

**PENGARUH *BIOCHAR* BERBAHAN DASAR KAYU MERANTI (*Shorea*  
*spp.*) TERHADAP PERTUMBUHAN SENGON (*Falcataria moluccana*)**

**(Skripsi)**

**oleh**

**BANGUN ADI WIJAYA  
NPM 1714151015**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2021**

## ABSTRAK

### **PENGARUH *BIOCHAR* BERBAHAN DASAR KAYU MERANTI (*Shorea* sp.) TERHADAP PERTUMBUHAN SENGON (*Falcataria moluccana*)**

Oleh

**Bangun Adi Wijaya**

Sengon (*Falcataria moluccana*) merupakan komoditas hasil hutan kayu unggulan di Indonesia. Produktivitas usaha budidaya kayu sengon bergantung kepada kecepatan tumbuh sengon. Salah satu faktor yang mempengaruhi kecepatan tumbuh sengon adalah kualitas tempat tumbuh. *Biochar* merupakan agen pembenah tanah yang mampu meningkatkan kualitas tanah guna mempercepat pertumbuhan sengon. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *biochar* berbahan dasar kayu meranti (*Shorea* spp.) dengan faktor suhu pirolisis pada taraf suhu 400°C dan 600°C serta faktor dosis pada taraf 0 ton/ha, 25 ton/ha dan 50 ton/ha terhadap pertumbuhan sengon. Sengon ditanam dalam jarak 2 m x 2 m di lapangan dengan lubang tanam berukuran 100 cm x 60 cm x 60 cm, *biochar* dimasukkan ke dalam tanah dengan ketebalan 40 cm, kemudian dilapisi tanah. Pada penelitian ini digunakan semai sengon yang sudah berusia 6 bulan, sengon ditanam pada lahan terbuka selama 12 bulan menggunakan rancangan penelitian *Split Plot* dengan rancangan dasar RAL dalam Faktorial 5 x 8. Analisis data menggunakan analisis ragam (ANARA) dan dilakukan uji nilai tengah Beda Nyata Terkecil (BNT). Hasil penelitian menunjukkan bahwa *biochar* dengan dosis 25 ton/ha dan suhu pirolisis 600°C memberikan pengaruh

sangat nyata terhadap pertumbuhan sengon dibandingkan dengan perlakuan lainnya dan kontrol. Efek pemberian *biochar* dapat terlihat dimulai pada bulan ke-4. Pemberian *biochar* juga mempengaruhi peningkatan nilai pH tanah. Penelitian lebih lanjut terkait dinamika pertumbuhan sengon dengan waktu yang lebih lama sangat perlu dilakukan dikarenakan sifat fisik *biochar* di dalam tanah yang terus berubah seiring dengan bertambahnya waktu.

Kata Kunci: Ameliorasi, *Biochar*, Pembenah Tanah, Pirolisis, Sengon, *Shorea sp*

## ABSTRACT

### THE EFFECT OF MERANTI-BASED BIOCHAR (*Shorea* spp.) ON THE GROWTH OF *Falcataria moluccana*

By

**Bangun Adi Wijaya**

*Falcataria moluccana* is a high-demand forest product commodity in Indonesia. The productivity of *F. moluccana* timber cultivation depends on its growth duration. One factor that affects the growth rate of *F. moluccana* is the planting medium quality. Biochar is a soil-improving agent that could improve soil quality to accelerate the growth of *F. moluccana*. This study aimed to determine the effect of biochar made from meranti wood (*Shorea* spp.) by pyrolysis at 400°C and 600°C and dose of 0 ton/ha, 25 ton/ha, and 50 ton/ha on the growth rate of *F. moluccana*. *F. moluccana* was planted within 2 m x 2 m in the field. The size of planting hole was 100 cm x 60 cm x 60 cm, the biochar was placed with a thickness of 40 cm inside of the planting hole then covered with topsoil. This research used 6 months old *F. moluccana* seedling planted in a field demonstration plot for 12 months. This research used the Split Plot experimental design with the basic design of Complete Random Design (CRD) 5 x 8. Data analysis used Analysis of Variance (ANOVA),

*furthermore it was tested by Least Significance Different (LSD). The results showed that biochar with a dose of 25 ton/ha and pyrolysis temperature of 600°C had a very significant effect on the growth increment of F. moluccana compared to other treatments and control. The effect of biochar could be seen since the 4th month of the plantation. The application of biochar also increased the pH soil. Further research related to the dynamics of F. moluccana growth with a long time is needed because the physical properties of biochar change underground along the time.*

**Keywords:** *Biochar, Falcataria moluccana, Pyrolysis, Shorea, Soil Amendment*

**PENGARUH *BIOCHAR* BERBAHAN DASAR KAYU MERANTI (*Shorea*  
*spp.*) TERHADAP PERTUMBUHAN SENGON (*Falcataria moluccana*)**

**oleh**

**BANGUN ADI WIJAYA**

**Skripsi**

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

**pada**

**Jurusan Kehutanan  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG**

**202**

Judul Penelitian : **PENGARUH *BIOCHAR* BERBAHAN DASAR  
KAYU MERANTI (*Shorea spp.*) TERHADAP  
PERTUMBUHAN SENGON (*Falcataria moluccana*)**

Nama : **BANGUN ADI WIJAYA**

NPM : 1714151015

Jurusan : Kehutanan

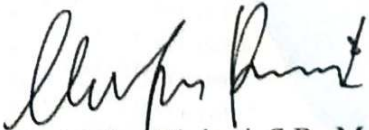
Fakultas : Pertanian


**MENYETUJUI,**

1. Komisi Pembimbing

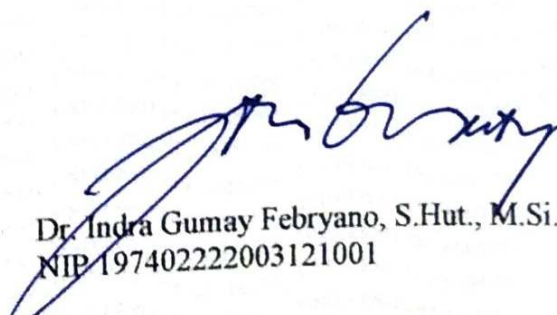
Pembimbing 1

Pembimbing 2

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

  
Dr. Wahyu Hidayat, S.Hut., M.Sc.  
NIP 197911142009121001


2. Ketua Jurusan Kehutanan

  
Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si.  
NIP 197402222003121001

**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

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



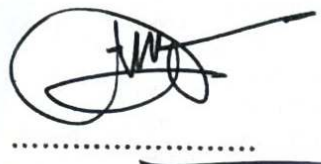
.....

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



.....

Penguji : Prof. Dr. Ir. Ainin Niswati, M.S., M.Agr.Sc.



.....

2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Sywan Sukri Banuwa, M.Si.  
1986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 04 Agustus 2021



## PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Karya tulis, skripsi/laporan akhir ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (Sarjana/Ahli Madya) baik di Universitas Lampung maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan tim pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan naskah, dengan naskah disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Bandar Lampung, 19 Oktober 2021  
Yang Membuat Pernyataan,



**Bangun Adi Wijaya**  
NPM 1714151015

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Lampung, 23 Agustus 1998 sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Basuki Alm. dan Ibu Suprapti. Penulis menempuh pendidikan di SDN 7 Gadingrejo tahun 2006-2011, SMPN 1 Gadingrejo tahun 2011-2014, dan SMAN 1 Gadingrejo tahun 2014-2017. Tahun 2017 penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri).

Selama menjadi mahasiswa, penulis mengabdikan dirinya di organisasi *English Society Organization (ESo)* Unila. Pada organisasi tersebut, penulis pernah menjabat sebagai PIC of Speech pada tahun 2018-2019 dan terpilih menjadi *President* pada tahun 2020-2021. Selain aktif berorganisasi penulis juga terpilih menjadi Duta Fakultas Pertanian Unila pada tahun 2020. Pada tahun 2018 Penulis juga aktif menjabat sebagai anggota Filma, selain itu Penulis juga aktif tergabung sebagai anggota Himasyilva selama manjadi mahasiswa kehutanna FP Unila.

Penulis dapat menyelesaikan masa studi selama 3,91 tahun dengan IPK 3,81. Selain itu, penulis juga memperoleh beberapa prestasi pada bidang *public speaking speech* baik pada tingkat nasional dan internasional. Lomba speech pertama yang diikuti oleh penulis adalah ALSA yang diselenggarakan Universitas Indonesia pada tahun 2017, sedangkan pencapaian tertinggi diraih pada tahun 2021 dengan menjadi Juara 2 pada perlombaan *speech* tingkat internasional yang diselenggarakan oleh Wander Voice dan Global millennial, selain itu Penulis juga menorehkan beberapa prestasi di bidang *public speaking* seperti Top 7 Speech Competition di Asian English Olympic Competition 2021, Juara 2 Speech

Copmetition di IKIP Siliwangi pada tahun 2020, Juara 4 Speech Competition di Anti Microbial Resistance FAO pada tahun 2019, Juara 3 Speech Competiton di Dies Natalis Fakultas Kedokteran Universitas Lampung pada tahun 2019 dan Best Prepared Speech Competition di Politeknik Negeri Seriwijaya pada tahun 2018. Penulis juga memiliki torehan prestasi pada bidang seni, di antaranya adalah menjadi Juara 1 lomba poster tingkat nasional yang diselenggarakan oleh Seni Bicara Benar pada tahun 2021 dan Juara 2 Poster Kreatif di Universitas Pancasila pada tahun 2020. Pada tahun 2020 berkat usaha dan izin serta rahmat-Nya Penulis berhasil mendapat gelar Juara 2 Pemilihan Mahasiswa Berprestasi FP Unila.

Selama kuliah Penulis juga memiliki pengalaman menjadi Juri di beberapa macam perlombaan di antaranya adalah, menjadi juri lomba pidato nasional di SMK 1 Sumberejo Tanggamus-Lampung pada tahun 2020, menjadi juri lomba pidato di V-Comp English National Competition pada tahun 2021, menjadi juri lomba pidato di Lampung Overland English Competition 2021 dan menjadi juri lomba poster digital di Lampung Overland English Competition 2020. Selain itu Penulis juga diberikan amanat menjadi pelatih Speech di SMAN 10 Bandarlampung, SMAN 14 Bandarlampung, SMA YP Unila dan Politeknik Negeri Tanjung Karang. Penulis juga memiliki pengalaman sebagai *Chair Pearson* untuk Seminar International TREAPSEA 2021.

Penulis pernah melaksanakan kegiatan Praktik Umum di BPKH selama 40 hari pada bulan Juli - Agustus 2020. Selama 40 hari, penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Teratas, Kabupaten Pesawaran pada bulan Januari - Februari 2020. Selanjutnya, sebagian hasil penelitian (*paper*) penulis telah diterima untuk diterbitkan di Jurnal Ulin (pISSN 2599 1205-; eISSN 2599 1183), Volume 2, Nomor 2, September 2021 dengan judul “Pengaruh *Biochar* Berbahan Dasar Kayu Meranti (*Shorea spp.*) terhadap Pertumbuhan Sengon (*Falcataria moluccana*)”. Selain itu Penulis juga memiliki pengalaman sebagai pemateri di Seminar Nasional Silvikultur VII tahun 2021 dan Seminar Internasional TREAPSE 2021.

Motto

**“Your Plan is suck; God’s Plan is Everything”**

-Bonny, 2021-

## SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh *Biochar* Berbahan Dasar Kayu Meranti (*Shorea* spp.) terhadap Pertumbuhan Sengon (*Falcataria moluccana*)” sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Kehutanan. terselesaikannya penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, serta bantuan dari beberapa pihak. Penulis dengan segala kerendahan hati mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah membantu sebagai berikut:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Suki Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung atas semua arahan kepada penulis.
2. Bapak Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si., selaku Ketua Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung atas bimbingan dan sarannya pada penulis.
3. Ibu Dr. Melya Riniarti, S.P., M.Si. selaku pembimbing pertama atas semua bimbingan, rasa sabar, waktu dan tenaga yang tak pamrih diberikan dalam masa penyusunan skripsi penulis.
4. Bapak Dr. Wahyu Hidayat, S.Hut., M.Sc. selaku pembimbing kedua atas semua bimbingan, nasihat dan pelajaran berharga selama kegiatan penulisan skripsi.
5. Ibu Prof. Dr. Ir. Ainin Niswati, M.S., M.Agr.Sc. selaku pembahas atau penguji atas semua masukan, arahan, dan nasihat kepada penulis selama penyelesaian skripsi.
6. Ibu Dr. Hj. Bainah Sari Dewi, S.Hut., M.P selaku pembimbing akademik atas semua bimbingan, saran, dan motivasi kepada penulis.
7. Segenap Dosen Jurusan Kehutanan yang telah memberikan ilmu dalam bidang kehutanan dan menempa diri penulis selama menuntut ilmu di Universitas Lampung.

8. Bapak dan Ibu penulis yaitu Bapak Basuki Alm. dan Ibu Suprapti. Terima kasih atas segala do'a, kasih sayang, kesabaran, dan dukungan dalam kehidupan bersama penulis serta dukungan moril maupun material yang selama ini diberikan kepada penulis.
9. Kakak penulis yaitu Apris Budi Styawan dan Dara Yuni Astuti bersama suami M. Albert Hakim dan Keponakan Zaqi, terima kasih atas semangat, dukungan, do'a, dan bantuan kepada penulis.
10. Keluarga English Society Unila terima kasih atas dukungan dan kebersamaan yang telah membuat masa-masa kuliah penulis menjadi lebih berarti.
11. Keluarga Hima Sylva terima kasih atas dukungan dan kebersamaan yang telah membuat masa-masa kuliah penulis menjadi lebih berarti.
12. Teruntuk sahabat seperjuangan (*Sipilis*) Ahmad R., Falah R. S., Lutfi P., Irlan R.M., dan Zareva A. B. yang selalu memberikan banyak pelajaran baru dan memberikan kenangan-kenangan indah bersama penulis..
13. Teruntuk sahabat seperjuangan (*Positive Vibe*) Denny R., Deva O., Lola A. G., Nurulina H., dan Rizal A. yang selalu memberikan lingkungan positif tanpa pernah menjatuhkan dengan tulus tanpa pamrih.
14. *Special credit* untuk *partner in crime* penulis Saipul Anwar yang telah membantu dan membimbing penulis menjadi pribadi yang lebih baik.
15. Teruntuk rekan penelitian penulis Novendra M. R. yang selalu membantu dan memotivasi penulis dalam proses penyusunan skripsi.
16. Teruntuk teman-teman satu bimbingan Eva Y., Falah R., Repa S., dan Novendra M yang selalu membantu dan menyemangati.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, namun penulis berharap semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi para pembaca.

Bandar Lampung, Agustus 2021

Penulis

**Bangun Adi Wijaya**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Kerangka Pikir.....	4
1.4 Hipotesis .....	5
<b>II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
2.1 Pengertian <i>Biochar</i> .....	6
2.2 Pembuatan <i>Biochar</i> .....	7
2.3 Pengaruh Suhu Pembuatan <i>Biochar</i> terhadap Media Tumbuh.....	10
2.4 Pengaruh Dosis <i>Biochar</i> pada Tanaman.....	12
2.5 <i>Biochar</i> Berbahan Dasar Kayu Meranti .....	14
2.6 Pohon Sengon ( <i>Faltalaria moluccana</i> ).....	14
<b>III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	17
3.1 Waktu dan Tempat.....	17
3.3 Desain Penelitian .....	18
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	19
3.5 Jenis Data.....	22
3.6 Analisis Data.....	23
<b>IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	25
4.1 Hasil.....	25
4.2 Pembahasan .....	31
<b>V SIMPULAN DAN SARAN</b> .....	35
5.1 Simpulan.....	35
5.2 Saran .....	35
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	36
<b>LAMPIRAN</b> .....	47



## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Rata-rata perbedaan hasil pirolisis fast pyrolysis dan slow pyrolysis	10
2. Kriteria KTK tanah .....	24
4. Kriteria C-Organik tanah .....	24
5. Kriteria pH tanah.....	24
6. Rekapitulasi ANARA perlakuan terhadap pertumbuhan sengon.....	26
7. Interaksi dosis dan suhu pirolisis pada tinggi batang sengon .....	27
8. Interaksi dosis dan suhu pirolisis pada diameter batang sengon.....	28
9. Perbandingan parameter KTK, C-Organik dan pH.....	30
10. Analisis ragam pertambahan tinggi batang sengon.....	48
11. Analisis ragam pertambahan diameter batang sengon .....	48
12. Analisis ragam berat kering total batang sengon .....	48
13. Analisis ragam KTK batang sengon .....	49
14. Analisis ragam C-Organik batang sengon .....	49
15. Analisis ragam pH batang sengon.....	49

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Terra Preta yang ditemukan di Amazon.....	7
2. Double-drum Retort Kiln .....	8
3. Kurva pertumbuhan diameter kayu sengon .....	17
4. Peta lokasi demonstrasi plot penelitian .....	18
5. Peta pengacakan rancangan lingkungan.....	19
6. Tungku ruangan berbentuk kubah.....	21
7. Denah penanaman .....	22
8. Penanaman sengon.....	23
9. Laju rata-rata pertambahan tinggi batang sengon per bulan .....	29
10. Laju rata-rata pertambahan diameter batang sengon per bulan .....	30
11. Proses pengayakan biochar menggunakan saringan .....	50
12. Proses pembuatan lubang tanam pada demplot penelitian.....	50
13. Proses pemberian biochar pada lubang tanam .....	51
14. Proses penanaman semai sengon pada lubang tanam .....	51
15. Proses tagging pada tanaman sengon (A) pemberian ajir (B).....	52
16. Proses pengukuran tinggi dan diameter batang.....	52
17. Perbedaan tumbuh perlakuan dosis dengan suhu.....	53

## I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Sengon (*Falcataria moluccana*) merupakan pohon jenis *fast growing species* (cepat tumbuh) yang banyak dibudidayakan di Indonesia (Karlinasari *et al.*, 2018; Utama *et al.*, 2019). Sengon dipilih menjadi komoditas unggulan pada hutan tanaman di Indonesia dikarenakan masa panen sengon yang relatif cepat (Krisnawati *et al.*, 2011; Butar *et al.*, 2019). Pada usia 1 tahun, tinggi batang sengon dapat mencapai 6 m, sedangkan pada tahun ke-12 tinggi batang sengon dapat tumbuh hingga 35 m dengan diameter 50 cm dan tinggi cabang 10-25 m (Hardiatmi, 2010). Sebagai perbandingan kayu jati (*Tectona grandis*) membutuhkan waktu penanaman selama 35 tahun untuk mencapai diameter batang 50 cm (Tewari *et al.*, 2014) dan beberapa jenis kayu meranti (*Shorea spp.*) membutuhkan waktu 31 tahun untuk mencapai diameter batang 50 cm (Ariansyah *et al.*, 2020).

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Republik Indonesia terkait produktivitas perusahaan pembudidayaan tanaman kehutanan tahun 2020, produksi kayu sengon meningkat sebanyak 77,6% dari tahun 2013 sebesar 29.187 m<sup>3</sup> hingga tahun 2018 sebesar 101.350 m<sup>3</sup> (BPS, 2020). Tren tersebut diprediksi akan terus meningkat di tahun mendatang dikarenakan sengon memiliki potensi ekonomi yang tinggi dan permintaan pasar yang terus meluas (Surata dan Widowati 2017; Nadeak *et al.*, 2014). Produktivitas budidaya kayu sengon dipengaruhi oleh kecepatan tumbuh batang sengon; semakin cepat sengon dipanen maka semakin maksimal pemanfaatan lahan budidaya sengon (Riyanto dan Kusnandar, 1994). Faktor tumbuh tanaman sengon perlu dikendalikan agar produktivitas budidaya sengon lebih maksimal. Salah satu faktor tumbuh sengon yang mempengaruhi kecepatan tumbuh batang adalah kondisi tempat tumbuh

(Rusdiana *et al.*, 1999; Santosa *et al.*, 2020; Sukarman *et al.*, 2012; Wasis dan Syarif, 2019). Kendati demikian, ketersediaan tempat tumbuh yang baik untuk mendukung kegiatan budidaya sengon sulit untuk didapat (Munir, 2020; Febriani *et al.*, 2017; Wahyudi *et al.*, 2014), sehingga diperlukan usaha untuk meningkatkan kualitas tempat tumbuh sengon. Salah satu cara untuk meningkatkan kualitas tempat tumbuh sengon adalah dengan pengaplikasian *biochar* (arang hayati).

*Biochar* merupakan produk hasil dari proses pirolisis (*pyrolysis*) (Mehmood *et al.*, 2017). Pirolisis merupakan teknologi modifikasi suatu biomassa menggunakan perlakuan panas dengan menggunakan oksigen yang dibatasi (Hidayat *et al.*, 2017). Suhu pirolisis akan mempengaruhi *biochar* yang terbentuk (Goenadi dan Santi, 2017). Mazlan *et al.*, (2015) melaporkan kandungan hemiselulosa mulai terdekomposisi pada kayu meranti yang dipirolisis pada suhu 210°C-310°C, pada suhu 300°C-400°C kandungan selulosa mulai terdekomposisi, kandungan lignin akan mulai terdekomposisi pada suhu 150°C-900°C. Suhu pirolisis juga mempengaruhi pH *biochar*, semakin tinggi suhu yang digunakan pada proses pirolisis, maka semakin tinggi pH *biochar* yang dihasilkan (Ismianto *et al.*, 2020). Kandungan karbon pada *biochar* juga akan meningkat seiring dengan meningkatnya suhu yang digunakan pada proses pirolisis (Febriyanti *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2017).

Pemberian *biochar* pada lahan kehutanan secara nyata memberikan efek positif pada pertumbuhan karena mampu memperbaiki kondisi tempat tumbuh (Li *et al.*, 2018; Shaaban *et al.*, 2018). *Biochar* yang diaplikasikan pada tanah secara nyata meningkatkan kandungan N, P dan K pada lapisan *subsoil* (lapisan tanah sebelah bawah) (Niswati *et al.*, 2017; Nurida 2017). Pari (2012), melaporkan bahwa pengaplikasian *biochar* mampu mempengaruhi tinggi dan diameter semai jabon (*Anthocephalus macrophyllus*). *Biochar* juga mempengaruhi tinggi batang semai akasia (*Acacia mangium*) dan cempaka (*Michelia montana*) dengan dosis tertentu (Siregar, 2007).

Kemampuan dan karakteristik *biochar* juga ditentukan oleh jenis bahan baku yang digunakan (Nurida, 2017). Salah satu bahan baku *biochar* yang memiliki pengaruh signifikan untuk meningkatkan kualitas lahan adalah *biochar*

yang berasal dari kayu (Alvarez *et al.*, 2014; Basu, 2018; Lopez *et al.*, 2013), karena *biochar* berbahan dasar kayu memiliki kandungan karbon (C) lebih tinggi dibandingkan dengan bahan lainnya (Ippolito *et al.*, 2016). *Biochar* dengan kandungan C yang tinggi, bila diaplikasikan pada media tumbuh akan meningkatkan kadar C-organik (Lopez *et al.*, 2013). Peningkatan C-organik akan meningkatkan jumlah mikroorganisme yang terdapat dalam tanah, sehingga secara alami akan memperbaiki kondisi tanah baik secara fisik, kimia dan biologi (Ippolito *et al.*, 2016; Li *et al.*, 2018; Putri *et al.*, 2020).

*Biochar* yang diproduksi dengan bahan dasar kayu meranti (*Shorea spp.*) memiliki kandungan C yang tinggi. Mazlan *et al.*, (2015), melaporkan *biochar* meranti mengandung C sebanyak 84,9% pada suhu pirolisis 400°C. Bila dibandingkan dengan beberapa jenis bahan baku *biochar* pada suhu pirolisis 400°C, kandungan C pada *biochar* meranti 19,97% lebih tinggi dibandingkan *biochar* Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) (Abnisa *et al.*, 2013), 29% lebih tinggi dibandingkan *biochar* bambu (Zhang *et al.*, 2017) dan 32,35% lebih tinggi dibandingkan *biochar* sekam padi (Leng *et al.*, 2015).

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.1/Menlhk/Setjen/Kum.1/1/2019 Tentang Izin Usaha Industri Primer Hasil Hutan menunjukkan bahwa setiap kayu yang dipanen dari hutan di Indonesia dikenai biaya Provisi Sumber Daya Hutan (PSDH) sesuai tarif yang telah ditentukan berdasarkan jenis kayu yang dipanen. Kayu meranti yang dapat dimanfaatkan untuk industri perkayuan adalah bagian Tinggi Batang Bebas Cabang (TBBC), sedangkan pada bagian cabang dan ranting hanya digunakan sebagai kayu bakar dengan valuasi ekonomi yang rendah atau menjadi limbah yang tidak terpakai (Mahawira *et al.*, 2016). Agar nilai keuntungan dari kegiatan pemanenan dapat ditingkatkan maka pemanfaatan kayu meranti harus dilakukan secara maksimal dengan memanfaatkan limbah pemanenan seperti cabang dan ranting kayu sebagai bahan baku pembuatan *biochar*. Sehingga mengefisiensikan biaya PSDH.

Kemampuan *biochar* berbahan dasar kayu meranti dalam memperbaiki kondisi media tumbuh dan meningkatkan pertumbuhan sengon, hingga saat ini belum diketahui. Penelitian ini penting untuk dilaksanakan karena diharapkan

dapat memperbaiki tempat tumbuh sengon guna meningkatkan produktivitas budidaya sengon.

## 1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menganalisis pengaruh pemberian *biochar* berbahan dasar kayu meranti dengan suhu pirolisis pembuatan *biochar* 400°C dan 600°C terhadap pertumbuhan sengon.
2. Menganalisis dan mempelajari pengaruh interaksi dosis pemberian *biochar* 25 ton/ha dan 50 ton/ha dengan suhu pirolisis pembuatan *biochar* 400°C dan 600°C terhadap pertumbuhan sengon.
3. Menganalisis perubahan kondisi sifat kimia tanah (C-organik, KTK dan pH) setelah pemberian *biochar* berbahan dasar kayu meranti.

## 1.3. Kerangka Pikir

Sengon banyak dibudidayakan di Indonesia terutama di hutan tanaman, dikarenakan dapat tumbuh dengan cepat. Masa panen sengon yang singkat menunjukkan produktivitas lahan yang tinggi. Kualitas media tanam sengon yang semakin subur akan meningkatkan produktivitas budidaya sengon lebih maksimal, salah satu agen yang mampu meningkatkan kesuburan tempat tumbuh dan meningkatkan pertumbuhan tanaman adalah *biochar* (Pari, 2012; Putri *et al.*, 2020).

*Biochar* yang diproduksi dengan bahan dasar kayu meranti (*Shorea* spp.), mengandung C sebanyak 84,9% lebih tinggi dibandingkan dengan bahan mentahnya pada suhu pirolisis 400°C (Mazlan *et al.*, 2015). Konsentrasi C yang terkandung dalam *biochar* dipengaruhi oleh suhu pirolisis yang digunakan, semakin tinggi suhu yang digunakan maka semakin tinggi pula konsentrasi C yang terbentuk (Zhang *et al.*, 2017).

*Biochar* yang diaplikasikan pada tanah akan meningkatkan kadar C-organik dalam tanah (Lopez *et al.*, 2013). Semakin tinggi kandungan C-organik dalam tanah maka, jumlah mikroorganisme pada tanah akan meningkat, sehingga secara alami akan memperbaiki kualitas kondisi tempat tumbuh dan meningkatkan

pertumbuhan tanaman yang ditanam (Putri *et al.*, 2020). Hagner *et al.*, (2016) melaporkan bahwa *biochar* dengan suhu pirolisis 400°C meningkatkan jumlah mikroorganisme tanah 58% lebih tinggi dibandingkan *biochar* dengan suhu pirolisis 300°C. Selain itu, kecepatan tumbuh tanaman juga meningkat pada tanah yang diaplikasikan *biochar* dengan suhu pirolisis 400°C.

Konsentrasi *biochar* perlu dikendalikan melalui jumlah dosis yang diberikan pada tiap tanaman, agar didapat kondisi yang ideal. Herrmann *et al.*, (2019), menunjukkan jumlah mikroorganisme lebih banyak ditemukan pada dosis *biochar* 20 ton/ha dibandingkan dengan dosis yang lebih rendah. Namun, *biochar* dengan dosis 70 ton/ha tidak memberikan pengaruh yang baik bagi tanaman seperti jagung (Jelvina, 2019), hal tersebut dikarenakan dosis *biochar* yang terlalu tinggi akan menyebabkan lahan memiliki pH yang tinggi (Listyarini dan Prabowo, 2020).

#### 1.4. Hipotesis

Adapun hipotesis pada penelitian ini adalah, sebagai berikut.

1. Pemberian *biochar* berbahan dasar kayu meranti dengan suhu pirolisis pembuatan *biochar* 600°C akan meningkatkan pertumbuhan sengon paling baik.
2. Interaksi dosis pemberian *biochar* sebesar 25 ton/ha dengan suhu pirolisis pembuatan *biochar* 600°C akan meningkatkan pertumbuhan sengon paling baik.
3. Pemberian *biochar* berbahan dasar kayu meranti selama 12 bulan akan meningkatkan kandungan N, P, K, C-organik dan KTK pada tanah serta menyeimbangkan pH tanah.

## II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Pengertian *Biochar*

Banyak yang sudah mendeskripsikan tentang pengertian *biochar*, salah satu yang menjadi acuan adalah pengertian *biochar* menurut *International Biochar Initiative* (IBI). Komisi Penasihat IBI pada tahun 2012 telah sepakat dengan definisi *biochar* sebagai berikut: *biochar* adalah arang hayati yang mengandung bahan karbon organik tinggi dan sangat tahan terhadap dekomposisi yang diproduksi secara pirolisis dari tanaman dan limbah kayu sebagai bahan baku (IBI, 2012).

Proses pirolisis merupakan salah satu teknik modifikasi biomassa dengan menggunakan energi termal atau panas melalui proses pembakaran dengan oksigen yang dibatasi (Febriyanti *et al.*, 2019; Goenadi dan Santi 2017; Lee *et al.*, 2017). Proses pirolisis menghasilkan tiga jenis bahan yaitu gas (CO, H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, dll), cair (tar, hidrokarbon, dan air) salah satu contohnya adalah *liquid smoke/wood vinegar* (cuka kayu) (Permana *et al.*, 2021; Angraini *et al.*, 2021). dan padatan berupa *biochar* (Aldriana, 2016; Ridjayanti *et al.*, 2021).

*Biochar* merupakan biomassa hasil proses pirolisis berbentuk padat, yang sudah digunakan dan dimanfaatkan sejak dahulu kala. Penggunaan *biochar* secara tidak langsung bahkan sudah dipraktikkan lebih dari 2000 tahun yang lalu oleh orang-orang suku Amazon. Pembuatan *biochar* sudah dikenal sejak 2000 tahun yang lalu di Amazon (Terra Preta, dapat dilihat pada Gambar 1). Kegiatan ini mengubah limbah pertanian menjadi pembenah tanah yang dapat mengikat karbon, meningkatkan keamanan pangan dan mengurangi pembukaan hutan. Proses tersebut menghasilkan serat yang baik dan arang yang sangat berpori yang membantu tanah menahan hara dan air (IBI, 2012). Terra Preta merupakan hasil



kegiatan pertanian yang dilakukan oleh masyarakat asli Amerika ribuan tahun yang lalu dengan menambahkan bahan organik tanah berupa hasil bakaran bahan organik, tanah Terra Preta merupakan tanah paling subur di dunia dengan ciri warna hitam legam karena terdapat kandungan C-organik yang tinggi (Pieplow *et al.*, 2016).



sumber : <https://www.indiamart.com/mahendraindustries-sojat/soil-amendment.html> diakses pada tanggal 4 Februari 2021

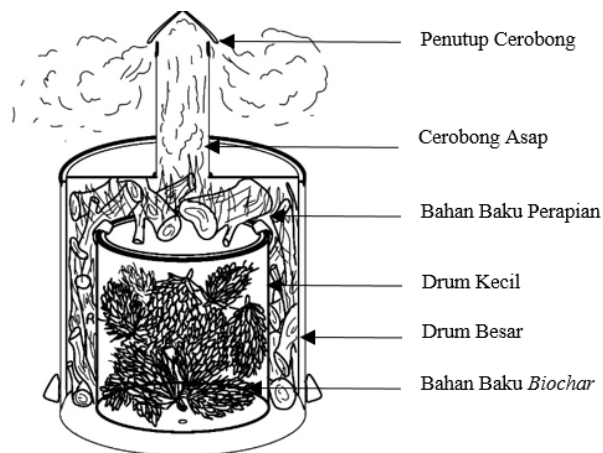
Gambar 1. Terra Preta yang ditemukan di Amazon.

## 2.2. Pembuatan *Biochar*

Tujuan utama pembuatan *biochar* adalah mengubah struktur kimia yang ada di dalam bahan baku sehingga mampu menghasilkan karbon dan kalor yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan mentahnya atau dapat dikatakan sebagai peningkatan kualitas bahan baku. Kualitas *biochar* ditentukan oleh pembentukan karbon pada proses pirolisis, hal tersebut berkaitan dengan hasil masa yang dihasilkan dan energi yang dihasilkan (Weber and Quicker, 2018). Hasil pembentukan karbon dapat ditentukan melalui rasio kandungan karbon tetap dalam produk karbonisasi dan dalam biomassa mentah (Antal *et al.*, 2000). Pembuatan arang dapat dilakukan dengan menggunakan proses tradisional yaitu penimbunan dengan tanah atau di dalam ruangan yang terbuat dari dinding bata,

beton (tungku ruangan), dan juga besi dengan retort ataupun kiln (tungku drum). (Salim *et al.*, 2019).

Pembuatan *biochar* dapat dilakukan menggunakan *Double-drum Retort Kiln* (kilang pembakar drum ganda) (Gambar 2). Proses pembuatan *biochar* diawali dengan mempersiapkan bahan baku yang akan dijadikan *biochar* kemudian dimasukkan ke dalam *drum retort*. *Drum retort* yang telah penuh kemudian ditutup dan dimasukkan ke dalam tungku drum pemanas untuk proses pirolisis. Masukkan bahan bakar drum pemanas. Kencangkan baut penutup *drum retort*. Bahan baku kemudian dibakar sehingga proses pembakaran mulai terjadi pada drum . Penutup tungku drum dilengkapi dengan cerobong asap agar asap hasil pembakaran yang keluar dari dalam *retort* berjalan lebih terarah. Selain itu, di bagian bawah retort dibuat lubang ukuran diameter 5-8 inci. Proses pengarangan dianggap selesai apabila asap yang keluar dari cerobong asap tungku drum pemanas sudah tipis dan berwarna jernih. Langkah selanjutnya adalah proses pendinginan arang yang umumnya dilakukan selama 5 jam (Salim *et al.*, 2019).



Gambar 2. Double-drum Retort Kiln.

Pembuatan *biochar* sangat bergantung kepada suhu yang digunakan. Fungsi suhu dalam proses pirolisis adalah untuk memberikan panas yang dibutuhkan untuk merombak ikatan kimia pada biomassa yang digunakan. Perubahan struktur kimia dan fisika biomassa terjadi dikarenakan meningkatnya suhu untuk memutus ikatan biomassa, perbedaan suhu pada proses pirolisis dapat menghasilkan komposisi produk yang berbeda. Namun, hal tersebut juga

dipengaruhi oleh jenis biomassa yang digunakan dan variabel proses lainnya (Guedes *et al.*, 2018; Kwon *et al.*, 2018; Park *et al.*, 2018).

Selain suhu, laju pemanasan juga berperan penting dalam menentukan produk akhir dari proses pirolisis dikarenakan dapat mempengaruhi sifat dan komposisi produk akhir. Laju pemanasan dalam pirolisis biasanya dinyatakan dalam satuan suhu per waktu. Laju pemanasan yang rendah akan mengurangi reaksi pirolisis dan mencegah pemecahan termal biomassa yang lebih banyak menghasilkan arang dibandingkan dengan *bio-oil* (minyak nabati). Sebaliknya laju pemanasan yang tinggi akan mempercepat proses dekomposisi senyawa biomassa sehingga lebih banyak menghasilkan *bio-oil* dan gas (Novita *et al.*, 2021).

Waktu tinggal juga menjadi faktor penting dalam menentukan hasil yang akan diperoleh dari proses pirolisis. Waktu tinggal merupakan durasi fase gas dan padatan muncul pada proses pirolisis, durasi ini menjadi penting karena akan mempengaruhi komposisi kuantitas produk gas ataupun arang yang akan dihasilkan (Yuan *et al.*, 2020) Waktu tinggal mempengaruhi jumlah dekomposisi bahan padatan biomassa menjadi minyak dan gas, hal tersebut dikarenakan waktu tinggal berkorelasi dengan laju pemanasan dan suhu yang digunakan, Suhu rendah menyebabkan waktu tinggal uap lebih lama sehingga akan menghasilkan produk arang (berupa *biochar*) yang lebih tinggi dibandingkan produk gas dan gas pada proses pirolisis (Encinar *et al.*, 1996).

Adanya pengaruh suhu, laju pemanasan dan waktu tinggal menyebabkan pirolisis dapat dilakukan dengan dua cara yaitu *fast pyrolysis* (pirolisis cepat) dan *slow pyrolysis* (pirolisis lambat), perbedaannya terletak pada suhu reaksi maksimum, laju pemanasan dan waktu tinggal. Penggunaan teknik *fast pyrolysis* atau *slow pyrolysis* bergantung kepada kebutuhan produk yang akan dihasilkan, bila ingin mendapatkan hasil arang *biochar* lebih banyak dengan sedikit produk gas dan tar maka digunakan *slow pyrolysis*, namun bila ingin mendapatkan produk uap dan aerosol maka digunakan *fast pyrolysis* (Yuan *et al.*, 2020). *Biochar* yang dihasilkan dari proses *slow pyrolysis* menggunakan tingkat laju pemanasan yang rendah (0,1–0,8 °C/s) dan waktu tinggal yang lebih panjang (5-30 menit) pada suhu 300–550 °C sedangkan *biochar* yang menggunakan proses *fast pyrolysis*

memiliki laju pemanasan yang lebih cepat, rata-rata dilakukan dengan laju pemanasan  $100^{\circ}\text{C/s}$  dan temperatur reaksi antara  $450\text{-}550^{\circ}\text{C}$  (Venderbosch and Prins 2012). Berikut dapat diamati pada Tabel 1 perbedaan produk hasil yang dihasilkan pada *fast pyrolysis* dan *slow pyrolysis*.

Tabel 1. Rata-rata perbedaan hasil pirolisis pada fast pyrolysis dan slow pyrolysis

Proses	Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )	Laju Pemanasan	Waktu Tinggal	Jumlah Hasil (%)	Sumber
<i>Slow pyrolysis</i>	300-550	$< 50^{\circ}\text{C}/\text{min}$ (0,1-0,8 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ )	5-30 min; 25-35 h	Bio-oil: 20-50 <i>Biochar</i> : 25-35	Bridgwater (2012); Brown dan Holmgren (2009); Hornung (2014).
<i>Fast pyrolysis</i>	300-1000	10 - 1000 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$	$< 2\text{s}$	Bio-oil: 60-75 <i>Biochar</i> : 10-25 Gas: 10-30	Bridgwater (2012); Brown dan Holmgren (2009); Hornung (2014).

Bahan baku dalam pembuatan *biochar* dapat berasal dari berbagai macam jenis tergantung keinginan dan kebutuhan. Bahan baku tersebut dapat berasal dari potongan kayu, tempurung kelapa (Khoiriyah *et al.*, 2016; Qi *et al.*, 2016; Wibowo *et al.*, 2020), tandan kelapa sawit (Jelvina, 2019), tongkol jagung (Saputra, 2017), sekam padi (Neonbeni *et al.*, 2019), kulit buah kacang-kacangan (Setiawan *et al.*, 2018), limbah pertanian (Nurida dan Rachman, 2012), dan serbuk gergaji (Gani, 2010; Nurkholifah *et al.*, 2020).

### 2.3. Pengaruh Suhu Pembuatan *Biochar* terhadap Media Tumbuh

Suhu memiliki andil besar dalam menentukan karakteristik *biochar* yang akan diaplikasikan pada media tumbuh, yang secara langsung mempengaruhi pertumbuhan tanaman (Santi, 2017). Hal tersebut dikarenakan suhu pemanasan dalam proses pirolisis *biochar* mampu mempengaruhi karakteristik dan kualitas produk akhir yang dihasilkan, meskipun secara visual (kasat mata) tidak terdapat

perbedaan yang mencolok. Perbedaan ini dapat diidentifikasi dari status unsur yang tertinggal di dalam *biochar*, dengan mengamati *signal* panjang gelombang gugus fungsional organik (spektrum IR) atau dengan detail identifikasi ruang pori dan luas permukaan *biochar* menggunakan mikroskop. Contohnya kualitas *biochar* berbahan dasar kayu willow menunjukkan kualitas terbaik dihasilkan pada suhu 470°C dengan lama pemanasan selama 15 menit. Hal ini disebabkan terdapatnya pengayaan sejumlah unsur hara penting kalium (K) dan fosfor (P) di dalam produk akhir yang dihasilkan (Prayogo *et al.*, 2012).

Perbedaan suhu pirolisis secara langsung mempengaruhi sifat fisik *biochar* yang dihasilkan, dikarenakan masing-masing struktur mikroskopis kayu yang tersusun pada kayu meranti akan terdekomposisi pada suhu yang berbeda, kayu meranti akan mulai kehilangan seluruh kandungan air pada suhu 105°C, Hemiselulosa terdekomposisi pada suhu 210°C-310°C, selanjutnya pada suhu 300°C-400°C selulosa mulai terdekomposisi, dan terakhir lignin akan mulai terdekomposisi pada suhu 150°C-900°C (Mazlan *et al.*, 2015). Karbonisasi yang terjadi pada proses pirolisis akan menjadikan *biochar* menjadi bahan organik yang mampu meningkatkan kandungan C-organik pada tanah (Utami dan Handayani, 2003), akumulasi C-organik tanah dapat mempengaruhi sifat tanah menjadi lebih baik secara fisik, kimia dan biologi. Karbon merupakan salah satu sumber energi yang dapat dimanfaatkan mikroorganisme tanah untuk bermetabolisme, sehingga keberadaan C-organik dalam tanah akan memacu kegiatan mikroorganisme sehingga meningkatkan proses dekomposisi tanah dan juga reaksi-reaksi yang memerlukan bantuan mikroorganisme, misalnya pelarutan P, dan fiksasi N (Afandi *et al.*, 2015).

Aplikasi *biochar* dengan suhu 400°C dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit pada media tanam dengan jenis tanah *Lithic Hapludults*. *Biochar* dengan suhu tersebut dapat meretensi hara, karbon organik, serta meningkatkan nilai KTK. Kombinasi pemberian *biochar* sebanyak 150 g per bibit dengan 75% dosis pupuk NPK-Mg menghasilkan bobot kering bibit dan kadar hara N paling tinggi. Perlakuan ini juga mampu mempertahankan kadar C-organik dan KTK dalam tanah *Lithic Hapludults* lebih baik daripada perlakuan pupuk NPK-Mg saja (kontrol) (Santi, 2017). Pengaplikasian *biochar* sekam padi

yang dipirolisis pada suhu 500°C mampu meningkatkan kuantitas pertambahan jumlah daun, pertambahan tinggi dan diameter tanaman jagung, dikarenakan terdapat perbaikan kualitas media tumbuh dibandingkan dengan *biochar* sekam padi yang dipirolisis pada suhu yang lebih rendah (Verdiana *et al.*, 2016).

#### **2.4. Pengaruh Dosis *Biochar* pada Tanaman**

Dosis *biochar* yang diaplikasikan pada media tanam juga sangat penting untuk ditentukan (Goenadi dan Santi, 2017; Niswati *et al.*, 2017; Santi, 2017; Siregar, 2007). Pemberian 150 g *biochar* cangkang sawit per bibit sawit yang dikombinasikan dengan 75% dosis pupuk NPK-Mg pada pengukuran enam bulan setelah aplikasi dapat meningkatkan ketersediaan hara N dan P di dalam tanah (Santi, 2017). Rostaliana *et al.*, (2012), menyatakan pemanfaatan *biochar* 12 ton/ha memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan kualitas tanah, yaitu berat volume dan K tersedia, selain itu juga berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman jagung. Sejumlah studi yang dilakukan melaporkan efek positif dari aplikasi *biochar* ke tanaman pangan dengan dosis 5-50 ton/ha dengan pengelolaan yang tepat, ini merupakan kisaran yang besar, akan tetapi sering kali beberapa kisaran penggunaan dosis tertinggi menunjukkan hasil terbaik (Jelvina, 2019).

Penambahan arang serbuk gergaji, arang serbuk gergaji dicampur cuka kayu, arang kompos serasah dan arang kompos serasah dicampur cuka kayu pada tanaman jabon berpengaruh nyata terhadap peningkatan tinggi dan diameter tanaman jabon dibandingkan kontrol yang tidak diberikan *biochar* sama sekali (Pari, 2012).

Penambahan *biochar* sebanyak 10 ton/ha pada komponen teknologi budidaya jagung berpengaruh sangat baik. Hal ini ditunjukkan dengan pertumbuhan jagung yang lebih baik, yaitu jumlah daun pada umur 60 dan 90 Hari Setelah Tanam (HST) lebih banyak dibandingkan dengan teknologi tanpa *biochar* yang biasa diterapkan oleh petani. Jumlah daun berkorelasi positif terhadap peningkatan hasil fotosintesis. Hal ini terbukti dengan meningkat produktivitas hingga 35,7% dari 6,72 ton/ha menjadi 9,12 ton/ha pipilan kering (Sutrisna, 2019). Penelitian serupa dengan menggunakan tanaman jagung sebagai spesimen percobaan menunjukkan dosis *biochar* cenderung lebih baik ketika

dalam perawatan 15 ton. Interaksi antara kompos dan *biochar* yang memberikan hasil terbaik ditemukan pada perlakuan kombinasi 30 ton ha kompos dan *biochar*. penambahan luas dan panjang daun serta pertumbuhan akar jagung juga diketahui meningkat setelah diaplikasikan *biochar* pada lahan pertanian (Brennan *et al.*, 2014). *Biochar* juga diketahui memiliki pengaruh positif pada pertumbuhan tanaman pertanian sayur-sayuran dalam meningkatkan luas daun, persebaran akar dan bobot kering, seperti sayuran caisim atau sawi manis (Niswati *et al.*, 2017), selada (Naikofi *et al.*, 2016) dan genjer (Suprastiyo *et al.*, 2018).

Dosis *biochar* berpengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman pertumbuhan dan hasil tanaman okra tertinggi dijumpai pada perlakuan dosis *biochar* 10 ton/ha. Hal ini diduga bahwa dosis *biochar* 10 ton/ha mampu mendukung proses pertumbuhan dan hasil tanaman okra, karena *biochar* memiliki kapasitas menahan air yang tinggi dan dapat menjaga unsur hara N agar tidak mudah tercuci dan menjadikannya lebih tersedia untuk tanaman. Terdapat interaksi yang sangat nyata antara dosis *biochar* dengan dosis pupuk kandang pada tinggi tanaman umur 15 dan 45 HTS. Terdapat interaksi yang nyata antara dosis *biochar* dengan pupuk kandang terhadap berat buah per tanaman, diameter buah dan potensi hasil. Interaksi terbaik terdapat pada perlakuan dosis *biochar* 10 ton/ha dan pupuk kandang 5 ton/ha (Ichwal *et al.*, 2017).

Penelitian yang dilakukan oleh Setiawan *et al.*, (2018), menunjukkan bahwa dosis pupuk kompos sebesar 30 ton/ha yang ditambahkan dengan 2 ton/ha *biochar* merupakan perlakuan terbaik untuk mendukung pertumbuhan dan hasil jagung manis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *biochar* sekam padi dapat memberikan pertumbuhan dan hasil tanaman yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan pupuk tanpa *biochar*. Aplikasi *biochar* sebesar 2 ton/ha dan 4 ton/ha mampu mengurangi dosis pupuk anorganik pada tanaman jagung (Verdiana *et al.*, 2016).

Penggunaan *biochar* pada kondisi tertentu, tentu saja akan menghasilkan hasil yang berbeda pada kondisi yang berbeda, seperti yang dilaporkan oleh Niswati *et al.*, (2017), pengaplikasian *biochar* dengan dosis 20% pada lapisan *subsoil* akan berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman caisim daripada *biochar* yang diaplikasikan pada lapisan *topsoil*. Indikator pertumbuhan caisim (Jumlah

daun, tinggi, bobot kering dan lebar daun) dipengaruhi oleh penyerapan K pada tanah (Niswati *et al.*, 2017).

## 2.5. *Biochar* Berbahan Dasar Kayu Meranti

Pirolisis *biochar* berbahan meranti menghasilkan jumlah massa tertinggi pada suhu 450°C yaitu sebesar 38,7%. Komponen terbanyak dari hasil pirolisis kayu meranti sehingga menjadi *biochar* adalah kandungan karbon dengan komposisi sebanyak 84,9% dari seluruh berat massanya. Tidak hanya itu, nilai kalori yang dihasilkan juga tinggi yaitu 28,5 kJ/g. Ukuran partikel *biochar* menurun seiring dengan pertambahan suhu, karena kerusakan struktur akibat pemanasan tinggi selama proses pirolisis. Laju penguraian yang tinggi untuk *biochar* meranti dimulai ketika suhu telah mencapai 400°C. Hal tersebut juga menunjukkan *biochar* meranti dapat bertahan pada suhu tinggi (Mazlan *et al.*, 2015).

*Biochar* meranti yang dipirolisis pada suhu 400°C dan 600°C memiliki karakteristik *biochar* yang berbeda. *Biochar* yang dihasilkan pada suhu 600°C menghasilkan produk *biochar* 18,7% lebih rendah dibandingkan dengan *biochar* meranti yang dipirolisis pada suhu 400°C yang menghasilkan *biochar* sebesar 34,2% dari masa bahan mentah. Parameter pH, kandungan debu dan *fixed carbon* (karbon tetap) menunjukkan bahwa suhu pirolisis 600°C memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan suhu pirolisis 400°C (Hidayat *et al.*, 2021).

## 2.6. Pohon Sengon (*Faltacaria moluccana*)

Sengon merupakan salah satu jenis pohon cepat tumbuh yang banyak ditanam oleh masyarakat Indonesia. Pohon sengon pada umur 7 tahun dapat mencapai diameter setinggi dada 38 cm. Meskipun demikian seluruh bagian pohon sengon yang berumur 7 tahun umumnya masih berupa kayu muda (kayu juvenil). Umumnya rotasi tebang kayu sengon berkisar antara umur 5 sampai 7 tahun dikarenakan tingginya permintaan pasar terhadap kayu sengon, dan hal ini juga bermanfaat dalam mendukung peningkatan pendapatan petani kayu sengon (Krisnawati *et al.*, 2011). Pemberian bahan-bahan pembaik tanah seperti *cocopeat* (dekomposisi kulit kelapa) (Ramadhan *et al.*, 2018) dan pupuk urea



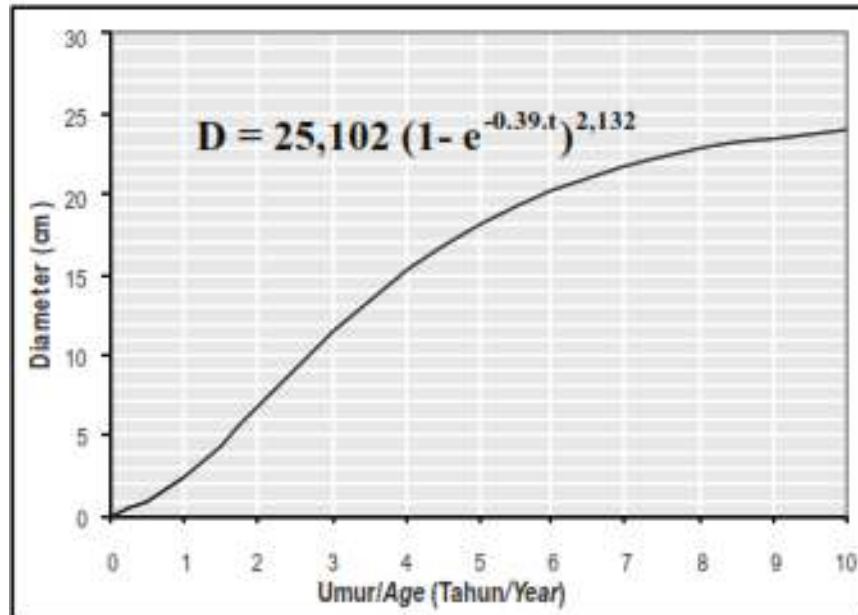
(Prayoga *et al.*, 2018; Haryanto *et al.*, 2021) juga dapat meningkatkan kecepatan tumbuh sengon.

Faktor yang dapat menghambat proses budidaya sengon adalah penyakit seperti yang dibawa oleh cendawan penyebab penyakit *damping-off*. Selain itu, hasil uji patogenisitas *Rhizoctonia* sp. terhadap benih sengon menunjukkan persentase infeksi penyakit antar tanaman adalah sebesar 100%. Serangan *Rhizoctonia* sp. menyebabkan benih busuk sehingga tidak mampu berkecambah (Istikorini dan Sari, 2020). Penggunaan cuka kayu dari kayu tembesu (*Fagraea fragrans*) dan rengas (*Gluta reinghas*) dapat menjadi bahan yang mampu menangkal pengaruh buruk dari aktivitas organisme yang mengganggu pertumbuhan sengon (Riana *et al.*, 2016).

Kayu sengon merupakan pohon jenis *fast growing species* yang banyak dibudidayakan di Indonesia (Karlinsari *et al.*, 2018 ; Utama *et al.*, 2019 ; Ruchyansyah *et al.*, 2018) Hal tersebut dikarenakan kayu sengon memiliki potensi ekonomi yang tinggi. Surata dan Widowati (2017), menganalisis finansial pembibitan sengon pada indikator modal, biaya, keuntungan, tenaga kerja dan produksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keuntungan sebesar Rp 60.000.000/tahun didapatkan pada usaha kayu sengon. Irawanti *et al.*, (2012), melakukan penelitian terkait manfaat ekonomi dan produktivitas budidaya hutan rakyat sengon di Kabupaten Pati, menunjukkan bahwa rata-rata pendapatan petani kayu sengon sebesar Rp. 32.740.801/tahun. Usaha pembibitan sengon tersebut layak untuk diusahakan. Sengon, seperti halnya jenis-jenis pohon cepat tumbuh lainnya, diharapkan menjadi jenis yang semakin penting bagi industri perkayuan di masa mendatang, terutama ketika persediaan kayu pertukangan dari hutan alam semakin berkurang.

Jumlah tanaman sengon di Indonesia baik dalam skala besar ataupun kecil meningkat dengan cepat selama berapa tahun terakhir (Krisnawati *et al.*, 2011) . Berdasarkan data dari BPS terkait produksi perusahaan pembudidayaan tanaman kehutanan tahun 2020, komoditas kayu sengon meningkat sebanyak 77,6% dari tahun 2013 sebesar 29.187 m<sup>3</sup> hingga tahun 2018 sebesar 101.350 m<sup>3</sup>, terjadi penurunan produksi sebesar 38% (BPS, 2020). Faktor penting yang mempengaruhi produksi sengon adalah tempat tumbuh (Khayin 2020; Krisdayani

*et al.*, 2020; Munir 2020; Santosa *et al.*, 2020) dan masa pemanenan kayu (Kusumedi *et al.*, 2010).



Gambar 3. Kurva pertumbuhan diameter kayu sengon (Riyanto dan Kusnandar, 1994).

Pada Gambar 3 terlihat bahwa penambahan diameter sengon sejalan dengan penambahan tahun. sengon akan mengalami pertumbuhan maksimal pada umur 0-5 tahun selanjutnya pertumbuhan akan mulai melambat (Riyanto dan Kusnandar, 1994).

### III METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di demplot yang berada di Kecamatan Kedondong, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung dengan lama waktu penelitian selama 12 bulan. Luas demplot penelitian adalah 1 ha. Lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Peta lokasi demonstrasi plot penelitian.

### 3.2. Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan adalah, bibit sengon yang sudah berusia 6 bulan, *biochar* berbahan dasar kayu meranti yang dipirolisis pada suhu 600°C dan 400°C. Alat yang digunakan adalah, cetok skop, mistar dengan ketelitian 1 mm, pita meter dengan ketelitian 1 mm, mikrometer sekrup dengan ketelitian 0,05 mm, *cutter section* (Katter) dengan ketebalan 0,01 mm dan cangkul.

### 3.3. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Petak Terpisah (RPT) dengan rancangan lingkungan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dalam faktorial. Penelitian ini menggunakan 2 faktor yaitu suhu pirolisis pembuatan *biochar* dengan taraf suhu 400°C dan 600°C serta faktor dosis pemberian *biochar* dengan taraf 0 ton/ha, 25 ton/ha dan 50 ton/ha. Dosis per hektar merupakan plot utama sedangkan untuk sub-plot-nya adalah suhu pirolisis pembuatan *biochar*. Pengulangan dilakukan sebanyak 8 kali. Sehingga didapat komposisi perlakuan sebagai berikut.

1. Faktor dosis pemberian *biochar* per lubang tanam.

0 ton/ha : D0

25 ton/ha : D2

50 ton/ha : D4

2. Faktor suhu pirolisis pembuatan *biochar*.

Suhu 400°C : S1

Suhu 600°C : S2

Sehingga unit percobaan yang digunakan adalah sebanyak 48 unit percobaan. Pengacakan menggunakan nilai fungsi *random* pada MS. Excel. Pengacakan dilakukan sesuai dengan kaidah rancangan lingkungan RAL dalam faktorial dengan menggunakan 8 kali ulangan seperti Gambar 5.

D1S1	D2S1	D2S1	D1S2	D0S1	D0S2	D1S2	D2S1
D1S2	D2S2	D2S2	D1S1	D0S2	D0S1	D1S1	D2S2
D1S2	D0S2	D0S1	D0S2	D1S1	D2S1	D2S1	D1S2
D1S1	D0S1	D0S2	D0S2	D1S2	D2S2	D2S2	D1S2
D2S1	D1S2	D1S2	D2S2	D0S1	D2S1	D0S2	D0S2
D2S2	D1S1	D1S1	D2S1	D0S2	D2S2	D0S1	D0S1

Gambar 5. Peta pengacakan rancangan lingkungan.

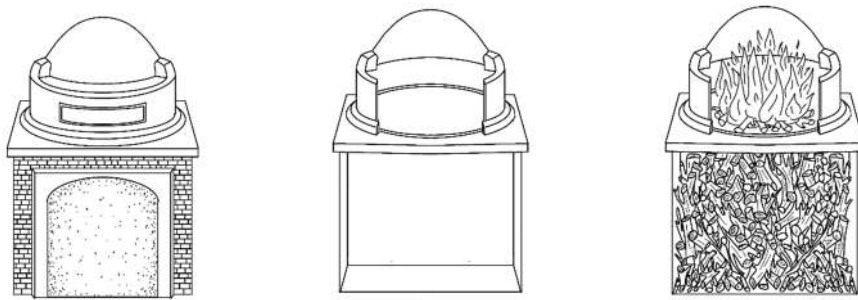
### 3.4. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

#### 1. Tahap Persiapan

##### a. Produksi *Biochar*

Bahan baku berupa *biochar* berbahan dasar kayu meranti dengan suhu pirolisis 400°C dan 600°C diproduksi di PT Kendi Arindo, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung. Pembuatan *biochar* dilakukan dengan menggunakan tungku ruangan berbentuk kubah dibangun dengan bata yang berasal dari tanah liat, kemudian dibentuk menyerupai kubah dengan pembakaran pada bagian atas seperti Gambar 6. *Biochar* dibuat dengan cara memasukkan bahan baku ke dalam tungku hingga memenuhi ruangan dan tidak menyisakan celah agar meminimalisir sirkulasi oksigen ke dalam tungku, kemudian tungku diisolasi dengan menutup pintu masuk kubah menggunakan tanah liat. Pembakaran bahan dilakukan pada bagian atas tumpukan kayu. Setelah api menyala, lubang kontrol di atas tungku dibuka/tutup untuk mengatur suhu dan pasokan oksigen selama proses. Pembakaran dilakukan selama 5-7 hari. Ketika asap mulai menipis, celah udara ditutup satu-persatu, kemudian *biochar* harus didinginkan selama 6-7 hari hingga dapat dikeluarkan dari tungku kubah (Ridjayanti, 2021).



Gambar 6. Tungku ruangan berbentuk kubah.

b. Tahap Persiapan *Biochar*

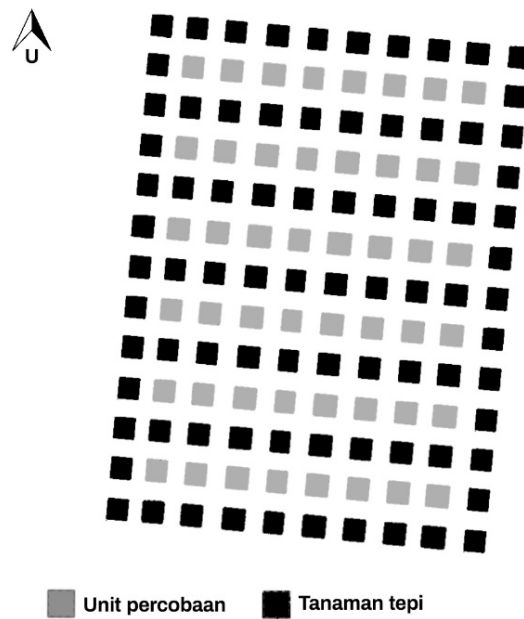
*Biochar* dihaluskan dengan cara menghancurkan bongkahan *biochar* menjadi partikel yang lebih kecil kemudian diayak dengan ayakan halus berukuran 2 mm.

a. Tahap Persiapan Tanaman

Sengon berumur 6 bulan disiapkan sebagai sampel percobaan. Sengon berasal dari persemaian dengan karakteristik tinggi batang seragam.

b. Tahap Persiapan Lahan

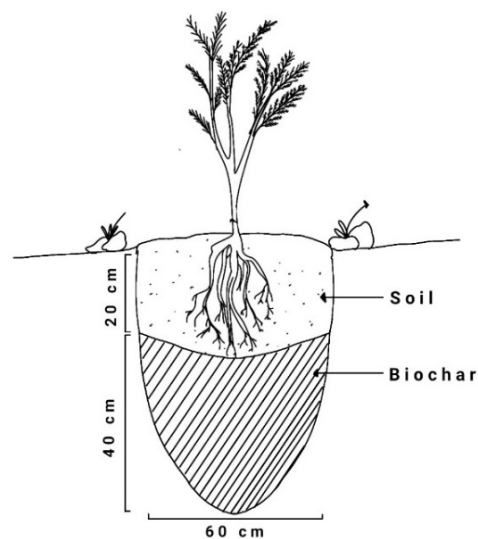
Lahan dibersihkan dari gulma dan ilalang, kemudian lubang tanam sebanyak 140 disiapkan. Terdapat 48 lubang tanam untuk unit penelitian dan 92 lubang tanam sebagai tanaman efek tepi seperti Gambar 7. Jarak antar lubang dan antar jalur unit sampel di tanam tanaman efek tepi adalah 2 m. Lubang tanam memiliki dimensi panjang 60 cm, lebar 60 cm dengan kedalaman 60 cm.



Gambar 7. Denah penanaman.

## 2. Tahap Pelaksanaan

- a. Sengon dipindahkan pada persemaian ke lubang tanam yang telah disediakan. Bibit sengon dipindahkan dari *polybag* ke lubang tanam dengan mengikutsertakan tanah yang ada dalam *polybag*.
- b. *Biochar* dimasukkan pada dasar lubang dengan ketebalan 40 cm. Selanjutnya, *topsoil* dimasukkan di atas lapisan *biochar*, sengon ditanam pada lapisan tanah *topsoil* dan tidak bersentuhan langsung dengan *biochar* seperti Gambar 8.



Gambar 8. Penanaman sengon.

- c. Tanaman dirawat dengan melakukan penyiangan setiap 3 bulan sekali, penyiangan dilakukan dengan cara memusnahkan gulma secara fisik menggunakan sabit/arit serta cangkul. Pengendalian hama dilakukan dengan larutan detergen untuk menghalau hama yang mengganggu pertumbuhan sengon bila diperlukan. Pada awal penanaman dibuat ajir sebagai penanda tanaman agar tanaman tidak diganggu, selain itu diberikan *tagging* (penanda) pada tiap unit sampel agar mudah dalam melakukan pengukuran.

### 3.5. Jenis Data

Penelitian ini menggunakan data primer hasil pengamatan, di antaranya adalah sebagai berikut.

1. Tinggi tanaman didapat dengan mengukur tanaman menggunakan mistar dari bagian pangkal batang tanaman yang tumbuh di permukaan tanah sampai titik tertinggi batang setiap bulan selama 12 bulan.
2. Diameter batang tanaman dengan mengukur menggunakan kaliper setiap bulan selama 12 bulan.
3. Sifat kimia tanah dengan mengambil sampel tanah pada pengamatan bulan ke-12 yang kemudian dianalisis untuk mengetahui kandungan N, P, K, C organik, KTK (Kapasitas Tukar Kation) dan pH pada tanah.



### 3.6. Analisis Data

#### 3.6.1. Analisis Data Statistik

Analisis yang digunakan menggunakan analisis dengan model linier sebagai berikut.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{ik} + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Keterangan :

$Y_{ijk}$  = pengamatan pada satuan percobaan ke-k yang memperoleh kombinasi perlakuan taraf ke-i dari faktor A dan taraf ke-j dari faktor B

$\mu$  = nilai rata-rata yang sesungguhnya (rata-rata populasi)

$\alpha_i$  = pengaruh aditif taraf ke-i dari faktor A

$\beta_j$  = pengaruh aditif taraf ke-j dari faktor B

$(\alpha\beta)_{ij}$  = pengaruh aditif taraf ke-i dari faktor A dan taraf ke-j dari faktor B

$\gamma_{ik}$  = pengaruh acak dari petak utama, yang muncul pada taraf ke-I dari faktor A dalam ulangan ke-k.  $\gamma_{ik} \sim N(0, \sigma\gamma^2)$ .

$\epsilon_{ijk}$  = pengaruh acak dari satuan percobaan ke-k yang memperoleh kombinasi perlakuan ij.  $\epsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma\epsilon^2)$ .

Analisis ragam (ANARA) dilakukan untuk menilai tingkat signifikansi hasil penelitian. ANARA dilakukan pada taraf 95% dan 99%. Setelah dilakukan ANARA, kemudian dilakukan uji nilai tengah Beda Nilai Terkecil (BNT) untuk melihat perlakuan mana yang memberikan pengaruh paling signifikan, menggunakan rumus (Fisher, 1935) berikut.

$$BNT_{\alpha} = (t_{\alpha, df_e}) \cdot \sqrt{\frac{2 (MS_E)}{r}}$$

Keterangan :

A = taraf uji  $\alpha$

$df_e$  = derajat bebas galat

$MS_E$  = nilai kuadrat tengah galat

r = ulangan

Setelah didapat nilai BNT, maka dilakukan pengurutan nilai tengah tiap perlakuan dari yang terbesar hingga terkecil dan juga dilakukan pengelompokan tiap kelas sehingga dapat diambil kesimpulan terkait perlakuan yang paling baik.

### 3.6.2. Analisis Data Deskriptif

Penentuan kriteria nilai KTK, C-Organik dan pH didasarkan pada klasifikasi yang dibuat oleh Soepardi (1983).

Tabel 2. Kriteria KTK tanah

Kapasitas Tukar Kation (me/100gr)	Kriteria
< 5	Sangat Rendah
5 – 16	Rendah
17 – 24	Sedang
25 – 40	Tinggi
> 40	Sangat Tinggi

Sumber : Soepardi (1983)

Tabel 3. Kriteria C-Organik tanah

C-Organik (100%)	Kriteria
< 1,00	Sangat Rendah
1,00 – 2,00	Rendah
2,01 – 3,00	Sedang
3,01 – 5,00	Tinggi
> 5,00	Sangat Tinggi

Sumber : Soepardi (1983)

Tabel 4.. Kriteria pH tanah

pH	Kriteria
< 4,5	Sangat Masam
4,5 – 5,5	Masam
5,6 – 6,5	Agak Masam
6,6 – 7,5	Netral
7,6 – 8,5	Agak Alkalin

Sumber : Soepardi (1983)

## V SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Simpulan

Simpulan yang diperoleh pada penelitian ini adalah:

1. Pemberian *biochar* berbahan dasar kayu meranti dengan suhu pirolisis pembuatan *biochar* 400°C dan 600°C mampu meningkatkan pertumbuhan sengon.
2. Interaksi perlakuan dosis 25 ton/ha dengan suhu pirolisis pembuatan *biochar* 600°C mampu meningkatkan pertumbuhan sengon paling baik dibandingkan dengan perlakuan lain.
3. Pemberian *biochar* selama 12 bulan meningkatkan pH namun tidak menunjukkan perubahan untuk KTK dan C-Organik.

### 5.2. Saran

Pengaplikasian *biochar* dapat dibarengi dengan menambahkan pupuk. Selain itu, pemberian perlakuan dosis dapat dikurangi kuantitasnya untuk mengetahui dosis *biochar* yang paling efisien secara ekonomi dan fungsinya sebagai agen pembenah tanah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abnisa, F., Arami-Niya, A., Daud, W.M.A. W., Sahu, J.N. 2013. Characterization of bio-oil dan bio-char from pyrolysis of palm oil wastes. *Bioenergy Research*. 6(2): 830–840.
- Advinda, L. 2018. *Dasar–Dasar Fisiologi Tumbuhan*. Yogyakarta: Budi Utama. 328 hlm.
- Afandi, F.N., Siswanto, B., Nuraini, Y. 2015. Pengaruh pemberian berbagai jenis bahan organik terhadap tifat kimia tanah pada pertumbuhan dan produksi tanaman ubi jalar. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 2(2): 237–244.
- Agviolita, P., Kusuma, F., Anggraeni, A. 2021. Pengaruh perbedaan biochar terhadap kemampuan menjaga retensi pada tanah. *Fisika Unad*. 10(2): 267–273.
- Aldriana, P. 2016. *Karakterisasi Biochar dan Karbon Aktif Berbahan Dasar Ampas Tebu serta Aplikasinya Untuk Penyisihan*. Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang. 52 hlm.
- Alvarez, J., Lopez, G., Amutio, M., Bilbao, J. 2014. Upgrading the rice husk char obtained by flash pyrolysis for the production of amorphous silica and high quality activated carbon. *Bioresource Technology*. 170(1): 132–137.
- Anggraini, R., Khabibi, J., Ridho, M.R. 2021. Utilization of wood vinegar as a natural preservative for sengon wood (*Falcataria moluccana* Miq.) against fungal attack (*Schizophyllum commune* Fries). *Jurnal Sylva Lestari*. 9(2): 302-313.
- Antal, M.J., Allen, S.G., Dai, X., Shimizu, B., Tam, M. S., Grønli, M. 2000. Attainment of the theoretical yield of carbon from biomass. *Industrial and Engineering Chemistry Research*. 39(11): 4024–4031.
- Ariansyah, E.N., Pamoengkas, P., Fambuyan, R.A., Rachmat, H.N. 2020. Growth evaluation of red meranti species in restoration. *Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. 17(2): 191–205.
- Asmara, A., Tarigan, L.B., Riniarti, M., Prasetia, H., Hidayat, W., Niswati, A., Sukri Banuwa, I., Hasanudin, U. 2021. Pengaruh biochar pada simbiosis

- rhizobium dan akar sengon laut (*Paraserianthes falcataria*) dalam media tanam. *Jurnal of People Forest and Envirotmental*. 1(1):11–20.
- Basu, P. 2018. *Biomass Gasification, Pyrolysis And Torrefaction: Practical Design And Theory*. London: Academic Press. 582 hlm.
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). 2020. BMKG, Data Online Pusat Database. <https://dataonline.bmkg.go.id/home>. Diakses pada 25 Juni 2021
- Bridgwater, A.V. 2012. Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading. *Biomass and Bioenergy*. 38(2):68–94.
- Brito, C., Dinis, L.T., Moutinho-Pereira, J., Correia, C.M. 2019. Drought stress effects and olive tree acclimation under a changing climate. *Plants*. 8(7): 1–20.
- Brown, R., and Holmgren, J. 2009. Fast Pyrolysis and Upgrading. [https://www.energy.gov/sites/prod/files/2017/05/f34/thermochem\\_zacher\\_2.3.1.301-302.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/2017/05/f34/thermochem_zacher_2.3.1.301-302.pdf). Diakses pada 15 Juni 2021.
- Butar, V.B., Duryat, Hilmanto, R. 2019. Strategi pengembangan hutan rakyat di Desa Bandar Dalam kecamatan sidomulyo Kabupaten Lampung Selatan. *Jurnal Sylva Lestari*. 7(1): 110–117.
- Dewi, W.S., Prijono, S. 2019. Effect of high doses of rice husk biochar on soil physical properties and growth of maize on a typic kanhapludult. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 6(01): 1157–1163.
- Encinar, J.M., Beltrán, F.J., Bernalte, A., Ramiro, A., González, J.F. 1996. Pyrolysis of two agricultural residues: Olive and grape bagasse. Influence of particle size and temperature. *Biomass and Bioenergy*. 11(5): 397–409.
- Farrasati, R., Pradiko, I., Rahutomo, S., Sutarta, E.S., Santoso, H., Hidayat, F. 2020. C-organik tanah di perkebunan kelapa sawit SumateraUtara: status dan hubungan dengan beberapa sifat kimia tanah. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 43(2): 157-165.
- Febriani, W., Riniarti, M., Surnayanti, S. 2017. Penggunaan berbagai media tanam dan inokulasi spora untuk meningkatkan kolonisasi ektomikoriza dan pertumbuhan *Shorea javanica*. *Jurnal Sylva Lestari*. 5(3): 87-98.
- Febriyanti, F., Fadila, N., Sanjaya, A.S., Bindar, Y., Irawan, A. 2019. Pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit menjadi bio-char, bio-oil dan gas dengan metode pirolisis. *Jurnal Chemurgy*. 3(2): 12–17.
- Gani, A. 2010. *Multiguna Arang-Hayati Biochar*. Jakarta: Sinar Tani. 42 hlm.
- Goenadi, D., Santi, L. 2017. Kontroversi aplikasi dan standar mutu biochar. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. 11(1): 23–32.

- Guedes, R.E., Luna, A.S., Torres, A.R. 2018. Operating parameters for bio-oil production in biomass pyrolysis: A review. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 129(3): 134–149.
- Hagner, M., Kemppainen, R., Jauhiainen, L., Tiilikkala, K., Setälä, H. 2016. The effects of birch (*Betula* spp.) biochar and pyrolysis temperature on soil properties and plant growth. *Soil and Tillage Research*. 163(1): 224–234.
- Hairiah, K., Cipto, S., Utami, S.R., Purnomosidhi, P., Roshetko, J. M. 2004. Diagnosis faktor penghambat pertumbuhan akar sengon (*Paraserianthes falcataria* L. Nielsen) pada ultisol di Lampung utara. *Agrivita*. 26(1): 89--98.
- Hardiatmi, S. (2010). Investasi tanaman kayu sengon dalam wanatani cukup menjanjikan. *Jurnal Inovasi Pertanian*. 9(2): 17–21.
- Haryanto, A., Hidayat, W., Hasanudin, U., Iryani, D.A., Kim, S., Lee, S., Yoo, J. 2021. Valorization of Indonesian wood wastes through pyrolysis: a review. *Energies*. 14(5): 1407-1418.
- Hayati, A., Fadillah, M., Nazari, Y.A. 2020. Pengaruh pemberian bahan organik terhadap ph , kapasitas tukar kation ( ktk ) dan c organik tanah tukungan pada umur yang berbeda. Prosiding. *Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*. 144(3): 199-203.
- Herrmann, L., Lesueur, D., Robin, A., Robain, H., Wiriyakitnateekul, W., Bräu, L. 2019. Impact of biochar application dose on soil microbial communities associated with rubber trees in North East Thailand. *Science of the Total Environment*. 689 (2):970–979.
- Hidayat, W., Qi, Y., Jang, J.H., Febrianto, F., Lee, S.H., Chae, H.M., Kondo, T., Kim, N.H. 2017. Carbonization characteristics of juvenile woods from some tropical trees planted in Indonesia. *Journal of the Faculty of Agriculture*. 62(1): 145–152.
- Hidayat, W., Riniarti, M., Prasetya, H., Niswati, N., Hasanudin, U., Banuwa, I. S., Yoo, J., Kim, S., Lee, S. 2021b. Characteristics of biochar produced from the harvesting wastes of meranti (*Shorea* sp.) and oil palm (*Elaeis guineensis*) empty fruit bunches. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 749:(012040) 45-58.
- Hornung, A. 2014. *Transformation of Biomass: Theory to Practice*. New Jersey, United States: Wiley. 371 hlm.
- IBI. 2012. What is Biochar? International Biochar Initiative. [www.biocharinternational.org](http://www.biocharinternational.org). Diakses pada 12 Mei 2021
- Ichwal, R., Zaitun, Z., Kesumawati, E. 2017. Pengaruh dosis biochar dan pupuk kandang terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman okra (*Abelmoschus esculentus* L.). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian Unsyiah*. 2(1): 320–

330.

- Ippolito, J.A., Stromberger, M.E., Lentz, R.D., Dungan, R.S. 2016. Hardwood biochar and manure co-application to a calcareous soil. *Chemosphere*. 142 (1): 84–91.
- Irawanti, S., Prawesti Suka, A., Ekawati, S. 2012. Manfaat ekonomi dan peluang pengembangan hutan rakyat sengon di Kabupaten Pati. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*. 9(3): 126–139.
- Istikorini, Y., dan Sari, O.Y. 2020. Survey identifikasi penyebab penyakit damping-off pada sengon (*Paraserianthes falcataria*). *Jurnal Sylva Lestari*. 8(1): 32–41.
- Jelvina, Y. 2019. *Pengaruh Pemberian Biochar Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (Elaeis guineensis) pada Main Nursery*. Skripsi. Universitas Andalas.
- Kafabih, F. 2017. *Penentuan Kualitas Tempat Tumbuh Sengon (Paraserianthes falcataria (L.) Nielsen) pada Areal IUPHHK- HTI Trans PT. Belantara Subur Kalimantan Timur*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 46 hlm.
- Karlinasari, L., Lestari, A.T., Priadi, T. 2018. Evaluation of surface roughness and wettability of heat-treated, fast-growing tropical wood species sengon (*Paraserianthes falcataria (L.) I.C.Nielsen*): jabon (*Anthocephalus cadamba (Roxb.) Miq*): and acacia (*Acacia mangium Willd.*). *International Wood Products Journal*. 9(3): 142–148.
- Khayin, I.R.N. 2020. *Pengaruh Komposisi Media Tanam Bekas Abu Vulkanik Erupsi Gunung Kelud Tahun 2014 dan Jenis Pupuk Kandang Terhadap Pertumbuhan Sengon (Paraserianthes falcataria l.)*. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Malang. Malang. 53 hlm.
- 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.
- Krisdayani, P.M., Proborini, M.W., Kriswiyanti, E. 2020. Pengaruh kombinasi pupuk hayati endomikoriza, *Trichoderma* spp., dan pupuk kompos terhadap pertumbuhan bibit sengon (*Paraserianthes falcataria (l.) nielsen*). *Jurnal Sylva Lestari*. 8(3): 40-54.
- Krisnawati, H., Varis, E., Kallio, M., Kanninen, M. 2011. *Paraserianthes falcataria (L.) Nielsen: ecology, silviculture and productivity*. CIFOR. Bogor. 87 hlm.
- Kusumedi, P., Ainun Jariyah, N. 2010. Analisis finansial pengelolaan agroforestri dengan pola sengon kapulaga di Desa Tirip, kecamatan Wadaslintang, Kabupaten Wonosobo. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*. 7(2): 93–100.

- Kwon, G. J., Kim, A., Lee, H., Lee, S., Hidayat, W., Febrianto, F., Kim, N., H. 2018. Characteristics of white charcoal produced from the charcoal kiln for thermotherapy. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*. 46(5): 527-540.
- Lee, J., Kim, K.H., Kwon, E.E. 2017. Biochar as a catalyst. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 77(1): 70–79.
- Lefebvre, D., Román-Dañobeytia, F., Soete, J., Cabanillas, F., Corvera, R., Ascorra, C., Fernandez, L. E., Silman, M. 2019. Biochar effects on two tropical tree species and its potential as a tool for reforestation. *Forests*. 10(8): 1–14.
- Leng, L., Yuan, X., Zeng, G., Shao, J., Chen, X., Wu, Z., Wang, H., Peng, X. 2015. Surface characterization of rice husk bio-char produced by liquefaction and application for cationic dye adsorption. *Fuel*. 155(3): 77–85.
- 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 and greenhouse gas emissions: a review. *Journal of Soils and Sediments*. 18(2): 546–563.
- Listyarini, E., Prabowo, Y. 2020. Pengaruh biochar tongkol jagung diperkaya amonium sulfat terhadap kemantapan agregat tanah, beberapa sifat kimia tanah dan pertumbuhan tanaman jagung. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 7(1): 101–108.
- Lopez, F., Centeno, T. 2013. Textural and fuel characteristics of the chars produced by the pyrolysis of waste wood, and the properties of activated carbons prepared from them. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 104(1): 551–558.
- Marsha, N.D., Aini, N., Sumarni, T. 2014. Pengaruh frekuensi dan volume pemberian air pada pertumbuhan tanaman *Crotalaria mucronata* Desv. *Jurnal Produksi Tanaman*. 2(8): 673–678.
- Mahawira, B., Sucipto, T., Hartono, R. 2016. Jenis, harga kayu komersil dan analisis ekonomi pada industri kayu sekunder (panglong) di Kabupaten Karo. *Peronema Forestry Science Journal*, 5(1): 28–35.
- 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: Conference Series*. 622(1): 1–7.
- McNulty, S.G., Swank, W.T. 1995. Wood  $(\Delta)^{(13)}C$  as a measure of annual basal area growth and soil water stress in a pinus strobus forest. *Ecology*. 76(5): 1581–1586.
- Mehmood, K., Chávez Garcia, E., Schirrmann, M., Ladd, B., Kammann, C.,



- Wrage-Mönnig, N., Siebe, C., Estavillo, J. M., Fuertes-Mendizabal, T., Cayuela, M., Sigua, G., Spokas, K., Cowie, A.L., Novak, J., Ippolito, J.A., Borchard, N. 2017. Biochar research activities and their relation to development and environmental quality. *Agronomy for Sustainable Development*. 37(3): 1–22.
- Muhidin, A.A. 2017. *Perubahan Sifat Fisika Tanah Ultisol Akibat Pembenh Tanah dan Pola Tanam*. Skripsi. Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh. 50 hlm.
- Munir, A. 2020. Pengaruh umur tanaman terhadap dimensi pohon sengon (*Paraserianthes falcataria*. L) pada ketinggian tempat tumbuh yang berbeda. *Wanamukti: Jurnal Penelitian Kehutanan*. 21(1): 67-80.
- Nadeak, N., Qurniati, R., Hidayat, W. 2014. Analisis finansial pola tanam agroforestri di Desa Pesawaran Indah Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung. *Jurnal Sylva Lestari*. 1(1): 65-78.
- Neonbeni, E.Y., Boe, V., Berek, A.K. 2019. Uji efek aplikasi takaran biochar dan kompos kirinyuh tahun ke-dua terhadap pertumbuhan dan hasil selada darat (*Lactuca Sativa* L.). *Savana Cendana*. 4(03): 48–51.
- Niswati, A., Salam, A.K., Utomo, M., Suryani, M. 2017. Perubahan sifat kimia tanah dan pertumbuhan tanaman caisim akibat pemberian biochar pada topsoil dan subsoil Ultisol. Prosiding. *Seminar Nasional BKS PTN Wilayah Barat Bidang Pertanian 2017*. 76(1):455–463.
- Novita, S.A., Santosa, Nofildi, Andrasuryani, Fudholi, A. 2021. Artikel review: parameter operasional pirolisis biomassa. *Agroteknika*. 4(1): 53–67.
- Nugraha, G., Herawatiningsih, R., Nugroho, J. 2013. Peat land suitability evaluation for sengon plant (*Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen) in Kuala Dua village Kubu Raya district. *Journal of Chemical Information and Modeling*. 53(9): 1689–1699.
- Nurkholifah, V., Rinarti, M., Prasetya, H., Hasanudin, U., Niswati, A., Hidayat, W. 2020. Karakteristik arang dari limbah kayu karet (*hevea brasiliensis*) dan tandan kosong kelapa sawit (*Elaeis guineensis*). *Seminar Nasional Konservasi 21 April 2020: Konservasi Sumberdaya Alam untuk Pembangunan Berkelanjutan*. 2(21): 235-240.
- Nurida, L.N., Rachman, A. 2012. Alternatif pemulihan lahan kering masam terdegradasi dengan formula pembenah tanah biochar di typic kanhapludults Lampung. *Prosiding Seminar Multifungsi dan Revitalisasi Pertanian*. (9): 12(1):639–648.
- Nurida, N.L. 2017. Potensi pemanfaatan biochar untuk rehabilitasi lahan kering di Indonesia. Prosiding. *Potency of Utilizing Biochar for Dryland*

- Rehabilitation in Indonesia*. 8(2):57–68.
- Park, S.H., Jang, J.H., Qi, Y., Hidayat, W., Hwang, W. J., Febrianto, F., Kim, N.H. 2018. Anatomical and physical properties of Indonesian bamboos carbonized at different temperatures. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*. 46(6): 9-18.
- Pari, S.K.G. 2012. Arang hayati dan turunannya sebagai stimulan pertumbuhan jaban dan sengon. *Buana Sains*. 6 (12): 1–6.
- Permana, R.D., Oramahi, H.A., Diba, F. 2021. Efficacy of Liquid Smoke Produced from Medang Wood (*Cinnamomum* sp.) against *Schizophyllum commune*. *Jurnal Sylva Lestari*. 9(2): 269-279.
- Philip, J. 1966. Plant water relations: some physical aspects. *Plant Physiology*. 17(1): 245–268.
- Pieplow, H., Schmidt, H.P., Draper, K. 2016. *Terra preta : how the world's most fertile soil can help reverse climate change and reduce world hunger : with instructions on how to make this soil at home*. Quebec: Greystone Books. 208 hlm.
- Prayoga, D., Riniarti, M., Duryat, D. 2018. Aplikasi rhizobium dan urea pada pertumbuhan semai sengon laut. *Jurnal Sylva Lestari*. 6(1): 1–8.
- Prayogo, C., Lestari, N.D., Wicaksono, K. S. 2012. Karakteristik dan kualitas biochar dari pyrolysis biomassa tanaman bio-energi willow (*Salix* sp). *Buana Sains*. 12(2): 9–18.
- Putri, V.I., Muklis, Hidayat, B. 2017. Pemberian beberapa jenis biochar untuk memperbaiki sifat kimia tanah ultisol dan pertumbuhan tanaman jagung. *Agroekoteknologi*. 5(4): 824–828.
- Putri, W.N., Nelvia, N., Idwar, I. 2020. Pengaruh biochar dan pupuk hijau *Calopogonium mucunoides* terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai (*Glycine max* L. Merrill) serta makrofauna tanah di gawangan tanaman kelapa sawit. *Jurnal Agroteknologi*. 10(2): 58–66.
- Qi, Y., Jang, J.H., Hidayat, W., Lee, A.H., Lee, S.H., Chae, H.M., Kim, N.H. 2016. Carbonization of reaction wood from *Paulownia tomentosa* and *Pinus densiflora* branch woods. *Wood Science and Technology*. 50(5): 973–987.
- Quicker, P., Weber, K. 2016. *Biokohle*. Trondheim, Norwegen: Springer Fachmedien Wiesbaden. 443 hlm.
- Ramadhan, D., Riniarti, M., Santoso, T. 2018. Pemanfaatan cocopeat sebagai media tumbuh sengon laut (*Paraserianthes falcataria*) dan merbau darat (*Intsia palembanica*). *Jurnal Sylva Lestari*. 6(2): 22–31.

- Riana, A., Khabibi, J., Ridho, M.R. 2016. Utilization of wood vinegar as a natural preservative for sengon wood (*Falcataria moluccana* Miq.) against fungal attack (*Schizophyllum commune* Fries). *Jurnal Sylva Lestari*. 4(1): 11–20.
- Ridjayanti, S.M. 2021. *Karakteristik Briket Arang Limbah Kayu Sengon (Falcataria moluccana) dengan Variasi Kadar Perekat Tapioka Dan Tipe Tungku Pirolisis*. Skripsi Univerista Lampung. Lampung. 52 hlm.
- Ridjayanti, S.M., Bazenet, R.A., Hidayat, W., Banuwa, I.S., Riniarti, M. 2021. Pengaruh variasi kadar perekat tapioka terhadap karakteristik briket arang limbah kayu sengon (*Falcataria moluccana*). *Perennial*. 17(1): 5–11.
- Rinaldi, A., Fajar, R.A., Widodo, L.E. 2017. Karakterisasi derajat kejenuhan tanah berdasarkan pendekatan logaritma potensial kapiler. Prosiding. *Seminar Nasional Ilmu Pengetahuan, Teknologi, dan Seni (Semnas-IPTEKS)*. Bandung. 8(1):19–20.
- Riniarti, M., Hidayat, W., Prasetya, H., Niswati, A., Hasanudin, U., Banuwa, I. S., Yoo, J., Kim, S., Lee, S. 2021a. Using two dosages of biochar from shorea to improve the growth of *Paraserianthes falcataria* seedlings. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 749: (012049) 64-76.
- Riniarti, M., Prasetya, H., Niswati, A., Hasanudin, U., Banuwa, I.S., Loka, A.A., Yoo, J.H., Kim, S.D., Lee, S.H., Hidayat, W. 2021b. Effects of Meranti Biochar Addition on the Root Growth of *Falcataria moluccana* Seedlings. *Advances in Engineering Research*. 202(4): 181-184.
- Riyanto, H.D., Kusnandar, E. 1994. Kurva pertumbuhan dan laju pertumbuhan diameter sengon. *Pengembangan Teknologi Reboisasi*. 6(3): 40–52.
- Ruchyansyah, Y., Wulandari, C., Riniarti, M. 2018. Pengaruh pola budidaya pada hutan kemasyarakatan di areal kelola kph viii Batutegei terhadap pendapatan petani dan kesuburan tanah. *Jurnal Sylva Lestari*. 6(1): 100–106.
- Rusdiana, O., Fakura, Y., Kusuman, C., Hidayat, Y. 2000. Respon pertumbuhan akar tanaman sengon (*Paraserianthes falcataria*) terhadap kepadatan dan kandungan air tanah podsolik merah kuning. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*. 6(2): 43–53.
- Safitri, I. N., Setiawati, T.C., Bowo, C. 2018. Biochar dan kompos untuk peningkatan sifat fisika tanah dan efisiensi penggunaan air. *Techno: Jurnal Penelitian*. 7(01): 116-130.
- Salim, R., Cahyana, B.T., Putra Prabawa, I.D.G., Hamdi, S. 2019. Potensi bambu untuk pemanfaatan sebagai bahan bakar arang dengan metode pengarangan retort tungku drum. *Jurnal Riset Teknologi Industri*. 13(2): 230-241.
- Santi, L.P. 2017. Pemanfaatan biochar asal cangkang kelapa sawit untuk

- meningkatkan serapan hara dan sekuestrasi karbon pada media tanah lithic hapludults di pembibitan kelapa sawit. *Tanah dan Iklim*. 41(1): 9–16.
- Santosa, S., Ruslan Umar, M., Amir, N.J. 2020. Analisis kandungan N, P, K, porositas media pembibitan pertumbuhan bibit sengon *Paraserianthes falcataria* (l) nielsen. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*. 5(1): 61–68.
- Saputra, D. 2017. Analisis pertumbuhan ekonomi dan tingkat ketimpangan antar Kabupaten/kota di Provinsi Jawa Barat. *Creative Research Journal*. 2(1): 1–18.
- Setiawan, A.Y., Eko, W., Islami, T. 2018. Pengaruh pemberian tiga jenis dan dosis biochar pada pertumbuhan dan hasil kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*. 6(6): 1171–1179.
- Setiawan, B., Khairil, K., Hermanto, S.R. 2021. Aplikasi biochar sekam padi dan tepung cangkang kerang ale-ale untuk memperbaiki sifat kimia tanah sulfat masam. *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi*. 14(1): 55–60.
- Shaaban, M., Van Zwieten, L., Bashir, S., Younas, A., Núñez-Delgado, A., Chhajro, M.A., Kubar, K.A., Ali, U., Rana, M.S., Mehmood, M.A., Hu, R. 2018. A concise review of biochar application to agricultural soils to improve soil conditions and fight pollution. *Journal of Environmental Management*. 228(3): 429–440.
- Singh, C., Tiwari, S., Gupta, V. K., Singh, J.S. 2018. The effect of rice husk biochar on soil nutrient status, microbial biomass and paddy productivity of nutrient poor agriculture soils. *Catena*. 171(6): 485–493.
- Sinon, I.L.S. 2007. Pertumbuhan lingkaran pohon jati pada dua sistem kultur berbeda di Jawa Timur. *Natural*. 53(2): 1689–1699.
- Siregar, C.A. (2007). Effect of charcoal application on the early growth stage of *Acacia mangium* and *Michelia montana*. *Indonesian Journal of Forestry Research*. 4(1): 19–30.
- Soepardi, G. 1983. *Sifat dan Ciri Tanah*. Bogor: Departemen Ilmu Tanah Fakultas Pertanian IPB. Bogor. 147 hlm.
- Sukarman, S., Kainde, R., Rombang, J., Thomas, A. 2012. Pertumbuhan bibit sengon (*Paraserianthes falcataria*) pada berbagai media tumbuh. *Eugenia*. 18(3): 215–221.
- Suprastiyo, A., Lakitan, B., Susilawati, S. 2018. *Pengaruh Dosis Aplikasi Biochar Terhadap Pertumbuhan Tanaman Genjer (Limnocharis flava)*. Skripsi. Repository Unsri. Palembang. 42 hlm.
- Sutrisna, N. 2019. Pengaruh penambahan biochar pada komponen teknologi budidaya jagung di lahan kering Majalengka. *Creative Research Journal*. 5(02): 93-104.

- Syah, P. R. 2016. *Pengaruh Pupuk Kompos dan Biochar Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Jagung Manis Varietas Bonanza FL (Zea mays)*. Skripsi. Universitas Syah Kuala. Aceh. 49 hlm.
- Tewari, V.P., Gabriel Álvarez-González, J., García, O. 2014. Developing a dynamic growth model for teak plantations in India. *Forest Ecosystems*. 23(1): 10–19.
- Utama, R.C., Febryano, I.G., Herwanti, S., Hidayat, W. 2019. Saluran pemasaran kayu gergajian sengon (*Falcataria moluccana*) pada industri penggergajian kayu rakyat di Desa Sukamarga, kecamatan Abung Tinggi, Kabupaten Lampung utara. *Jurnal Sylva Lestari*. 7(2): 195–203.
- Venderbosch, Prins, W. 2012. Perspective: jatropha cultivation in southern India: assessing farmers' experiences. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*. 6(3): 246–256.
- Verdiana, M.A., Thamrin, H.S., Titin, S. 2016. Pengaruh berbagi dosis biochar sekam padi dan pupuk npk terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung (*Zea mays* l.). *Jurnal Produksi Tanaman*. 4(8): 611–616.
- Wahyudi, A., Indriyanto, Riniarti, M. 2014. Upaya perbaikan pertumbuhan tanaman jabon (*Anthocephalus cadamba*) dengan pemberian pupuk kompos kotoran sapi pada beberapa ketinggian tempat. *Jurnal Sylva Lestari*. 2(2): 17-24.
- Wasis, B., Syarif, D.N. 2019. Pertumbuhan bibit sengon (*Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen) pada media bekas tambang pasir dengan pemberian subsoil dan arang tempurung kelapa. *Jurnal Silviculture Tropika*. 10(2): 108–113.
- Weber, K., Quicker, P. 2018. Properties of biochar. *Fuel*. 217(4): 240–261.
- Wibowo, T.I.R., Riniarti, M., Prasetya, H., Hasanudin, U., Niswati, A., Hidayat, W. 2020. Karakterisasi arang hayati dari limbah kayu sengon (*Falcataria moluccana*) dan meranti (*Shorea* sp.). *Seminar Nasional Konservasi 21 April 2020: Konservasi Sumberdaya Alam untuk Pembangunan Berkelanjutan*. 11(25):560-563.
- Wijaya, B.A., Riniarti, M., Prasetya, H., Hidayat, W., Niswati, A., Hasanudin, U., dan Banuwa, I. S. 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): 78-89.
- Yargicoglu, E.N., Sadasivam, B.Y., Reddy, K.R., Spokas, K. 2015. Physical and chemical characterization of waste wood derived biochars. *Waste Management*. 36(1): 256–268.
- Yuan, T., He, W., Yin, G., Xu, S. 2020. Comparison of bio-chars formation

derived from fast and slow pyrolysis of walnut shell. *Fuel*. 116(6): 261–275.

Zaenal, K., Ariska, N.D., Nurida, L.N. 2016. Retensi air dan ketahanan penetrasi tanah pada lahan kering masam di Lampung Timur. *Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 3(1): 279–283.

Zhang, Y., Ma, Z., Zhang, Q., Wang, J., Ma, Q., Yang, Y., Luo, X., Zhang, W. 2017. Comparison of the physicochemical characteristics of bio-char pyrolyzed from moso bamboo and rice husk with different pyrolysis temperatures. *BioResources*. 12(3): 4652–4669.

