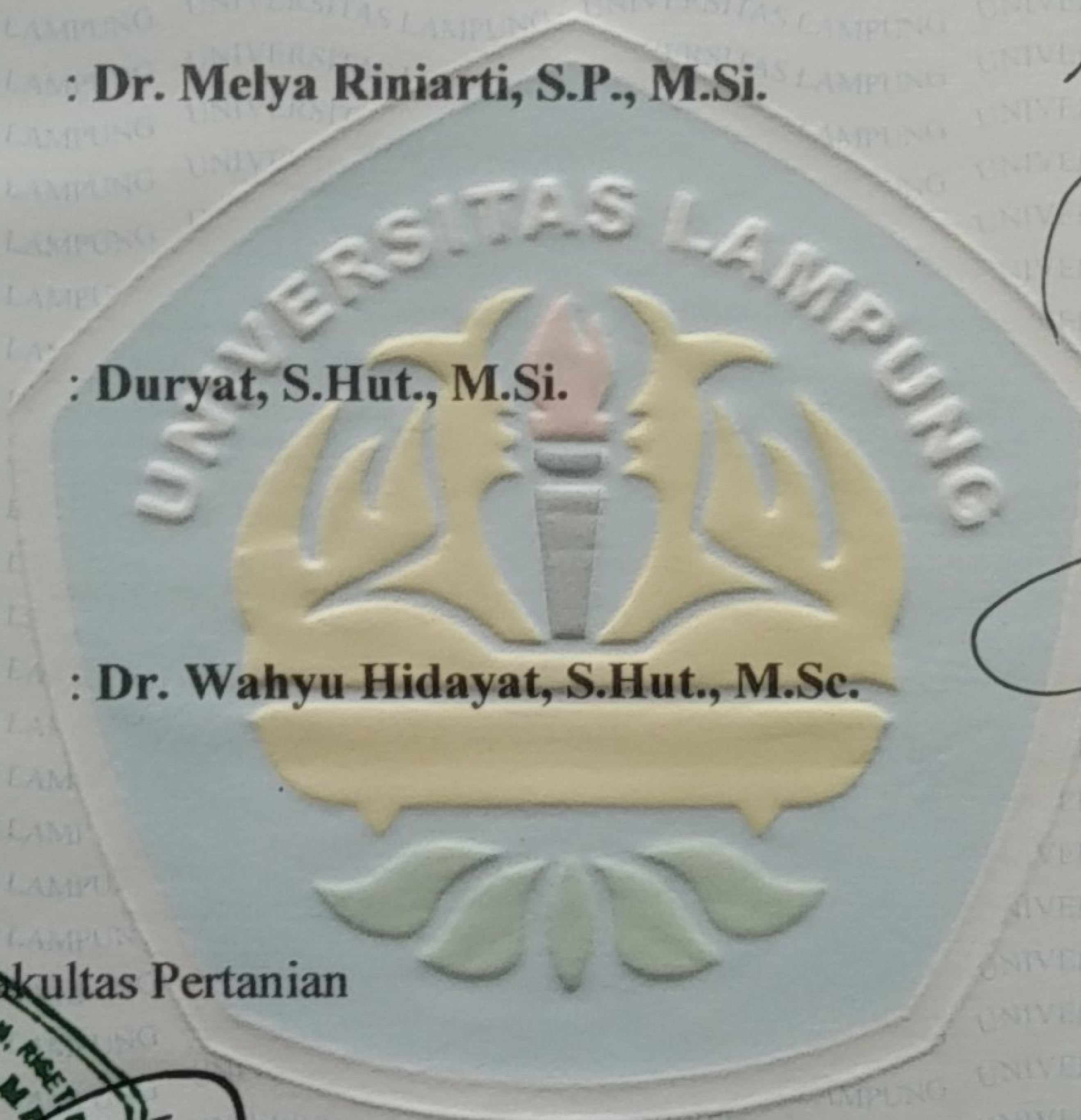
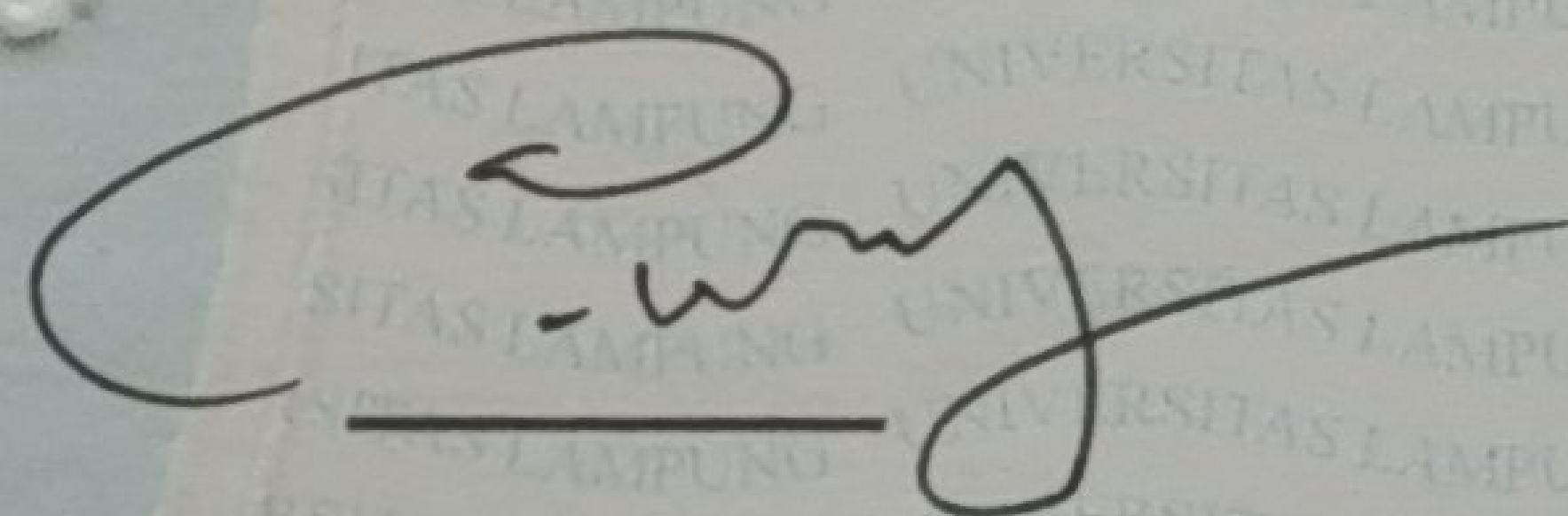
Ketua : Dr. Melya Riniarti, S.P., M.Si.



Sekretaris : Duryat, S.Hut., M.Si.



Anggota : Dr. Wahyu Hidayat, S.Hut., M.Sc.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P
NIP. 19041118 198902 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 07 Februari 2024

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Qori Maulani

NPM : 1914151061

Menyatakan dengan sebenar-benarnya dan sesungguhnya, bahwa skripsi saya yang berjudul:

“EFEKTIVITAS BIOCHAR KAYU MERANTI (*Shorea spp.*) SEBAGAI PEMBENAH TANAH TAILING EMAS DENGAN AGEN FITOREMEDIASI MAHONI DAUN LEBAR (*Swietenia macrophylla*)”.

Adalah benar karya saya sendiri, yang saya susun dengan norma dan etika akademik yang berlaku saat ini. Jika dikemudian hari terbukti pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 03 April 2024

Yang menyatakan,



Qori Maulani
NPM. 1914151061

RIWAYAT HIDUP



Penulis memiliki nama lengkap Qori Maulani dengan panggilan akrab Qori. Lahir di Bandar Lampung, 20 April 2001. Anak pertama dari tiga bersaudara, dari pasangan Bapak Adi Kurniawan dan Ibu Deina Rosye Mamentu. Penulis menempuh pendidikan di Sekolah Dasar (SD) IT Bustanul ‘Ulum 2007-2013. Setelah itu, penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Pertama (SMP) IT Bustanul ‘Ulum tahun 2013-2016. Penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 1 Terbanggi Besar tahun 2016-2019.

Pada tahun 2019 penulis resmi terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui ujian Seleksi Besar Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Tahun 2022 Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari di Desa Gunung Agung, Kecamatan Terusan Nunyai, Kabupaten Lampung Tengah. Penulis melaksanakan Kerja Praktik Umum di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Kampus Universitas Gajah Mada Getas-Ngandong Kabupaten Blora, Jawa Tengah dan di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Kampus Pendidikan Universitas Gajah Mada Wanagama kabupaten Gunung Kidul, Yogyakarta pada Agustus 2022 dengan judul “Pengelolaan Hutan Lestari”. Selama menjadi mahasiswa Jurusan Kehutanan FP Unila, Penulis aktif menjadi anggota organisasi Himpunan Mahasiswa Kehutanan (HIMASYLVA).

*Karya ilmiah ini saya persembahkan kepada orangtua saya
Bapak Adi Kurniawan dan Ibu Deina Rosye Mamentu, kedua adik saya
tersayang dan almamater yang saya banggakan*

SANWACANA

Puji syukur kepada Allah SWT karena atas segala berkat rahmat dan karunia-Nya serta sholawat dan salam tak lupa pula penulis curahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dengan baik yang berjudul “Efektivitas Biochar Kayu Meranti (*Shorea spp.*) Sebagai Pembena Tanah Tailing Emas Dengan Agen Fitoremediasi Mahoni Daun Lebar (*Swietenia macrophylla*)”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi dan menempuh gelar Sarjana Kehutanan di Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Dengan berbagai keterbatasan, disadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini bukan semata mata ditulis berdasarkan kemampuan pribadi, melainkan karena mendapat bantuan dari berbagai pihak sehingga penyusunan skripsi ini bisa terselesaikan dengan baik. Pada kesempatan ini, dengan segala ketulusan hati dan kerendahan hati, terucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
2. Ibu Dr. Hj. Bainah Sari Dewi, S.Hut., M.P.IPM. selaku Ketua Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. Bapak Inggar Damayanti, S.Hut., M.Si. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan motivasi kepada penulis selama menempuh perkuliahan sampai menyusun skripsi.
4. Bapak Dr. Melya Riniarti, S.P., M. Si. selaku dosen pembimbing pertama saya yang telah memberikan arahan, motivasi perhatian, nasihat, dan doa dalam pembuatan skripsi. Sehingga skripsi ini dapat selesai.
5. Bapak Duryat, S.Hut., M.Si. selaku dosen pembimbing dua yang telah memberikan arahan, motivasi, banyak saran, dan masukan serta memberikan

nasihat yang tak henti-hentinya kepada penulis sehingga penulisan karya ini semakin baik.

6. Bapak Dr. Wahyu Hidayat, S.Hut., M.Sc. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik, saran dan masukan serta motivasi kepada penulis dalam penyempurnaan karya ilmiah ini.
7. Segenap dosen Jurusan Kehutanan yang telah memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis selama menuntut ilmu di Jurusan Kehutanan Universitas Lampung.
8. Kedua orang tua dan adik Penulis yang telah memberikan doa, teguran, semangat, motivasi dan memberikan dukungan moril maupun materil hingga Penulis menempuh langkah sejauh ini.
9. Annida Putri Saganta, Noeris Yuniar, Afrindah Sinurat, Juana Martha Putri, Bella Yurida, Fadillah Fauza Hamda, Nabilla Fahra Almega selaku teman-teman yang membantu penulis dalam pengambilan data penelitian.
10. Tia Silvia Sanena, Akbar Riskilillah, M. Yudha Ibnu, Max Pandu Kurniawan selaku teman-teman seperbimbingan yang telah berjuang bersama menyelesaikan skripsi.
11. Kehutanan 2019 (FORMICS) selaku angkatan dan teman seperjuangan penulis yang selalu kebersamai dan saling membantu untuk menyelesaikan perkuliahan.
12. Keluarga besar Jurusan Kehutanan (HIMASYLVA) Universitas Lampung.
13. Serta kepada seluruh pihak yang terlibat dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi secara langsung maupun tidak langsung yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, akan tetapi penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada para pembaca.

Bandar Lampung, 03 April 2024

Qori Maulani

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Kerangka Pemikiran.....	4
1.6 Hipotesis	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Limbah Pengolahan Emas.....	7
2.2 Bioremediasi	8
2.3 Biochar	9
2.4 Kayu Mahoni	10
III. METODE PENELITIAN	13
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	13
3.2 Alat dan Bahan.....	13
3.3 Rancangan Percobaan	13
3.4 Parameter	15
3.5 Pelaksanaan Penelitian.....	17
3.6 Analisis Data.....	18

	Halaman
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Hasil	19
4.1.1 PertambahanTinggi Tanaman	20
4.1.2 Diameter Tanaman	21
4.1.3 Panjang Akar.....	22
4.1.4 Luas Daun	24
4.1.5 Nisbah Pucuk Akar	25
4.2 Pembahasan.....	26
V. SIMPULAN DAN SARAN	28
5.1 Simpulan	28
5.2 Saran	28
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN	36

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kombinasi perlakuan antar dosis <i>tailing</i> dan dosis biochar.....	14
2. Analisis ragam penelitian	18
3. Rekapitulasi Hasil Analisis Ragam.....	19
4. Hasil Anova Pada Nisbah Pucuk Akar.....	26
5. Analisis Ragam Pertambahan Tinggi.....	37
6. Analisis Ragam Pertambahan Diameter	37
7. Analisis Ragam Pertambahan Panjang Akar	37
8. Analisis Ragam Pertambahan Luas Daun.....	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1. Alur Penelitian.....	5
Gambar 2. Tanaman Mahoni.....	11
Gambar 3 Tata letak percobaan dalam rancangan acak lengkap (RAL).....	15
Gambar 4. Pengukuran luas daun dengan <i>leafarea meter</i>	16
Gambar 5. Parameter pertumbuhan diameter tanaman mahoni yang ditanam pada media tanam tailing	20
Gambar 6. Tinggi tanaman mahoni.....	21
Gambar 7. Parameter pertumbuhan diameter tanaman mahoni yang ditanam pada media tanam tailing	22
Gambar 8. Parameter pertambahan panjang akar tanaman mahoni yang ditanam pada media tanam tailing.....	23
Gambar 9. Akar tanaman mahoni	24
Gambar 10. Parameter pertambahan luas daun tanaman mahoni yang ditanam pada media tanam tailing.....	25
Gambar 11 Semai tanaman mahoni	38
Gambar 12 Proses pemindahan tanaman mahoni ke media tanam	38
Gambar 13 Penyiraman pada tanaman mahoni.....	39
Gambar 14 Pengovenan akar dan pucuk mahoni	39

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tailing merupakan limbah yang dihasilkan oleh kegiatan pertambangan. *Tailing* berbentuk limbah lumpur (Gainau, 2019). *Tailing* memiliki kandungan sekitar 50% batuan dan 50% air (Nuriadi dkk., 2013). Hasil ekstraksi *tailing* umumnya masih mengandung beberapa logam berat dengan kadar tertentu sehingga berpotensi merusak lingkungan (Mendez et al., 2007). Beberapa dampak negatif bagi ekologi yang ditimbulkan dari *tailing* adalah penurunan kondisi tanah bekas penambangan berupa hilangnya profil lapisan tanah, pemadatan tanah, kekurangan unsur hara penting, pH rendah, pencemaran oleh logam-logam berat pada lahan bekas tambang, serta penurunan populasi mikroba tanah (Setyaningsih, 2007). Untuk memulihkan kondisi tanah maka diperlukan upaya restorasi lahan.

Salah satu upaya memulihkan kondisi tanah akibat *tailing* adalah dengan teknologi bioremediasi. Bioremediasi merupakan proses penurunan polutan lingkungan sehingga substansi polutan dapat berkurang (Kumar dkk., 2011). Salah satu teknik bioremediasi adalah fitoremediasi. Fitoremediasi adalah penggunaan tanaman dengan tujuan menghilangkan, memindahkan, menstabilkan, hingga menghancurkan polutan, senyawa organik dan anorganik (Nuriadi dkk., 2013). Tanaman yang digunakan untuk fitoremediasi adalah tanaman dengan jenis yang mampu menyerap logam berat dan tahan terhadap pH asam (Fridtriyanda dkk., 2022). Beberapa jenis tanaman yang tahan terhadap tanah asam adalah sungkai (*Peronema canescens*), sengon (*Albizia chinensis*), mahoni (*Swietenia mahagoni*), jabon (*Anthocephalus cadamba*), meranti (*Dipterocarpus Spesi*), gampol (*Melaleuca leucadendra*), kayu putih (*Melaleuca cajuputi*), gempol (*Nuclea orientalis*) dan beringin (*Ficus benjamina*) (Yusmura dkk., 2019). Salah

satu metode untuk meningkatkan keberhasilan fitoremediasi adalah pengaplikasian bahan pembenah tanah.

Biochar merupakan salah satu bahan pembenah tanah yang dapat digunakan dalam meningkatkan kinerja remediasi lingkungan (Ping Wu et al., 2020). Menurut *The International Biochar Initiative* (2012), biochar merupakan limbah biomassa yang dipanaskan dalam lingkungan terbatas oksigen yang disebut proses pirolisis. Biochar merupakan substansi arang kayu yang berpori (*porous*) dan kaya akan karbon. Biochar disebut juga arang hayati. Pembuatan biochar dapat menggunakan limbah pertanian atau kehutanan, seperti limbah gergaji kayu, tempurung kelapa, tandan kelapa sawit, tongkol jagung, sekam padi, dan kulit kayu (Gani, 2009). Biochar mengandung karbon hingga mencapai 80% dan mampu meningkatkan kesuburan tanah hingga dua kali lipat walaupun tanpa aplikasi pupuk (Lehmann dkk, 2006). Biochar sangat bermanfaat sebagai bahan pembenah tanah, seperti meningkatkan kualitas tanah, dan dapat meningkatkan pH tanah atau mengurangi tingkat keasamaan tanah (Widiastuti dan Lantang, 2017). Bahan baku utama dalam pembuatan biochar adalah limbah pemanenan dan penebangan, kayu mati, sisa penggilingan kayu plup dan sebagainya (Lehmann dan Joseph, 2015). Salah satu jenis kayu industri yang diolah menjadi biochar adalah kayu meranti (*Shorea sp.*).

Meranti merupakan salah satu jenis pohon yang berperan penting dalam perdagangan kayu dunia dikarenakan kayu meranti menjadi komoditi utama dalam pembuatan interior, ukiran, dan perabotan rumah. Proses produksi *furniture* tersebut, dapat menghasilkan limbah kayu meranti hingga 44% yang sebagian besar tidak dimanfaatkan dengan baik. Limbah kayu meranti dianggap masih belum bernilai sehingga pemanfaatan limbah kayu meranti mulai dimanfaatkan sebagai sumber xylose, absorban limbah air dan logam, biochar, dan sumber selulosa (Umindaya dkk., 2019). Limbah kayu meranti dapat diubah menjadi biochar karena diperkaya dengan karbon (Ahmad dkk., 2020). Dalam kegiatan fitoremediasi diharapkan tanaman yang di tanam memiliki nilai ekologi, ekonomi, dan sosial sesuai dengan status fungsi lahan. Pada hutan produksi jenis yang dipilih harus memiliki nilai ekonomi yang tinggi.

Salah satu tumbuhan yang memiliki nilai ekonomi tinggi adalah tanaman mahoni. Kayu mahoni dapat digunakan sebagai bahan konstruksi, kayu lapis (*plywood/ veneer*), mebel (*furniture*), panel, *frame*, lantai (*flooring*), bodi mobil, interior perahu, *moulding*, dan lain-lain. Mahoni dapat berpotensi sebagai tanaman fitoremediasi (Hindratmo dkk., 2019). Mahoni dapat hidup pada tanah yang sedikit asam sampai basa, tanah gersang, atau marginal. Mahoni dapat tumbuh dan bertahan hidup pada lahan pasca tambang sekitar 88% hingga 95% (Allo, 2016), mudah tumbuh dengan biomassa dan diameter batang yang besar, sehingga kemungkinan dapat menyerap limbah.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh pemberian biochar meranti terhadap pertumbuhan semai mahoni daun lebar yang tercemar *tailing*?
2. Berapakah dosis biochar yang dapat memberikan pertumbuhan paling optimal terhadap mahoni daun lebar?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mendapatkan efektifitas biochar kayu meranti dalam pertumbuhan mahoni daun lebar.
2. Mendapatkan dosis optimal aplikasi biochar kayu meranti sebagai pembenah tanah untuk meningkatkan pertumbuhan mahoni daun lebar pada tanah *tailing* emas.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menambah pengetahuan dan sebagai referensi bagi peneliti selanjutnya mengenai aplikasi biochar pada tanah tercemar *tailing*.

2. Menambah alternatif fitoremediasi terhadap perbaikan tanah tercemar *tailing* menggunakan tanaman mahoni daun lebar.

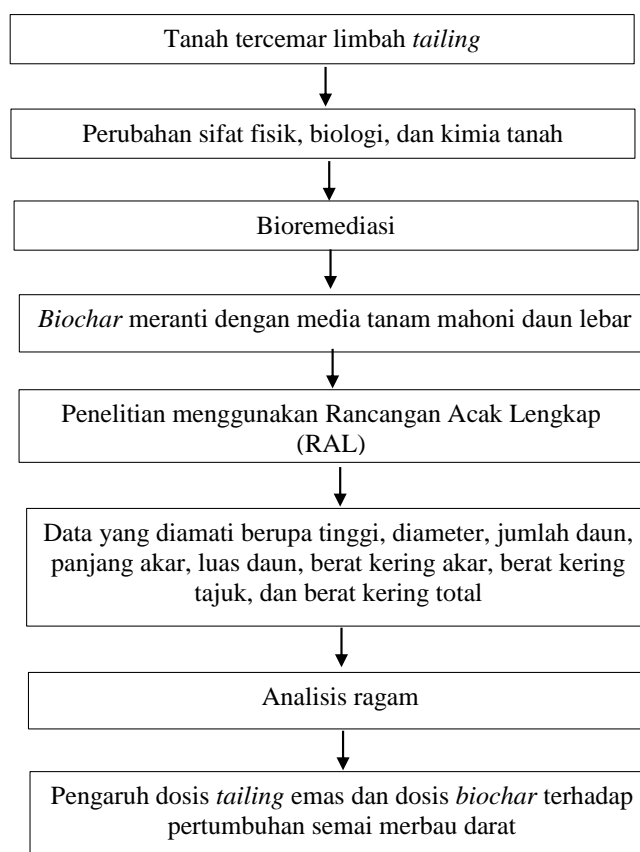
1.5 Kerangka Pemikiran

Penambangan emas selain menghasilkan emas sebagai produk utamanya, juga menghasilkan limbah berupa tanah bekas pengolahan (*tailing*) (Syofiani dan Oktabriana, 2017). Kegiatan penambangan dapat mengakibatkan hilangnya profil lapisan tanah, pemadatan tanah (tingginya tingkat *bulk density*), kekurangan unsur hara penting, pH rendah, pencemaran oleh logam-logam berat pada lahan bekas tambang, serta penurunan populasi mikroba tanah (Setyaningsih, 2007). Pemberian bahan organik dapat meningkatkan unsur hara dalam tanah yang tercemar limbah *tailing*. Salah satu metode yang dapat dilakukan untuk pembebasan kondisi kimia tanah dari unsur logam berat adalah dengan bioremediasi.

Pemberian biochar dalam teknik bioremediasi dapat meningkatkan kinerjanya dalam remediasi lingkungan (Ping Wu et al., 2020). Zhang et al. (2012) menyatakan biochar sebagai pembenah tanah dapat meningkatkan kualitas fisik dan kimia tanah, penyerapan karbon meningkat dan filtrasi penyerapan air tanah terutama tanah pertanian. Cho et al. (2017) menambahkan, penambahan biochar telah disarankan untuk mengurangi dampak negatif limbah biomassa hutan dari proses penjarangan, pemanenan maupun produksi. Pengolahan limbah menjadi biochar dapat membantu pengurangan lahan pembuangan limbah dan efektif untuk menyelesaikan masalah limbah industri dalam segi biaya dan masalah lingkungan (Kresnawaty dkk., 2017). Ahmad dkk. (2020) menyatakan serbuk gergaji kayu meranti mudah terurai secara hayati, tekstur relatif keras dan kaya akan karbon (C).

Pemberian biochar sekam padi dengan dosis 0 ton/ha, 5 ton/ha, 15 ton/ha, 20 ton/ha, 25 ton/ha memberikan hasil bahwa dosis aplikasi biochar sekam padi 20 ton/ha dapat menurunkan konsentrasi Hg pada tanah tercemar hingga 75% (dari 12,82 ppm menjadi 4,20 ppm) (Maulana dkk., 2020). Pada penelitian Asmara dkk. (2021) penambahan biochar meranti terhadap simbiosis rhizobium dan akar sengon laut (*Paraserianthes falcataria*) dapat meningkatkan interaksi

antara rhizobium dengan akar sengon laut yang ditandai dengan meningkatnya jumlah bintil akar dan persentase bintil efektif. Biochar dilaporkan dapat menjadi pembawa yang menguntungkan untuk mikroba pemacu pertumbuhan tanaman, dan peningkatan biomassa tanaman (Chen, 2020). Penggunaan bioremediasi dengan mikroorganisme pada tanah terpolutan biasanya dilakukan dengan inokulasi mikroba secara langsung atau menggunakan mikroba imobile yang memanfaatkan media tertentu sebagai agen pembawanya. Bahan pembawa yang digunakan untuk imobilisasi sel mikroba umumnya terdiri dari bahan alami (misalnya aktif *sludge*, *zeolite*, dan *diatomite*), bahan makromolekul sintetik (misalnya, polivinil alkohol, poliuretan, dan akrilamida), bahan anorganik buatan (misalnya, keramik berpori dan karbon aktif), dan bahan komposit (misalnya, mikrokapsul alginat-kitosan-karbon). Alur pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian

1.6 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Aplikasi biochar kayu meranti dapat meningkatkan pertumbuhan mahoni daun lebar pada media tanam *tailing* emas.
2. Dosis biochar 10% dapat meningkatkan pertumbuhan mahoni daun lebar pada media tanam *tailing* emas.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Pengolahan Emas

Penambangan emas selain menghasilkan emas sebagai produk utamanya, juga menghasilkan limbah berupa tanah bekas pengolahan (*tailing*). Menurut Fauziyah (2009), *tailing* adalah limbah (lumpur) yang dihasilkan dari kegiatan pengolahan pertambangan emas dalam jumlah banyak, dan dapat menjadi masalah yang sangat serius, yaitu menurunnya kualitas tanah, karena *tailing* dibuang begitu saja tanpa proses pengolahan lebih lanjut. Umumnya *tailing* masih mengandung logam berat. *Tailing* terjadi karena tidak ada proses yang 100% efisien sehingga material yang tidak terpulihkan atau tidak ekonomis akan terbuang berbentuk slurry atau lumpur (Prasetyo, 2008). Secara fisik komposisi *tailing* terdiri dari 50% fraksi pasir halus dengan diameter 0,075-0,4 mm, dan sisanya berupa fraksi lempung dengan diameter 0,075 mm. *Tailing* hasil penambangan emas umumnya mengandung mineral *inert* (tidak aktif) seperti kuarsa, kalsit dan berbagai jenis aluminosilikat, serta masih mengandung emas, juga mengandung beberapa bahan berbahaya beracun seperti arsen, kadmium, timbal, merkuri, sianida dan lainnya (Riogilang dan Masloman, 2009). Tanah *tailing* ini akan mengganggu ekosistem suatu lingkungan, menyebabkan kualitas dan produktivitas lingkungan menurun (Green dan Renault, 2007) sehingga sistem ekologi akan mengalami kerusakan. Umumnya, *tailing* sangat miskin unsur hara terutama nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K).

Tailing berpotensi menurunkan tingkat kesuburan tanah dan menyebabkan keracunan bagi tanaman sehingga menyulitkan tanaman untuk tumbuh. Sebagai media tumbuh tanaman, bahan *tailing* mempunyai banyak kendala baik fisik maupun kimia. Secara fisik bahan *tailing* relatif bertekstur kasar, berbutir tunggal tidak membentuk agregat seperti tanah. Hal ini mengakibatkan daya menahan air

yang dimiliki *tailing* sangat rendah. Secara kimia, bahan *tailing* tidak mengandung koloid sama sekali, akibatnya kapasitas tukar kation (KTK), kandungan unsur hara, dan kemampuan menahan hara menjadi rendah. Selain itu, unsur logam mikro tinggi karena merupakan bahan sisa tambang, yang kemungkinan dapat meracuni tumbuhan, hewan, maupun manusia. Kondisi ini menyebabkan rendahnya aktivitas mikroorganisme (Lesmanawati, 2005).

Tailing tambang emas yang digunakan sebagai media tanam ini memiliki kandungan unsur hara esensial yang sangat rendah. Unsur hara esensial adalah unsur hara yang sangat diperlukan oleh tanaman, bila di dalam tanah jumlahnya tidak tercukupi maka tanaman tidak dapat tumbuh dengan normal. Nitrogen merupakan hara makro utama yang sangat penting untuk pertumbuhan tanaman. Menurut Fitter dan Hay (1992), terhambatnya pertumbuhan tanaman dikarenakan adanya cekaman logam berat yaitu Hg sehingga pertumbuhan dan perkembangan jaringan pada akar terhambat. Dalam penelitian Hidayati dkk. (2006), kandungan Hg pada *tailing* sangat tinggi hingga 21,66 ppm dan logam Cn 0,005 ppm.

2.2 Bioremediasi

Bioremediasi merupakan teknik remediasi yang bertujuan untuk mendegradasi atau mendetoksifikasi baik itu polutan organik maupun anorganik dengan menggunakan agen biologi seperti ganggang, cendawan, bakteri dan tanaman. Bioremediasi dikenal sebagai teknik remediasi yang ramah lingkungan dan lebih ekonomis dibanding teknik lain seperti fisika dan kimia. Dalam proses bioremediasi, limbah atau polutan diubah atau didegradasi secara lengkap dengan produk akhir senyawa anorganik seperti karbon dioksida, air, dan metana (Lukic et al., 2017). Bioremediasi adalah proses yang menggunakan mekanisme biologi untuk mengurangi konsentrasi polutan atau zat pencemar ke level tidak berbahaya baik melalui proses degradasi, detoksifikasi, mineralisasi ataupun transformasi (Azubuike et al., 2016).

Efektivitas bioremediasi tergantung pada kemampuan metabolisme mikroba dalam menurunkan/ mendetoksifikasi atau mengubah polutan, yang juga dipengaruhi oleh aksesibilitas dan bioavailabilitas polutan. Sedangkan efektivitas mikroorganisme dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti substrat (jenis dan

tipe senyawa yang didegradasi), suhu dan kelembaban. Dalam proses bioremediasi, reaksi-reaksi biologis yang utama adalah reaksi metabolisme sel. Senyawa polutan yang berbahaya dapat didegradasi oleh mikroorganisme baik di dalam ataupun diluar sel melalui reaksi redoks. Reaksi ini dikatalisis oleh enzim-enzim mikrobial yang dihasilkan mikroorganisme (Rahayu, 2005).

Fitoremediasi merupakan pemanfaatan tumbuhan untuk menghilangkan polutan dari tanah atau perairan yang terkontaminasi. Semua tumbuhan mampu menyerap logam dalam jumlah yang bervariasi tetapi beberapa tumbuhan mampu mengakumulasi unsur logam tertentu dalam konsentrasi yang cukup tinggi (Liswara dan Dewi, 2019). Tanaman fitoremediasi memiliki karakter spesifik, yaitu toleran terhadap tingkat logam tinggi, logam mampu terakumulasi cukup tinggi dalam jaringan tanaman di atas tanah, tingkat pertumbuhan cepat, mampu menghasilkan biomassa yang cukup tinggi, dan memiliki sistem akar yang kuat (Alkorta et al., 2004).

2.3 Biochar

Biochar adalah bahan padat yang terbentuk selama termodekomposisi kimia biomassa yang didefinisikan sebagai bahan padat yang diperoleh dari karbonisasi biomassa (Cha et al., 2016). Biochar merupakan salah satu pembenah tanah yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, mempertahankan nutrisi (Cho et al., 2017), menyediakan unsur hara lainnya serta memperbaiki sifat fisik dan biologi tanah (Glaser et al., 2002). Fungsi penting biochar sebagai kondisioner tanah untuk memperbaiki sifat fisik tanah (Devereux et al., 2012). Ini karena luas permukaan biochar yang meningkat penyerapan air, perubahan struktur tanah (Troeh dan Thompson, 2005), dan perbaikan aerasi dan drainase (Kolb et al., 2009). Nigussie et al. (2012) menyatakan bahwa penambahan biochar membantu memperbaiki sifat-sifat tanah dengan adanya unsur hara dan abu pada biochar dengan luas permukaan yang besar, sifat poros, dan kemampuan berperan sebagai media mikroorganisme.

Biochar sudah terbukti sangat bermanfaat sebagai bahan pembenah tanah dan meningkatkan kualitas lahan pertanian, mampu mengurangi sampah biomassa, dapat digunakan sebagai bahan bakar seperti briket, dan dapat

meningkatkan pH tanah atau mengurangi tingkat keasamaan tanah. Selain penggunaan biochar secara langsung, aplikasi di lahan pertanian dapat meningkatkan pendapatan petani dengan hasil panen yang meningkat dan mengurangi pencemaran tanah dan air akibat pencucian pupuk di tanah (Maghdalena dan Lantang, 2017). Pengaruh biochar terhadap produktivitas tanaman bergantung pada jumlah yang ditambahkan. Dengan pemberian 0,4-8,0 t C/ha pada berbagai tanaman terjadi peningkatan produktivitas yang nyata berkisar antara 20-220%, dengan produksi biomassa mencapai 120-320% dibanding kontrol (Lehmann dkk., 2006).

Biochar dapat dihasilkan dari sistem pirolisis atau gasifikasi. Pada sistem pirolisis, biochar yang dihasilkan sebagian besar dalam keadaan tanpa oksigen dan paling sering dengan sumber panas dari luar, sedangkan pada sistem gasifikasi hanya sedikit biochar yang dihasilkan. Produksi biochar yang optimal adalah dalam keadaan tanpa oksigen. Bahan baku biochar sebagian besar adalah limbah dari pertanian dan kehutanan seperti penggergajian, kayu mati, kayu, dan pelet kayu (Lehmann dan Joseph, 2015). Biochar dapat dipengaruhi oleh kondisi pirolisis spesifik yang diterapkan, termasuk faktor-faktor seperti suhu dan waktu tinggal, yang dapat memengaruhi hasil biochar dan komposisi kimia (Makavana et al., 2020). Mengontrol suhu dan waktu tinggal pada proses pirolisis dapat menghasilkan produk biochar dengan sifat tertentu. Oleh karena itu, sangat penting untuk mempertimbangkan faktor-faktor ini ketika menyiapkan proses pirolisis untuk menghasilkan produk biochar yang diinginkan. Suhu pirolisis dalam produksi biochar sangat penting karena mempengaruhi hasil, sifat, dan kualitas biochar (Rani dkk., 2023).

2.4 Kayu Mahoni

Menurut Cronquist (1981), klasifikasi kayu Mahoni (*Swietenia macrophylla*) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae

Divisi : Magnoliophyta

Kelas : Magnoliopsida

Ordo : Sapindales
Famili : Meliaceae
Genus : Swietenia
Spesies : *Swietenia macrophylla*



Gambar 2. Tanaman Mahoni

Mahoni merupakan jenis tumbuhan eksotik di Indonesia. Secara alami mahoni tersebar di Amerika dan mulai ditanam di Indonesia sejak tahun 1870-an oleh Belanda (Krisnawati dkk., 2011). Tumbuhan mahoni (*Swietenia macrophylla*) dapat berkembang dengan baik di wilayah tropis. Mahoni banyak digunakan untuk program penghijauan di pinggir jalan, pemukiman, sepadan sungai, dan perkantoran.

Krisnawati dkk. (2011) mengatakan bahwa jenis ini telah banyak dikembangkan dalam bentuk hutan rakyat oleh masyarakat di Kalimantan Selatan dan Nusa Tenggara karena memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi dan mahoni juga telah dikembangkan cukup luas oleh Perum Perhutani di Pulau Jawa. Mahoni memiliki keunggulan, yaitu dapat dikembangkan pada berbagai jenis tanah yang relatif gersang, musim kering yang cukup panjang dan hidup sampai ketinggian 1.500 m di atas permukaan laut (Mindawati dan Megawati, 2013). Kemudian penelitian Krisnawati dkk., (2011) mengatakan bahwa rata-rata riap volume

tahunan mahoni umur 15-30 tahun pada tanah dengan kesuburan sedang berkisar antara 7,7-19,3 m³/ha/tahun.

Mahoni termasuk tumbuhan dikotil dengan ciri berdaun majemuk menyirip genap, dimana tiap helainya berbentuk bulat telur dengan ujung dan pangkalnya meruncing, serta memiliki panjang 3-15 cm dengan tulang daun menyirip. Tumbuhan ini berakar tunggang, berbatang bulat dengan tinggi 5-25 m, bercabang banyak dan bergetah. Pada umumnya, mahoni ditanam dalam lubang berukuran (40×40×50) cm³ dengan jarak antar lubang sekitar 5-7 m. Tumbuhan ini dapat dipanen saat berusia 15 tahun agar dapat dimanfaatkan sebagai penghasil kayu keras untuk perabot rumah tangga dan ukiran yang memiliki ketahanan terhadap rendaman air (Prasetyono, 2012).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Rumah Kaca Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Penelitian dilakukan selama 4 bulan dimulai dari bulan Mei hingga September 2023.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah oven listrik, polybag ukuran 15x30 cm², penggaris dengan ketelitian 1 mm untuk mengukur perubahan tinggi dan panjang akar, benang, *caliper* untuk pengukuran diameter bibit, timbangan untuk mengukur bobot basah dan kering bibit, *leafarea meter* untuk mengukur luas daun, kamera, dan label. Sedangkan bahan yang digunakan adalah bibit Mahoni daun lebar, *topsoil*, *tailing* tambang emas yang berasal dari Desa Bunut Kabupaten Pesawaran, dan biochar meranti.

3.3 Rancangan Percobaan

Penelitian ini di *design* dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dua perlakuan. Perlakuan pertama dengan dosis *tailing* emas dengan 3 taraf (T0=0% *tailing*, T1=25% *tailing*, T2=50%). Perlakuan kedua pemberian dosis biochar dengan 4 taraf (B0=0% biochar, B1=5% biochar, B2=10% biochar, dan B3=15% biochar) dengan perbandingan berat. Jumlah kombinasi perlakuan dari penelitian ini adalah kombinasi antar dosis dari seluruh taraf perlakuan yaitu 3x4 kombinasi

atau 12 kombinasi. Kombinasi perlakuan antar dosis *tailing* dan dosis biochar dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Kombinasi perlakuan antar dosis *tailing* dan dosis biochar

Dosis <i>Tailing</i>	Dosis Biochar			
	B0	B1	B2	B3
T0	T0B0	T0B1	T0B2	T0B3
T1	T1B0	T1B1	T1B2	T1B3
T2	T2B0	T2B1	T2B2	T2B3

Keterangan

T0B0: *tailing* dosis 0%+biochar dosis 0%

T1B0: *tailing* dosis 25%+biochar dosis 0%

T2B0: *tailing* dosis 50%+biochar dosis 0%

T0B1: *tailing* dosis 0%+biochar dosis 5%

T1B1: *tailing* dosis 25%+biochar dosis 5%

T2B1: *tailing* dosis 50%+biochar dosis 5%

T0B2: *tailing* dosis 0%+biochar dosis 10%

T1B2: *tailing* dosis 25%+biochar dosis 10%

T2B2: *tailing* dosis 50%+biochar dosis 10%

T0B3: *tailing* dosis 0%+biochar dosis 15%

T1B3: *tailing* dosis 25%+biochar dosis 15%

T2B3: *tailing* dosis 50%+biochar dosis 15%

Pada masing-masing kombinasi perlakuan dilakukan 4 kali ulangan menggunakan semai mahoni daun lebar sehingga jumlah unit sampel yang digunakan adalah 48 unit percobaan. Tata letak dari rancangan acak lengkap menggunakan semai mahoni daun lebar dapat dilihat pada gambar 2.

A2M2	A1K2	A3N1	A1L1
A3K4	A2K4	A3L3	A2N2
A1L2	A2K1	A2L3	A1M4
A2K3	A1N4	A1M3	A3M3
A2M4	A1M2	A1K2	A1N2
A3N4	A1N3	A2K2	A1N2
A2L4	A3N3	A3M4	A1K3
A2L2	A1N3	A1K1	A3L2
A3L4	A2M3	A2M1	A3M2
A2L1	A1K4	A3L1	A2L3
A3N2	A3K3	A1L4	A3M1
A1M1	A2N4	A3K1	A2N1

Gambar 3 Tata letak percobaan dalam rancangan acak lengkap (RAL).

3.4 Parameter

1. Penambahan tinggi (cm)

Pengukuran tinggi dimulai dari kolet sampai dengan buku-buku batang (nodus) teratas dengan menggunakan penggaris. Kolet adalah daerah perbatasan antara hipokotil dan akar. Pengukuran tinggi tanaman dilakukan setiap empat minggu sekali.

2. Penambahan diameter (mm)

Diameter batang diukur dari kolet dengan menggunakan kapiler digital. Pengukuran dilakukan setiap empat minggu sekali.

3. Jumlah daun

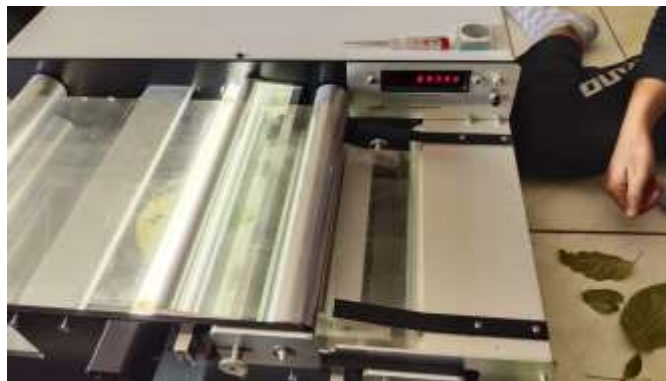
Jumlah daun dihitung pada masing-masing bibit setiap empat minggu sekali.

4. Panjang akar (cm)

Panjang akar tanaman diukur mulai pangkal akar hingga ujung akar terpanjang menggunakan menang dengan mengikuti bentuk akar dan kemudian benang diukur menggunakan penggaris. Pengukuran panjang akar dilakukan pada awal pengamatan yaitu sebelum dipindahkan ke dalam polybag dan akhir pengamatan.

5. Luas daun

Luas daun dihitung menggunakan alat *leafarea meter*. Daun dipotong terlebih dahulu dari tangkainya kemudian dimasukkan ke alat *leafarea meter* satu per satu dengan satu tanaman satu kali pengukuran. Pengukuran dilakukan pada akhir penelitian.



Gambar 4. Pengukuran luas daun dengan *leafarea meter*

6. Berat kering akar dan berat kering tajuk (gram)

Berat kering akar dan berat kering tajuk didapatkan pada akhir penelitian. Bagian tajuk dan akar dipisahkan dengan cara memotong tanaman pada bagian kolet tanaman. Kemudian kedua bagian tersebut di oven dengan suhu 80°C sampai beratnya konstan. Setelah beratnya konstan ditimbang dengan menggunakan *caliper* digital. Bobot kering tajuk mencerminkan pertumbuhan dan perkembangan semai mahoni.

7. Berat kering total (gram)

Pengukuran bobot kering bibit dilakukan di akhir pengamatan. Berat kering total diketahui dengan cara menjumlahkan berat kering akar dan berat kering tajuk. Berat kering total dihitung untuk mengetahui unsur hara yang terserap oleh semai mahoni.

8. Nisbah Pucuk Akar

Nisbah pucuk akar adalah perbandingan antara bobot kering tanaman bagian atas (pucuk) dengan bobot kering tanaman bagian bawah (akar) dari tanaman. Pengukuran dilakukan setelah tanaman dipanen dengan cara memotong bagian akar dan tajuk tanaman kemudian dibungkus dengan kertas koran lalu di oven sampai bobot konstan. Perhitungan nisbah pucuk akar dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{NPA} = \frac{\text{Bobot kering pucuk tanaman (g)}}{\text{Bobot kering akar tanaman (g)}}$$

3.5 Pelaksanaan Penelitian

1. Persiapan media *tailing*

Tailing yang digunakan merupakan *tailing* emas yang baru dan bukan *tailing* hasil endapan. *Tailing* emas diperoleh dari pertambangan emas ilegal yang dilakukan masyarakat di Desa Bunut Kabupaten Pesawaran.

2. Persiapan biochar

Biochar diproduksi dari limbah kayu meranti dengan menggunakan tungku komersial pada suhu 600°C. Biochar selanjutnya dihancurkan dan diayak untuk mendapatkan ukuran yang seragam dan sesuai untuk dicampurkan dengan media tanam.

3. Persiapan media tanam

Untuk media tanam dilakukan pencampuran terlebih dahulu antara biochar dan *tailing* emas dengan dosis yang telah ditetapkan. Tanah yang digunakan diambil dari Laboratorium Lapangan Terpadu Pertanian Universitas Lampung, berupa *topsoil* (0-20 cm) di permukaan tanah. Media tanam *tailing* emas kemudian ditambahkan biochar kayu meranti dengan dosis yang telah ditetapkan. Masing-masing media tanam dicampurkan dengan perbandingan berat. Media tanam yang dikombinasikan selanjutnya dimasukkan ke dalam polybag 15x30 cm².

4. Penanaman

Benih mahoni dipindahkan ke dalam polybag yang telah diisi media tanam berupa campuran tanah *topsoil*, *tailing*, dan biochar meranti. Waktu

penyapihan dilaksanakan pada pagi dan sore hari untuk mengurangi terjadinya penguapan. Penyapihan dilakukan saat bibit dalam kondisi sehat, pertumbuhan yang normal, dan tinggi yang seragam.

5. Perawatan

Kegiatan perawatan berupa penyiraman 1 kali sehari dan pengecekan kondisi tanaman yang dilakukan setiap hari.

3.6 Analisis Data

Analisis data yang dilakukan adalah analisis homogenitas untuk mengetahui apakah data yang sudah didapatkan berada pada *range* yang sama dengan menggunakan uji barlett kemudian dilakukan analisis ragam untuk menguji hipotesis tentang aplikasi dosis *tailing* dan dosis biochar pada semai merbau darat untuk melihat pengaruh dari dosis dosis tersebut terhadap pertumbuhan semai mahoni. Analisis yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Analisis ragam penelitian

SK	DB	JK	KT	Fhitung	Ftabel 0,05
A	a-1	JKA	JKA/DBA	KTA/KTG	
B	b-1	JKB	JKB/DBB	KTB/KTG	
AB	(a-1)(b-1)	JKAB	JKAB/DBAB	KTAB/KTG	
Galat	Ab(u-1)	JKG	JKG/DKG		
Total	Abu-1	JKT			

Keterangan:

SK	: Sumber Keragaman	JKA	: Jumlah Kuadrat A
DB	: Derajat Bebas	JKB	: Jumlah Kuadrat b
JK	:Jumlah Kuadrat	JKAB	: Jumlah Kuadrat AB
KT	: Kuadrat Tengah	JKG	: Jumlah Kuadrat Galat
A	: Faktor Pertama	JKT	: Jumlah Kuadart Total
B	: Faktor Kedua	KTA	: Kuadrat Tengah A
AB	: Kombinasi Faktor 1 dan 2	KTB	: Kuadrat Tengah B
a	: Jumlah Perlakuan A	KTAB	: Kuadrat Tengah AB
b	: Jumlah Perlakuan B	KTG	: Kuadrat Tengah Galat
u	: Jumlah Ulangan		

Setelah mengetahui hasil perhitungan analisis ragam, nilai tengah perlakuan akan diuji lanjut dengan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ), uji ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dosis *tailing* dan biochar yang diberikan terhadap pertumbuhan semai mahoni daun lebar.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Simpulan yang diperoleh berdasarkan hasil penelitian adalah sebagai berikut.

1. Penambahan biochar kayu meranti terbukti meningkatkan pertumbuhan tinggi, diameter, panjang akar, dan luas daun semai mahoni daun lebar pada media *tailing*.
2. Aplikasi biochar dengan dosis 10% terbukti mampu untuk meningkatkan pertumbuhan tinggi, diameter, panjang akar, dan luas daun semai mahoni daun lebar lebih baik pada tanah yang tercemar *tailing*.

5.2 Saran

Penelitian ini belum menganalisis mengenai kandungan unsur hara pada tanah secara langsung dengan metode uji laboratorium. Padahal uji ini penting untuk mengetahui status hara yang sesungguhnya oleh karena itu, dibutuhkan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh biochar terhadap kandungan unsur hara pada tanah yang tercemar *tailing*. Selain itu, dapat juga dilakukan pada jenis tanaman kehutanan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, M.A., Yusop, M.F.M., Tan, S.H. 2020. Activated carbon from meranti wood sawdust waste prepared by microwave heating for dye removal. *Advances in Waste Processing Technology* (pp. 61-87). Springer. Singapore. 221 hlm.
- Allo, M, K. 2016. Kondisi sifat fisik dan kimia tanah pada bekas tambang nikel serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan trengguli dan mahoni. *Jurnal Hutan Tropis* 4(2): 207–217.
- Alkorta, I., Hernandez-Allicia, J., Becerril, J.M., Amezaga, I., Albizu, I., Garbisu, C. 2004. *Recent Findings On The Phytoremediation Of Soils Contaminated With Environmentally Toxic Heavy Metals And Metalloids Such As Zinc, Cadmium, Lead, And Arsenic*. Rev. Environ. Sci. Biotechnol. 2: 71-91.
- Asmara, A., Riniarti, M., Prasetia, H., Hidayat, W., Niswati, A., Sukri, I., Hasanudin, U. 2021. Pengaruh biochar pada simbiosis rhizobium dan akar sengon laut (*Paraserianthes falcataria*) dalam media tanam. *Jopfe Journal*. Vol. 1(1): 11-20.
- Berek., A. K. 2017. Perbaikan pertumbuhan dan hasil kacang tanah di tanah entisol semiarid melalui aplikasi biochar. *Portal Jurnal Unimor*. Vol. 2(3): 56-58.
- Blanco., Canqui, H., Lal, R. 2014. Mechanisms of carbon sequestration in soil aggregates. *Cri. Rev. in Palnt SCI*. Vol. 23(6): 481-504.
- Azubuiké, C.C., Chikere, C.B., Okpokwasii, G.C. 2016. Bioremediation techniques-classification based on site of application: principles, advantages, limitations and prospects. *World J Microbiol Biotechnol*. 32:180.
- Fridtriyanda, A., Dwiriawan, H., Herniti, D. 2022. *Studi Literatur Jenis Tanaman Pengelola Air Asam Tambang Batubara Dengan Cara Fitoremediasi Pada Sistem Lahan Basah Buatan*. Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi XVII Tahun 2022 (ReTII). 494-500.

- Cha, J.S., Park, S.H., Jung, S.C., Ryu, C., Jeon, J.K., Shin, M.C. 2016. Production and utilization of biochar: A review. *J Ind Eng Chem*.40:1–15.
- Chen, T. U., Jing, W., Feng, G., Ying, L., Yuhuan, S., Yongming, L. 2020. *Biochar and Bacteria Inoculated Biochar Enhanced Cd And Cu Immobilization And Enzymatic Activity In A Polluted Soil*. *Environment International* 137 105576.
- Cronquist, A. 1981. *An Integrated System Of Classification Of Flowering Plants*. Columbia University Press. New York. Hal. 5-6
- Cho, M.S., Meng, L., Song, J.H., Han, S. H., Bae, K., Park, B. B. 2017. The effects of biochars on the growth of *Zelkova serrata* seedlings in a containerized seedling production system. *Forest science and technology*. 13 (1): 25-30.
- Devereux, R.C., Sturrock, C.J., Mooney, S.J. 2012. The effects of biochar on soil physical properties and winter wheat growth. *Earth Environ Sci Trans R Soc Edinburgh*.103(1):13–8.
- Elizabet, T., Hidayatullh, T., Mardiana, E. 2020. Aplikasi biochar dan pupuk kandang terhadap budidaya bawang merah di tanah inceptisol kebun percobaan politeknik pembangunan pertanian medan. *Jurnal Agrica Ekstensia*. Vol.14(1): 49-53.
- Fauziah, A.B. 2009. *Pengaruh Asam Humat Dan Kompos Aktif Untuk Memperbaiki Sifat Tailing Dengan Indikator Pertumbuhan Tinggi Semai Enterolobium Cyclocarpum Griseb Dan Altingla Excelsa Noronhae*. Skripsi. Departemen Silvikultur. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Fitter, A.H., Hay. 1992. *Fisiologi Lingkungan Tanaman*. Universitas Gajah Mada Press. Yogyakarta. 417 hlm.
- Gainau, R.J. 2019. *Analisis perkembangan tanah pada tailing dam tsf 56 pt. nusa halmahera mineral maluku utara di area suksesi alam*. Doctoral dissertation, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta. Yogyakarta.
- Gani, A. 2009. Potensi arang hayati “biochar” sebagai komponen teknologi perbaikan produktivitas lahan pertanian. *Jurnal Iptek Tanaman Pangan*. Vol 4 (1): 33-48
- Gani. 2009. *Manfaat Biochar Terhadap Kehidupan*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Glaser, B., Lehmann, J., Zech, W. 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal--a review. *Biol Fertil soils*. 35(4) :219–230.

- Green S., S. Renault. 2007. Influence of papermill sludge on Growth of *Medicago sativa*, *Festuca rubra* and *Agropyron trachycaulum* in Gold Line Tailing: Greenhouse study. *Elsevier Science*, 151 (3): 524 – 531.
- Hamzah A., Kusuma Z., Utomo W.H., Guritno B. 2012. Penggunaan tanaman *vetiveria zizanoides* l. dan biochar untuk remediasi lahan pertanian tercemar limbah pertambangan emas. *Jurnal Buana Sains*. Vol. 12: 53-60.
- Hendrasarie.2007. Kajian efektifitas tanaman dalam menjerap kandungan Pb diudara.*J. Rekayasa Perenc*. Vol.1. 3(2):1–15.
- Helmi.2014.Pengaruh jenis biochar daan konsentrasi pupuk agrodyke terhadap pertumbuhan bibit mahoni (*Swietenia macrophylla King*).*Jurnal Biologi Edukasi Edisi 13*. Vol. 6(2): 71-77.
- Hidayat, W., Qi, Y., Jang, J.H., Febrianto, F., Lee, S.H., Chae, H.M.2017. Carbonization characteristics of juvenile woods from some tropical trees planted in indonesia. *J Fac Agric Kyushu Univ*. Vol. 62(1):145–52.
- Hidayati, N., Syarif., Juhaeti. 2006. Potensi *Centrocoma pubescence*, *Calopogonium mucunoides*, dan *Micania cordata* dalam membersihkan logam kontaminan pada limbah penambangan emas. *Biodiversitas*, Vol 7(1): 4-7.
- Hindratmo, B., Junaidi, E., Fauzi, R., Hidayat, M. Y., Masitoh, S. 2019. Kemampuan 11 (sebelas) jenis tanaman yang dominan pada RTH (Ruang Terbuka Hijau) dalam menjerap logam berat timbel (Pb). *Ecolab* 13(1): 29-38.
- International Biochar Initiate. 2012.*Standardized Product Definition And Product Testing Guidelines For Biochar That Is Used In Soil*. Initiate IB.
- Kresnawaty, I., Putra, S. M., Budiani, A., Darmono, T. W. 2017. Konversi tandan kosong kelapa sawit (Tkks) menjadi arang hayati dan asap cair. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 14 (3): 171-179
- Krisnawati, H., Kallio, M., Kanninen, M. 2011. *Swietenia macrophylla King*. : *Ecology, Silviculture And Productivity*. Bogor, Indonesia: CIFOR. 1-14.
- Kolb, S.E., Fermanich, K.J., Dornbush, M.E. 2009. Effect of charcoal quantity on microbial biomass and activity in temperate soils. *Soil Sci Soc Am J*. 73(4): 1173-1181.
- Kumar, A., Bisht, B.S., Joshi, V.D., Dhewa, T. 2011. Review on bioremediation of polluted environment: a management tool. *International Journal of Environmental Sciences*. Vol. 1(6): 1079-1093.

- Kurniawan, B., Duryat., Riniarti, M., Budi, S.2019. Kemampuan adaptasi tanaman mahoni (*swietenia macrophylla*) terhadap cemaran merkuri pada tailing penambangan emas skala kecil.*Jurnal Sylva Lestari*. Vol. 7(3): 359-369.
- Lehmann, J., Gaunt, J., Rondon, M.2006.*Bio-char Sequestration In Terrestrial Ecosys-tems*.Mitig Adapt Stratat Glob Chang, 11: 395-419.
- Lehmann, J., J. Gaunt, M. Rondon. 2006. *Biochar Sequestration In Terrestrial Ecosystems-A Review*. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 11: 403-427.
- Lehmann, J., Joseph, S. 2015. *Traditional Use Of Biochar*. In: *Biochar For Environmental Management: Science (2nd Eds), Tecnology And Implementation*. Routledge London. 976 hlm.
- Lesmanawati, I.R. 2005. *Pengaruh Pemberian Kompos, Thiobacillus, Dan Penanaman Gmelina Serta Sengon Pada Tailing Emas Terhadap Biodegradasi Sianida Dan Pertumbuhan Kedua Tanaman*. Tesis.Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.Bogor.
- Liswara, N., Dewi, S.2019.Reklamasi Lahan kritis bekas penambangan emas menggunakan metode bioremediasi dan fitoremediasi.*Enviro Scienteeae*. Vol. 15(2): 216-225.
- Lukic, B., Panico, A., Huguenot, D., Fabbicino, M., Eric., Hullebusch., Esposito, G. 2017. A review on the efficiency of landfarming integrated with composting as a soil remediation treatment, *Environmental Technology Reviews*. Vol. 6(1): 94-116 .
- Makavana, J.M., Kelaiya, S V., Sarsavadia, P.N., Chauhan, P.M., Dulawat, M.S., Yadav, R. 2020. A review of sustainable technologies for bio-char production from biomass. *Invertis Journal of Renewable Energy* Vol.10(2): 114-129.
- Martawijaya, A., Kartasujana, I., Kadir, K., dan Prawira, S.A. 2005. *Atlas Kayu Indonesia. Jilid I*. Buku. Departemen Kehutanan. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Bogor. 171 hlm.
- Maghdalena, M., Lantang, B.2017. Pelatihan pembuatan biochar dari limbah sekam padi menggunakan metode retort kiln.*Agrokreatif*. Vol. 3(2): 129-135.
- Maulana, I., Mulyati., Sukartono.2020.*Pemanfaatan Biochar Sekam Padi Sebagai Pembenh Tanah Tercemar Merkuri (Hg) Yang Ditanami Jagung*.Prosiding. Universitas Mataram. 181-189.

- Mestika, R. 2007. *Penggunaan Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) Dan Vermikompos Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Stek Pucuk Jati Muna (Tectona grandis Linn. F)*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Mindawati, N., Megawati. 2013. *Manual Budidaya Mahoni (Swietenia macrophylla King.)*. Puslitbang Peningkatan Produktivitas Hutan dan Direktorat Tanaman Hutan. Bogor, Indonesia .13 hlm.
- Nigussie, A., Kissi, E., Misganaw, M., Ambaw, G. 2012. Effect of biochar application on soil properties and nutrient uptake of lettuces (*Lactuca sativa*) grown in chromium polluted soils. *Am J Agric Environ Sci*. 12(3): 369-376.
- Nurida, NL., Dariah, A., Sutono. 2013. *The Effect Of Biochar And Soil Quality And Maize Production In Upland In Dry Climate Region*. Proceeding 11th International Conference The East and South East Asia Federation of Soil Science Societies. Bogor. Indonesia. 171-176.
- Nurida, NL., Dariah, A., Sutono, S. 2015. Pembenh tanah alternatif untuk meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman kedelai di lahan kering masam. *Jurnal Tanah dan Iklim*. Vol. 39 (2): 99 -108.
- Nuriadi., N.M., Rahman, N. 2013. Analisis logam tembaga (Cu) pada buangan limbah tromol (tailing) pertambangan poboya. *J. Akademika Kimia*. Vol. 2(2): 90-96.
- Ping, W., Zeyu, W., Hailong, W., Nanthi, S.B., Yujun, W., Wenfu, C. 2020. Visualizing the emerging trends of biochar research and applications in 2019: a scientometric analysis and review. *Biochar*. Vol. 2, hal: 135-150.
- Prasetyo, R. 2008. *Kajian Pemanfaatan Limbah Penambangan Emas (Studi Kasus: Pemanfaatan Tailing di PT ANTAM UBPE Pongkor)*. Thesis. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Prasetyono, D. S. 2012. *A-Z Daftar Tanaman Obat Ampuh Di Sekitar Kita*. Flashbooks. Yogyakarta. Hal. 160-164.
- Putri, V.I., Muklis, H.B. 2017. Pemberian beberapa jenis biochar untuk memperbaiki sifat kimia tanah ultisol dan pertumbuhan tanaman jagung. *Agroekoteknologi*. Vol. 5(4): 824–828.
- Rafly, N.M., Riniarti, M., Hidayat, W., Prasetia, H., Wijaya, B. A., Niswati, A., Hasanudin, U., Banuwa, I.S. 2022. Effect of the application of biochar from oil palm empty bunches on the growth of falcataria moluccana. *Journal of Tropical Upland Resources*. Vol. 4(1): 1-10
- Rani, I.T., Yoo, J., Park, B.B., Hidayat, W., Wijaya, B.A., Lee, S., Kim, S., Choi, H., Chun, D., Im, H., Kim, S. 2023. Wood pellet driven-biochar

characterization produced at different targeted pyrolysis temperatures. *Jurnal Sylva Lestari* Vol. 11(3): 558-571.

- Rahayu. 2005. *European environment agency, copenhagen* . Bulletin Penelitian. Europe. Vol. 27 No. 2 .
- Riogilang, H., Masloman, H.2009. Pemanfaatan limbah tambang untuk bahan konstruksi bangunan. *EKOTON*, Vol. 9(1): 69-73.
- Saputra, I., Juanda, R.2016. Pengaruh biochar dan NPK terhadap beberapa sifat fisika tanah dan pertumbuhan serta produksi kentang (*Solanum tuberosum L.*). *Jurnal Agrotek Lestari*. Vol. 2(2): 15-26.
- Setyaningsih L. 2007. *Pemanfaatan Cendawan Mioriza Arbuskula Dan Kompos Aktif Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Semai Mindi (Melia Azedarach Linn) Pada Media Tailing Tambang Emas Pongkor*. Tesis. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.
- Syofiani, R., Oktabriana, G.2017. *Aplikasi Pupuk Guano Dalam Meningkatkan Unsur Hara N, P, K, Dan Pertumbuhantanaman Kedelai Pada Media Tanam Tailing Tambang Emas*. Prosiding Seminar Nasional. Universitas Muhammadiyah Jakarta. 98-103.
- Sudradjat, B., H. D. Kartiko, Nurhasybi, M., Zanzibar, S. 2010. *Atlas Benih Tanaman Hutan Indonesia Jilid I*. Buku. Balai Penelitian Teknologi Perbenihan Tanaman Hutan Bogor. 83 hlm.
- Tarigan, A. D., Nelvia. 2020. Pengaruh pemberian biochar tandan kosong kelapa sawit dan mikoriza terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis (*Zea mays sacharrata l.*) Di Tanah Ultisol. *J.Agroekotek*. Vol. 12 (1):23-37.
- Tjitrosoepomo, G. 2004. *Taksonomi Tumbuhan: Spermatophyta*. Gadjra Mada University Press. Yogyakarta. 477 hlm.
- Troeh, F.R., Thompson, L.M.2005. *Soils And Soil Fertility*. Blackwell New York, USA. Vol. 489.
- Umindaya, G., Humaira, S., Wahyu, A., Zulfikar, A.2019. Pembuatan dan karakterisasi selulosa dari limbah serbuk meranti kuning (*Shorea macrobalanos*). *Jurnal Sains Terapan*. Vol. 5(1): 142-147.
- Uyun, Y.S. 2006. *Penggunaan Cendawan Mikoriza Arbuskular (CMA) Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Semai Jati (Tectona grandis Linn. F) Pada Limbah Media Tumbuh Jamur Tiram (Pleurotus sp.)*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

- Widiastuti, D.M.M., Lantang, B.2017. Pelatihan pembuatan biochar dari limbah sekam padi menggunakan metode retort kiln. *Agrokreatif Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*. Vol. 3(2): 129-135.
- Wijaya, B.A., Riniarti, M., Prasetya, H., Hidayat, W., Niswati, A., Hasanudin, U., Banuwa, I.S.2021. Interaksi perlakuan dosis dan suhu pirolisis pembuatan biochar kayu meranti (*Shorea spp.*) mempengaruhi kecepatan tumbuh sengon (*Paraseiranthus moluccana*). *J Hut Trop*. Vol. 5(2): 86-97.
- Yani, M., Botanri, S.2022. Peran bahan organik dalam mempertahankan dan perbaikan kesuburan tanah perantanian; review. *Jurnal Agrohut*. Vol. 13(1): 25-34.
- Yargicoglu, E. N., Sadasivam, B. Y., Reddy, K. R., Spokas, K. 2015. Physical dan chemical characterization of waste wood derived biochars. *Waste Management*. 36: 256-268.
- Yusmura, A., Ardiansyah, M., Mansur, I. 2019. Mitigasi dan arahan pengelolaan air asam tambang melalui hutan rawa buatan di lahan pasca tambang. *JPSL* 9(3): 566-576.
- Zhang, A., Bian, R., Pan, G., Cui, L., Hussain, Q., Li, L., Zheng, J., Zheng, J., Zhang, X., Han, X., Yu, X. 2012. Effects of biochar amendment on soil quality, crop yield and greenhouse gas emission in a Chinese rice paddy: a field study of 2 consecutive rice growing cycles. *Field Crops Research*, 127, 153-160.