

**APLIKASI *BIOCHAR* TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT UNTUK
MEMPERBAIKI PERTUMBUHAN SEMAI TANAMAN SENGON
(*Falcataria moluccana*)**

(Skripsi)

Oleh

**Eva Yunita
NPM 1714151060**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

**APLIKASI *BIOCHAR* TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT UNTUK
MEMPERBAIKI PERTUMBUHAN SEMAI TANAMAN SENGON
(*Falcataria moluccana*)**

Oleh

EVA YUNITA

Skripsi

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

pada

**Jurusan Kehutanan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

ABSTRAK

APLIKASI *BIOCHAR* TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT UNTUK MEMPERBAIKI PERTUMBUHAN SEMAI TANAMAN SENGON (*Falcataria moluccana*)

Oleh

Eva Yunita

Kebutuhan kayu mengalami peningkatan karena digunakan sebagai bahan baku industri. Upaya untuk memenuhi kebutuhan tersebut dapat dilakukan dengan menanam tanaman cepat tumbuh, salah satunya sengo. Secara ekologis, sengo dapat meningkatkan kualitas lingkungan seperti meningkatkan kesuburan tanah. Penggunaan pembenah tanah merupakan cara yang dapat ditempuh untuk mempercepat proses pemulihan kualitas tanah. Limbah tandan kosong kelapa sawit dapat dimanfaatkan menjadi *biochar* yang dapat mengurangi emisi karbon dan pada saat bersamaan dapat menjaga kesuburan tanah dan menjadi bahan pembenah tanah (*soil amendment*). Kadar abu yang tinggi menyebabkan berat jenis *biochar* sangat rendah, untuk mengatasi permasalahan ini yaitu dengan mencampurkan *biochar* dengan tanah dan air. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh dan dosis optimum *biochar* tandan kosong kelapa sawit terhadap pertumbuhan semai tanaman sengo. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan empat perlakuan yaitu tanpa penggunaan *biochar*, *biochar* persentase 5%, *biochar* persentase 10%, dan *biochar* persentase 25%, sedangkan analisis data yang digunakan adalah analisis ragam (Anava) dan uji beda nyata terkecil (BNT). Hasil penelitian penggunaan *biochar* menunjukkan pertumbuhan yang lebih baik disemua parameter dibandingkan dengan tanpa penggunaan *biochar*. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pemberian *biochar* tandan kosong kelapa sawit dengan persentase 25% menunjukkan hasil yang baik untuk memperbaiki dan meningkatkan pertumbuhan tanaman sengo dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

Kata kunci: *biochar*, sengo, tandan kosong kelapa sawit

ABSTRACT

APPLICATION BIOCHAR EMPTY OIL PALM BUNCHES TO IMPROVE SEEDLING GROWTH *Falcataria moluccana*

By

Eva Yunita

Wood needs have increased because it is used as an industrial raw material. Efforts to meet these needs can be made by planting plants to grow fast, one of them is sengon. Ecologically, sengon can improve the quality of the environment such as increasing soil fertility. The use of soil ameliorant is a way that can be taken to accelerate the process of recovery of soil quality. Empty oil palm bunches can be used as biochar which can reduce carbon emissions and maintain soil fertility and become soil amendment at the same time. High ash content causes the weight of biochar to be very low, to overcome this problem by mixing biochar with soil and water. This study aimed to analyze the optimum influence and dose of biochar of empty palm bunch on the growth of sengon plants. The research uses a completely randomized design with four treatments, namely without the use of biochar, biochar percentage of 5%, biochar percentage of 10%, and the biochar percentage of 25%. The data analysis used is a variety of analysis (ANOVA) and the least significance different (LSD). The study results of biochar use show better growth in all parameters compared to without using biochar. This study concluded that the administration of biochar of empty palm bunch with a percentage of 25% showed good results to improve and increase the growth of sengon plants compared to other treatments.

Keywords: biochar, empty palm fruit bunches, sengon, oil

Judul Skripsi : APLIKASI BOCOR TANAH
KOSONG KELAPA SAWIT UNTUK
MEMPERBAIKI PERTUMBUHAN SEMAI
TANAMAN SENGON (*Falcataria moluccana*)

Nama Mahasiswa : Eva Yunita

Nomor Pokok Mahasiswa : 1714151060

Program Studi : Kebunanan

Fakultas : Pertanian

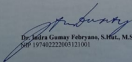



Dr. Melya Riniarti, S.P., M.Si.
NIP. 197705032002122002


Dr. Wahyu Hidayat, S.Hut., M.Sc.
NIP. 1979111420091210001

MENGETAHUI

2. Ketua Jurusan Kebunanan


Dr. Indra Gunay Febryana, S.Hut., M.Si.
NIP. 197402222003121001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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



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



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



Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Iwan Sukri Banawa, M.Si.

10201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 14 Oktober 2021

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Eva Yunita

NPM : 1714151060

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

**"APLIKASI BENCAR TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT UNTUK
MEMPERBAIKI PERTUMBUHAN SEMAI TANAMAN SENGON**

(Falcattaria moluccana)"

Adalah benar karya saya sendiri yang saya susun dengan mengikuti norma dan etika akademik yang berlaku. Selanjutnya, saya juga tidak keberatan apabila sebagian atau seluruh data pada skripsi ini digunakan oleh dosen dan/atau program studi untuk kepentingan publikasi. Jika di kemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar sarjana maupun tuntutan hukum.

Bandar Lampung, 01 Desember 2021

Yang menyatakan



Eva Yunita

NPM. 1714151060

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Labuhan Maringgai pada tanggal 22 Februari 1998. Penulis merupakan anak kedua dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Muhammad Yusuf dan Ibu Sulaeha. Pendidikan formal pertama penulis diawali pada tahun 2005-2010 di SD Negeri 1 Margasari, kemudian penulis melanjutkan pendidikan ke SMP Negeri 1 Labuhan Maringgai tahun 2010-2013, dan pendidikan SMK Kesehatan Tri Bhakti Al-Husna tahun 2013-2016. Tahun 2017 penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Kehutanan melalui jalur SBMPTN (Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri).

Penulis selama menjadi mahasiswa aktif di Himasyilva (Himpunan Mahasiswa Jurusan Kehutanan) sebagai anggota bidang empat yaitu Kominfo dan Pengabdian Masyarakat dan tergabung dalam Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) tingkat Universitas. Penulis pernah mendapatkan Program Mahasiswa Wirausaha dan pernah mendapatkan beasiswa dari Adaro pada periode 2018-2019 dan periode 2019-2020, serta penulis juga pernah mendapatkan beasiswa dari Bank Indonesia dan masuk dalam Divisi Lingkungan Hidup.

Tahun 2019 penulis mengikuti kegiatan magang di Taman Nasional Way Kambas dan tahun 2020 penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata di Kecamatan Sungkai Selatan Kabupaten Lampung Utara. Penulis juga mengikuti kegiatan Praktik Umum di KPH Gedong Wani. Tahun 2021 penulis mempublikasikan artikel pada *Gorontalo Journal of Forestry Research* Vol. 5, No. 1 berjudul “Pengaruh Penambahan Enkapsul *Biochar* Tandan Kosong Kelapa Sawit terhadap Perkembangan Akar Sengon (*Falcataria moluccana*)”.

Bismillahirrahmanirrahim

**Teruntuk Kedua Orang Tuaku Yang Tercinta
Muhammad Yusuf dan Sulaeha**

Motto

**“Waktu bagaikan pedang, jika engkau tidak
memanfaatkannya dengan baik (untuk memotong). Maka
ia akan memanfaatkanmu (dipotong)”**

(HR. Muslim)

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi dengan judul “Aplikasi *Biochar* Tandan Kosong Kelapa Sawit Untuk Memperbaiki Pertumbuhan Semai Tanaman Sengon (*Falcataria moluccana*)” merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Kehutanan di Universitas Lampung. Penelitian ini mendapat bantuan dana dari Korean Institute of Energy Research. Terwujudnya skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan, dukungan, dan motivasi dari berbagai pihak, oleh karena itu dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si., selaku Ketua Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang telah membantu dan memfasilitasi dalam proses penyusunan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Melya Riniarti, S.P., M.Si., selaku dosen pembimbing utama dan pembimbing akademik. Terimakasih atas kesediaanya untuk memberikan bimbingan, dukungan, ilmu, gagasan, kritik dan saran, serta banyak motivasi dengan penuh kesabaran selama penulis menempuh pendidikan di Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung hingga proses skripsi ini terselesaikan.
4. Bapak Dr. Wahyu Hidayat, S.Hut., M.Sc., selaku dosen pembimbing kedua atas semua dukungan, kritik dan saran, serta nasihat yang telah diberikan kepada penulis untuk kesempurnaan skripsi ini.
5. Ibu Prof. Dr. Ir. Ainin Niswati, M.Agr.Sc., selaku dosen penguji atas semua dukungan, kritik dan saran, serta nasihat yang telah diberikan kepada penulis

untuk kesempurnaan skripsi ini.

6. Bapak dan Ibu Dosen serta tenaga kependidikan Jurusan Kehutanan yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman, dan membantu penulis selama menuntut ilmu dan menyelesaikan proses administrasi di Universitas Lampung.
7. Teristimewa kedua orang tua tercinta, Ayah Muhammad Yusuf dan Ibu Sulaeha, kakak dan adik tercinta, Evan Ahmad Kurniawan, Dewi Risnawati, Shofiana dan Shofiani, yang tidak pernah berhenti memberikan kasih sayang, do'a, dan dukungan dengan penuh kesabaran yang tiada henti hingga penulis bisa melangkah sejauh ini.
8. Terima kasih untuk diri saya sendiri, sudah kuat sampai hari ini, sudah berjuang dengan maksimal, tetap berjalan meskipun terkadang terseok-seok, semoga menjadi pribadi yang mau belajar sehingga terus tumbuh dan berkembang.
9. Tim *biochar* yang saya sayangi (Bangun Adi W., Repha Sera Y., Novendra Muhammad R., dan Falah R.) atas segala dukungan dan kebesamaannya.
10. Sahabat dan tim sukses skripsi (Rahmi Adi B., Merty Fertiana D., Maurent Kartika M., Putri Sri Rahayu, Siti Fauziah R., Cici Doria, Laila, Chantika) atas segala bantuan, semangat, dukungan, dan doa untuk penulis menyelesaikan skripsi.
11. Tim PU hilih yang sangat saya sayangi (Putri Ayu P., Popy Pratiwi, Ajeng Ayu E.R., dan Ubay) atas segala dukungan, kebersamaan, bantuan dan tidak lupa menampung curhatan hati penulis selama membuat skripsi.
12. Teman-teman RAPTORS 17 dan seluruh pihak yang terlibat dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi ini yang tidak bisa disebutkan satu-persatu. Penulis menyadari penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, namun penulis berharap semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, Oktober 2021

Eva Yunita

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	v
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang dan Masalah.....	1
1.2. Tujuan Penelitian	3
1.3. Kerangka Pemikiran.....	4
1.4. Hipotesis Penelitian	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. <i>Biochar</i>	6
2.2. Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS).....	7
2.3. <i>Biochar</i> Berbahan Dasar TKKS.....	8
2.4. Sengon (<i>Falcataria moluccana</i>)	8
III. METODE PENELITIAN	10
3.1. Waktu dan Tempat	10
3.2. Alat dan Bahan.....	10
3.3. Rancangan Percobaan	10
3.4. Pelaksanaan.....	11
1. Penyiapan dan pembuatan <i>biochar</i>	11
2. Persiapan semai.....	12
3. Persiapan media tumbuh	13
4. Penyapihan.....	13
5. Pemeliharaan.....	14
3.5. Parameter Pengamatan.....	14
1. Penambahan tinggi (cm)	14
2. Penambahan diameter (mm)	15
3. Warna daun	15
4. Panjang akar utama (cm)	16
5. Volume akar (ml).....	17
6. Jumlah bintil akar dan bintil akar efektif	17
7. Bobot kering total (gram).....	18
8. Indeks mutu bibit (IMB)	18

	Halaman
3.6. Analisis Data	19
1. Analisis ragam (ANARA).....	19
2. Uji beda nyata terkecil (BNT).....	20
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1. Hasil Penelitian	21
4.1.1 Pertambahan tinggi (cm).....	21
4.1.2 Pertambahan diameter (mm).....	22
4.1.3 Panjang akar utama (cm)	22
4.1.4 Volume akar (ml).....	23
4.1.5 Jumlah bintil akar.....	24
4.1.6 Persentase bintil akar efektif.....	24
4.1.7 Bobot kering total (gram).....	25
4.1.8 Indeks mutu bibit (IMB)	26
4.2. Pembahasan.....	26
V. SIMPULAN DAN SARAN	31
5.1. Simpulan	31
5.2. Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN.....	42

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kriteria penilaian mutu bibit	19
2. Analisis ragam pertumbuhan bibit sengon.....	19
3. Rekapitulasi hasil analisis ragam seluruh variabel penelitian terhadap pertumbuhan tanaman sengon	21
4. Hasil uji nilai tengah terhadap parameter pertambahan tinggi semai sengon dengan menggunakan <i>biochar</i> TKKS.....	22
5. Hasil uji nilai tengah terhadap parameter pertambahan diameter semai sengon dengan menggunakan <i>biochar</i> TKKS.....	22
6. Hasil uji nilai tengah terhadap parameter panjang akar utama semai sengon dengan menggunakan <i>biochar</i> TKKS.....	23
7. Hasil uji nilai tengah terhadap parameter volume akar semai sengon dengan menggunakan <i>biochar</i> TKKS.....	24
8. Hasil uji nilai tengah terhadap parameter jumlah bintil akar semai sengon dengan menggunakan <i>biochar</i> TKKS.....	24
9. Hasil uji nilai tengah terhadap parameter bintil akar efektif semai sengon dengan menggunakan <i>biochar</i> TKKS.....	25
10. Hasil uji nilai tengah terhadap parameter bobot kering total semai sengon dengan menggunakan <i>biochar</i> TKKS.....	26
11. Hasil perhitungan indeks mutu bibit sengon dengan menggunakan <i>biochar</i> TKKS.....	26
12. Analisis ragam pertambahan tinggi.....	43
13. Analisis ragam pertambahan diameter.....	43
14. Analisis ragam panjang akar utama	43

Tabel	Halaman
15. Analisis ragam volume akar.....	43
16. Analisis ragam jumlah bintil akar	44
17. Analisis ragam bintil akar efektif.....	44
18. Analisis ragam bobot kering akar	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bagan alir kerangka pemikiran	5
2. Tata letak percobaan dalam rancangan acak lengkap (RAL).....	11
3. Penanaman biji sengon pada media tumbuh	12
4. Bibit sengon (<i>Falcataria moluccana</i>)	14
5. Pengukuran tinggi tanaman sengon	15
6. Pengukuran diameter tanaman sengon.....	15
7. Pengukuran warna daun	16
8. Pengukuran panjang akar utama	16
9. Pengukuran volume akar pada tanaman sengon	17
10. Bintil akar pada tanaman sengon	18
11. Perbandingan panjang akar dan volume akar tanaman sengon yang menggunakan <i>biochar</i>	23
12. Perbedaan warna yang ditemukan pada bintil akar setelah dibelah.....	25

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Potensi jumlah limbah pertanian, perkebunan dan kehutanan sedemikian berlimpah, antara lain dari hasil pembukaan lahan maupun aktivitas pemanenan yang meninggalkan limbah berupa daun, ranting, pohon rusak dan lainnya (Siringoringo dan Siregar, 2011). Kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) merupakan salah satu jenis tanaman perkebunan yang menduduki posisi penting dalam sektor pertanian dan sektor perkebunan. Kelapa sawit merupakan komoditi andalan Indonesia yang perkembangannya sangat pesat. Luas areal kelapa sawit sebesar 14,9 juta Ha dengan produksi 49,1 juta ton pada tahun 2020 (Kementerian Pertanian RI, 2020). Sejalan dengan semakin meningkatnya produksi kelapa sawit dari tahun ke tahun, akan mendorong peningkatan volume limbah yang tinggi. Limbah padat yang dihasilkan dari kelapa sawit berupa tandan kosong kelapa sawit, cangkang dan sabut (Haryanto *et al.*, 2021a). Penanganan limbah secara tidak tepat akan mencemari lingkungan. Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengolah dan meningkatkan nilai ekonomi limbah padat kelapa sawit (Mandiri, 2012) umumnya dimanfaatkan dengan mengembalikannya ke lahan sawit sebagai mulsa (Iryani *et al.*, 2019), atau dapat dijadikan sebagai pupuk kompos (Hidayat *et al.*, 2021).

Sisa hasil produksi tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah utama berlignoselulosa yang belum termanfaatkan secara optimal. Banyak TKKS yang dibiarkan begitu saja tanpa ada proses pengolahan. Persentase TKKS adalah sebesar 23% dari tandan buah segar yang mengandung bahan lignoselulosa sebesar 55-60% berat kering (Sopiah *et al.*, 2017). TKKS juga mengandung berbagai unsur hara makro dan mikro yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman (Haryanti *et al.*, 2018). Limbah TKKS yang bersifat organik mempunyai

kandungan unsur N, P, K dan Mg yang potensinya cukup besar untuk dimanfaatkan sebagai pembenah tanah dan pembuatan *biochar* (Hidayat *et al.*, 2017).

Kebutuhan pasar terhadap kayu semakin meningkat dari tahun ke tahun, sementara persediaan kayu di hutan terbatas (Mariany, 2019). Kebutuhan kayu meningkat dikarenakan adanya peningkatan permintaan untuk bahan baku industri dan sebagai bahan baku lainnya. Upaya memenuhi kebutuhan pasar tersebut dilakukan dengan menanam jenis tanaman yang memiliki kemampuan cepat tumbuh atau *fast growing*. Salah satu tanaman kehutanan yang memiliki kemampuan *fast growing* adalah tanaman sengon (*Falcataria moluccana*). Tanaman sengon banyak dikembangkan sebagai komoditas perusahaan hutan tanaman, seperti Hutan Tanaman Industri (HTI), reboisasi dan penghijauan. Sedangkan pada skala kecil sengon ditanam di kebun-kebun rakyat dengan sistem tumpangsari. Pada skala besar, tanaman sengon umumnya membutuhkan unsur hara dan air dalam jumlah relatif besar (Rosmaiti dan Nur, 2016).

Sengon dipilih sebagai jenis tanaman yang dikembangkan dalam hutan tanaman industri (Butar *et al.*, 2019). Sengon memiliki kelebihan seperti berdaur pendek (*fast growing*), kayunya multi guna, dan tidak membutuhkan persyaratan tumbuh yang rumit (Nugroho, 2011), serta dapat menghasilkan kegunaan dan keuntungan yang tinggi (Istikorini dan Sari, 2020). Selain itu, sengon juga memiliki daya hidup tinggi dengan daya jangkau akar relatif luas dan mampu menembus ke dalam tanah dengan baik (Mulyana dan Asmarahman, 2012).

Menurut Irawan *et al.* (2020) salah satu faktor yang ikut menentukan keberhasilan penanaman adalah ketersediaan semai berkualitas. Semai berkualitas ditandai oleh kemampuannya beradaptasi dengan lingkungan baru, dapat tumbuh dengan baik jika ditanam di lapangan, sehat, dan seragam. Oleh sebab itu, semai yang akan ditanam harus memenuhi mutu genetik dan mutu fisik fisiologis. Salah satu upaya untuk menghasilkan semai sengon yang berkualitas baik maka dapat dilakukan dengan pengaplikasian *biochar* pada media tanam.

Aplikasi *biochar* yang merupakan salah satu bahan pembenah tanah (*soil amendment*) dapat meningkatkan kualitas tempat tumbuh dan tanah (Sudjana, 2014). *Biochar* dapat meningkatkan kelembaban dan kesuburan tanah,

memperbaiki pertumbuhan dan kesehatan tanaman, memiliki potensi untuk memperbaiki kualitas tanah (Haryanti *et al.*, 2018). *Biochar* mampu memperbaiki sifat kimia tanah seperti meningkatkan pH tanah, kapasitas tukar kation, kejenuhan basa, dan P tersedia (Atkinson *et al.*, 2010). Sifat fisik tanah yang dapat diperbaiki *biochar* yaitu perbaikan struktur dan peningkatan porositas (Sasmita *et al.*, 2017). Aplikasi *biochar* juga memberikan pengaruh nyata terhadap kualitas tanah (Setiawan *et al.*, 2018).

Menurut Nurkholifah *et al.* (2020) *biochar* dari TKKS memiliki karakteristik dengan kadar air sebesar 6,25%, kerapatan berat jenis $0,30 \text{ g/cm}^3$, dengan nilai pH 8,5 dan kadar abu 19,8% sampai 50% (Rahardja *et al.*, 2019). Kadar abu yang tinggi menyebabkan berat jenis *biochar* sangat rendah, hal tersebut menyebabkan sulit tercampur merata dengan media tanam yang digunakan. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengatasi hal ini adalah dengan mencampurkan *biochar* dengan tanah dan air. Pencampuran *biochar* diharapkan dapat meningkatkan berat jenis *biochar* sehingga mampu memperbaiki kualitas dari media tanam dan berpengaruh pada pertumbuhan semai sengon.

Penelitian yang dilakukan oleh Alshamaileh *et al.* (2018) di mana penambahan perlakuan dapat meningkatkan interaksi kimia dan fisik tanah, dan jumlah kelembaban yang optimal dan konstan, serta dapat mengganti pupuk yang berkontribusi. Namun pada penelitian yang saya lakukan penggunaan *biochar* yang dibuat dari TKKS untuk pertumbuhan semai tanaman sengon belum ada sebelumnya, oleh karena itu penelitian ini sangat penting dilakukan untuk menjadi sumber informasi di masa mendatang dan diharapkan dapat meningkatkan kualitas media tanam sehingga menghasilkan semai tanaman sengon dengan mutu yang baik.

1.2 Tujuan Penelitian

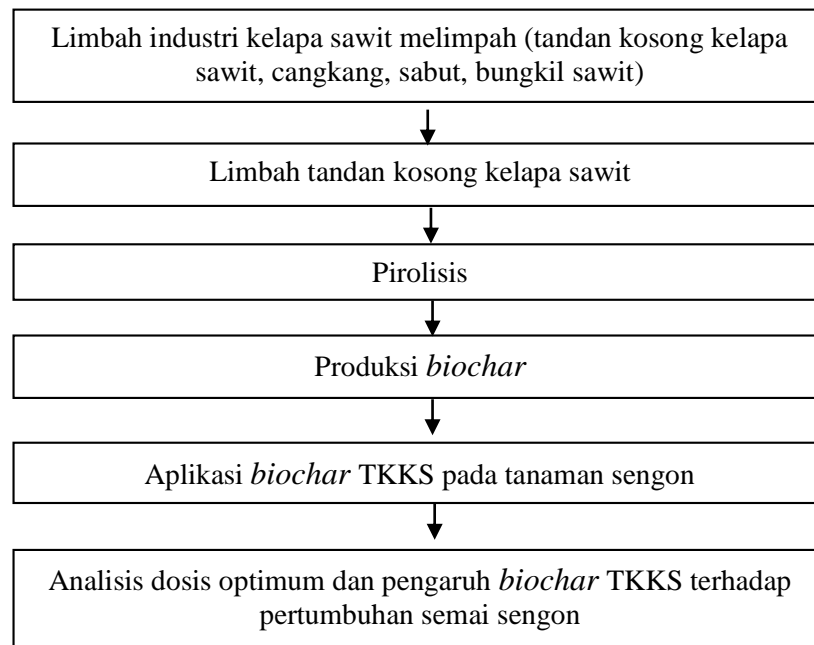
Tujuan penelitian ini adalah.

1. Menganalisis pengaruh *biochar* TKKS terhadap pertumbuhan semai sengon.
2. Mendapatkan dosis optimum aplikasi *biochar* dari TKKS untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman sengon.

1.3 Kerangka Pemikiran

Sengon termasuk jenis yang cocok ditanam untuk industri terutama kayu (Anggraini *et al.*, 2021), jenis ini banyak diminati karena merupakan jenis yang cepat tumbuh (*fast growing*) (Ramadhani dan Wulandari, 2018). Jenis ini berpotensi dikembangkan dalam pembangunan hutan maupun tujuan lainnya (Utama *et al.*, 2019) penghijauan, reklamasi lahan tambang, dan sebagai peneduh (Ramadhan *et al.*, 2018). Sengon mampu beradaptasi dengan berbagai jenis tanah (Haerumi *et al.*, 2019), karakteristik silvikultur yang bagus dan rehabilitasi lahan marginal (Ruchyansyah *et al.*, 2018). Salah satu upaya untuk menghasilkan semai sengon yang berkualitas adalah dengan mengaplikasikan *biochar* pada media tanam sengon. Aplikasi *biochar* dapat menjadi alternatif untuk meningkatkan produktivitas lahan (Tang *et al.*, 2013). *Biochar* sendiri merupakan materi kaya karbon yang diperoleh dari proses pirolisis, yang dibakar dalam kondisi rendah oksigen atau tanpa oksigen dengan suhu 300-700 °C (Sasmita *et al.*, 2017).

Bahan baku yang potensial untuk dijadikan bahan baku pembuatan *biochar* salah satunya adalah limbah tanaman kelapa sawit, dengan produksi 1 ton tandan buah segar akan menghasilkan limbah TKKS mencapai 21-23% (Kresnawaty *et al.*, 2017). Peningkatan berat jenis *biochar* TKKS agar mudah diaplikasikan pada media tanah, maka akan digunakan *biochar* yang dicampurkan dengan tanah dan air, lalu *biochar* diaplikasikan pada media tanam sengon. Kerangka pemikiran dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan alir kerangka pemikiran.

1.4 Hipotesis Penelitian

Dugaan sementara dalam penelitian ini yaitu.

1. Aplikasi *biochar* TKKS meningkatkan pertumbuhan tanaman sengon.
2. Aplikasi *biochar* TKKS dengan dosis 10% berpengaruh paling baik terhadap pertumbuhan tanaman sengon.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Biochar*

Biochar merupakan bahan kaya karbon yang berasal dari biomassa seperti kayu maupun sisa hasil pengolahan tanaman yang dipanaskan dalam tungku dengan oksigen yang dibatasi (Harsono *et al.*, 2013). Pirolisis merupakan proses dekomposisi termal dari biomassa dengan oksigen yang terbatas (Amanda *et al.*, 2019; Haryanto, 2021b). Proses pirolisis menggunakan reaktor tertutup, yang membuat bahan tidak berkontak langsung dengan oksigen (Ridjayanti *et al.*, 2021). Proses ini berlangsung pada suhu di atas 300°C dalam waktu 4-7 jam (Demirbas, 2005). Pirolisis dapat dibagi menjadi pirolisis lambat (*Slow Pyrolysis*) dan pirolisis cepat (*Fast Pyrolysis*) (Rahman, 2020). Penggunaan temperatur pada pirolisis rendah, akan menghasilkan banyak arang dan sedikit cairan (air, hidrokarbon, dan tar) (Lehmann dan Joseph, 2019). Sebaliknya, jika temperatur pirolisis tinggi maka arang yang dihasilkan sedikit tetapi banyak mengandung cairan (Mesa-Pérez *et al.*, 2013).

Proses pirolisis dan karakteristik bahan baku sangat mempengaruhi karakteristik *biochar* berupa sifat fisika dan sifat kimiawi (misalnya komposisi, partikel dan distribusi ukuran pori) dari *biochar* yang dihasilkan. *Biochar* memiliki porositas yang tinggi, permukaan bahan yang luas, dan mampu mengurangi pencucian hara (Nurida *et al.*, 2015). *Biochar* juga dapat mengabsorpsi senyawa yang bermuatan positif maupun negatif. *Biochar* memiliki KTK, kadar C-organik yang tinggi, rasio C/N dan pH tinggi. Kelebihan dan karakteristik *biochar* tersebut diharapkan dapat meningkatkan produktivitas dan fungsi tanah (Wijaya *et al.*, 2021).

Menurut Santi dan Geonadi (2016) aplikasi *biochar* mampu memperbaiki agregat tanah yang berpengaruh terhadap pergerakan dan penyimpanan air, aerasi, erosi dan aktivitas mikroorganisme tanah. Agregat tanah yang baik akan mempertahankan sifat-sifat tanah untuk pertumbuhan tanaman, seperti porositas dan ketersediaan air lebih lama dibandingkan dengan agregat tanah yang tidak baik (Cerdà, 2000).

2.2 Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

TKKS merupakan tandan yang telah dipisahkan dari buah segar kelapa sawit, atau salah satu limbah padat dari hasil proses pengolahan buah sawit menjadi minyak sawit/ *crude palm oil* (OCP) (Haryanti *et al.*, 2018). TKKS adalah limbah pabrik kelapa sawit yang jumlahnya sangat melimpah. TKKS merupakan limbah terbesar yang dihasilkan oleh perkebunan kelapa sawit. Setiap pengolahan 1 ton menghasilkan 215-230 kg TKKS (Adiguna dan Aryantha, 2020). Pengolahan dan pemanfaatan TKKS oleh pabrik kelapa sawit masih sangat terbatas. Alternatif lain dengan menimbun (*open dumping*) untuk dijadikan mulsa di perkebunan kelapa sawit atau diolah menjadi kompos. TKKS merupakan hasil sampingan dari pengolahan minyak kelapa sawit yang pemanfaatannya masih terbatas sebagai pupuk, bahan baku pembuatan matras dan media untuk pertumbuhan jamur dan tanaman (Erivianto, 2018). Namun hingga saat ini, pemanfaatan limbah TKKS belum digunakan secara optimal.

Jumlah TKKS diperkirakan sebanyak 23% dari jumlah tandan buah segar yang diolah (Putra *et al.*, 2013), yang dapat digunakan sebagai substitusi pupuk pada tanaman kelapa sawit (Sarwono, 2008). Salah satu potensi TKKS adalah sebagai bahan pembenah tanah dan sumber hara bagi tanaman. Potensi ini didasarkan pada kandungan TKKS yang merupakan bahan organik dan memiliki kadar hara yang cukup tinggi berupa unsur hara N, P, K dan Mg. Pemanfaatan TKKS sebagai bahan pembenah tanah dan sumber hara dapat dilakukan dengan mengaplikasikan langsung sebagai mulsa atau dibuat menjadi kompos (Darmosarkoro dan Rahutomo, 2007).

2.3 *Biochar* Berbahan Dasar TKKS

Pirolisis dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain komponen lignoselulosa, ukuran dan laju pemanasan (Ginting *et al.*, 2015). Pirolisis *biochar* berbahan dasar TKKS menghasilkan selulosa 57,8%, hemiselulosa 21,2%, dan lignin 22,8% (Nurhayati dan Sulaiman, 2013), dengan kadar air 9,55%, kadar abu 17,31%, kadar zat terbang 58,96% dan kadar karbon terikat 14,18% (Febriyanti *et al.*, 2019).

Penelitian yang dilakukan oleh Febriyanti *et al* (2019) mengatakan bahwa *biochar* TKKS yang dipirolisis dengan suhu yang berbeda menghasilkan karakteristik yang tidak sama, bahwa secara umum konversi biomassa *biochar* semakin berkurang seiring naiknya perlakuan suhu. *Biochar* yang dihasilkan pada suhu 400 °C menghasilkan produk *biochar* 19,4% lebih tinggi dibandingkan dengan pirolisis pada suhu 600 °C yang menghasilkan *biochar* sebesar 15,9% (Hidayat *et al.*, 2021).

2.4 Sengon (*Falcataria moluccana*)

Sengon termasuk famili Leguminosae. Sengon memiliki nama ilmiah *Falcataria moluccana* (Miq.) Barneby & J.W. Grimes bersinonim *Paraserianthes falcataria* (L.) I.C. Nielsen; *Albizia falcata* auct. non (L.) Backer; *Albizia falcataria* (L.) Fosberg (ITIS, 2020). Sengon umumnya dikenal dengan nama sengon laut atau jeungjing, tedehu pute (Sulawesi), puah (Brunei), tawa sela (Maluku), *Indonesian albizia*, *moluca*, *paraserianthes*, *peacock plume*, *white albizia* (Inggris), *white albizia* (Papua Nugini), *falcata*, *moluccan sau* (Filipina) (Krisnawati *et al.*, 2011). Sengon merupakan salah satu jenis pionir serbaguna yang sangat penting di Indonesia dan berguna ganda sebagai tanaman produksi dan tanaman konservasi dan reboisasi (Handayani, 2019). Klasifikasi morfologi sengon adalah.

Kingdom : Plantae

Divisi : Spermatophyta

Kelas : Dicotyledonae

Ordo : Fabales

Famili : Fabaceae

Genus : *Falcataria*

Spesies : *Falcataria moluccana* (Miq.)

Sengon merupakan tanaman pohon serbaguna, memiliki beragam manfaat dari semua bagian pohonnya, mulai dari daun hingga perakarannya. Sengon menjadi salah satu pohon alternatif yang dapat diusahakan secara ekstensif untuk tujuan rehabilitasi lahan-lahan marginal. Upaya pemerintah dalam merehabilitasi kritis meliputi lahan pertanian dan lahan hutan akan dapat diatasi dengan penanaman sengon secara tanaman rakyat atau dalam skala besar seperti tanaman industri (Hardiatmi, 2010).

Sengon umumnya berukuran cukup besar dengan tinggi pohon total mencapai 40 m dan tinggi bebas cabang mencapai 20 m. Diameter pohon dewasa dapat mencapai 100 cm atau lebih, dengan tajuk lebar mendatar. Sengon cenderung memiliki kanopi yang berbentuk seperti kubah atau payung. Pohon sengon pada umumnya tidak berbanir. Permukaan kulit batang berwarna putih, abu-abu atau kehijauan, halus, kadang-kadang sedikit beralur dengan garis-garis lentisel memanjang. Daun sengon tersusun majemuk menyirip ganda dengan panjang sekitar 23–30 cm, anak daunnya kecil. Permukaan daun bagian atas berwarna hijau pupus dan tidak berbulu sedangkan permukaan daun bagian bawah lebih pucat dengan rambut halus (Krisnawati *et al.*, 2011).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan sejak Januari 2021 sampai November 2021 yang dilakukan di Rumah Kaca dan Laboratorium Silvikultur dan Perlindungan Hutan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi bak kecambah, *hands sprayer*, *polybag* dengan volume 220 cm³, kaliper, timbangan analitik, penggaris, pinset, bagan warna daun atau skala warna daun, *cutter*, oven, gelas ukur, kaca pembesar, *thermo higrometer*, *lux* meter, laptop, kamera dan alat tulis. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *biochar* TKKS, benih sengon (*Falcataria moluccana*), pasir dan tanah sebagai bahan campuran media tanam.

3.3 Rancangan Percobaan

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Rancangan percobaan yang digunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan berbeda. Perlakuan tersebut adalah: (A) tanpa penggunaan *biochar* (dosis 0%), (B) menggunakan *biochar* dengan persentase 5%, (C) menggunakan *biochar* dengan persentase 10%, dan (D) menggunakan *biochar* dengan persentase 25%. Masing-masing perlakuan dilakukan ulangan sebanyak 20 kali sehingga total keseluruhan tanaman berjumlah 80 satuan percobaan. Tata letak dari rancangan acak lengkap menggunakan bibit sengon dapat dilihat pada Gambar 2.

A20	C8	D13	C18
D19	D16	A6	B5
C7	A13	B2	C13
C1	B16	C10	D5
A1	B8	D18	D20
D11	B18	C4	D10
A9	B7	B17	A8
B9	C6	B1	D8
B12	D1	B13	C14
A3	C9	A18	A4
D9	D3	B3	B19
B10	C2	D7	D4
C20	D17	A11	A10
D2	A15	B4	B14
A19	A16	C5	C15
A12	B20	A17	B11
D12	B15	A14	A5
C3	A2	C17	D6
C19	C11	C12	A7
D15	B6	D14	C16

Keterangan:

A= tanpa penggunaan *biochar* (dosis 0%),

B= menggunakan *biochar* dengan persentase 5%,

C= menggunakan *biochar* dengan persentase 10%, dan

D= menggunakan *biochar* dengan persentase 25%.

Gambar 2. Tata letak percobaan dalam rancangan acak lengkap (RAL).

3.4 Pelaksanaan

Tahapan pelaksanaan penelitian antara lain.

1. Penyiapan dan pembuatan *biochar*

Produksi *biochar* dari limbah TKKS menggunakan tungku kubah dengan suhu 400 °C. Bahan baku TKKS sebelum dimasukkan dalam tungku, terlebih dahulu membuat alas dari pelat besi dengan jarak dari permukaan tanah dan alas sekitar 20 cm. Setiap sela pembakaran dimasukkan pipa besi yang memiliki lubang-lubang kecil yang mengarah ke atas dengan fungsi untuk masuknya oksigen dari

celah-celah kecil yang terdapat pada badan tungku. Setelah bahan baku dimasukkan pintu tungku ditutup menggunakan batu bata dan tanah liat. Celah-celah yang ada pada tungku dibiarkan terbuka terlebih dahulu saat awal proses pembakaran. Biarkan api menyebar ke dalam tungku dan membakar seluruh bagian secara merata. Pengaturan suhu dapat dilakukan dengan menutup atau membuka celah-celah kecil pada badan tungku.

Proses pembakaran berlangsung hingga 5-7 hari dan proses pendinginan berlangsung selama 6-7 hari (Nurkholifah *et al.*, 2020). Sebelum digunakan, *biochar* TKKS dihaluskan dan diayak. *Biochar* selanjutnya dihancurkan dan diayak untuk mendapatkan ukuran yang seragam berkisar 0,5 mm (Jaya *et al.*, 2016) dan sesuai untuk dicampurkan dengan tanah dan air. Perbandingan penggunaan dosis yang digunakan yaitu 0%, 5%, 10%, dan 25% *biochar* TKKS.

2. Persiapan semai

Benih yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih sengon. Benih diskarifikasi menggunakan air hangat dengan suhu awal 80 °C, kemudian direndam selama 12 jam (Alghofar *et al.*, 2018). Benih yang sudah diskarifikasi lalu di semai ke dalam bak kecambah menggunakan media pasir yang telah disterilisasi (jemur di bawah sinar matahari selama 24 jam atau satu hari). Bak kecambah ini diletakkan di dalam rumah kaca dan kelembaban media tersebut dijaga dengan cara penyiraman air dengan *hand sprayer* setiap hari.



Gambar 3. Penanaman biji sengon pada media tumbuh.

3. Persiapan media tumbuh

Lapisan tanah teratas (*top soil*) diambil dari Laboratorium Lapang Terpadu Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Sebelum tanah dimasukkan ke dalam *polybag*, tanah telah dijemur terlebih dahulu untuk mensterilkan agar terhindar dari jamur. Media tumbuh berupa tanah yang dimasukkan ke dalam *polybag* bervolume 220 cm³ dengan penambahan *biochar* di dalamnya 10% dari total *polybag* yaitu setara dengan penambahan 22 g *biochar*. *Biochar* yang digunakan dibagi menjadi 4 dosis yang berbeda yaitu 0%, 5%, 10% dan 25% yang dicampurkan dengan tanah secara merata lalu campuran tanah dan *biochar* dimasukkan ke dalam *polybag*.

4. Penyapihan

Penyapihan dilakukan saat bibit berumur 2 minggu yang telah memiliki minimal 3 helai daun, kondisi sehat (bebas dari hama dan penyakit), pertumbuhan yang normal, dan tinggi yang seragam. Bibit kemudian dipindahkan ke *polybag* yang berisi media tanam sesuai perlakuan dan disiram terlebih dahulu hingga kapasitas lapang. Kapasitas lapang atau kemampuan media tanam mengikat air adalah kondisi di mana tebal lapisan air dalam pori-pori menjadi menipis, sehingga tegangan antar air udara meningkat (Yanto *et al.*, 2014). Proses penyapihan dilakukan pada pagi atau sore hari, hal ini bertujuan untuk mengurangi laju evapotranspirasi, pertumbuhan lebih cepat dan memiliki ruang tumbuh yang lebih luas untuk pertumbuhan perakaran. *Biochar* diaplikasikan bersamaan dengan saat penyapihan semai.



Gambar 4. Bibit sengon (*Falcataria moluccana*).

5. Pemeliharaan

Pemeliharaan dilakukan untuk memberikan kondisi yang baik bagi bibit sengon dalam proses pertumbuhan. Kegiatan yang dilakukan yaitu penyiraman, pengendalian gulma dan pemberantasan hama. Penyiraman dilakukan pada pagi dan sore hari. Pengendalian gulma dilakukan setiap seminggu sekali dengan membersihkan media tanam dari tumbuhan yang tidak diharapkan tumbuh bersama dengan bibit. Pemberantasan hama dilakukan setiap ditemui pada saat penyiraman dengan mengambil dan atau menghilangkan hama pada media tanam.

3.5 Parameter Pengamatan

Data perubahan yang diamati yaitu.

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 dengan akar semai yang merupakan tempat letaknya kotiledon (Suprehatin, 2018). Pengukuran tinggi tanaman dilakukan setiap sebulan sekali antar pengukuran.



Gambar 5. Pengukuran tinggi tanaman sengon.

2. Penambahan diameter (mm)

Diameter batang diukur 3 cm dari kolet dengan menggunakan kaliper lalu diberi tanda sebagai tempat pengukuran selanjutnya. Pengukuran diameter tanaman dilakukan setiap sebulan sekali antar pengukuran.



Gambar 6. Pengukuran diameter tanaman sengon.

3. Warna daun

Warna daun diukur pada akhir penelitian. Pengukuran warna daun dilakukan dengan menggunakan bagan warna daun dengan enam panel yang menggambarkan enam pita warna dari hijau kekuningan (skala 1) sampai hijau tua

(skala 6) (Nugroho, 2015). Pengukuran warna daun menggunakan alat bagan warna daun, dengan memilih satu helai warna terbaik daun pada bibit. Pengukuran dilakukan pada beberapa helai daun karena sengon berdaun majemuk dengan mencocokkan warna pada skala yang digunakan.



Gambar 7. Pengukuran warna daun.

4. Panjang akar utama (cm)

Panjang akar diukur dari kolet sampai dengan ujung akar terpanjang dengan menggunakan penggaris dengan mengikuti bentuk akar dan kemudian benang diukur dengan penggaris. Pengukuran panjang akar dilakukan pada awal pengamatan yaitu sebelum dipindahkan pada *polybag* dan akhir pengamatan setelah ditambahkan *biochar*.



Gambar 8. Pengukuran panjang akar utama.

5. Volume akar (ml)

Volume akar merupakan selisih volume air yang naik setelah akar dimasukkan ke dalam oven dengan volume air sebelumnya (Efriandhani, 2017). Pengukuran akar dengan membersihkan tanaman terlebih dahulu untuk memisahkan dengan media tanam yang masih menempel.



Gambar 9. Pengukuran volume akar pada tanaman sengon.

$$Volume\ akar\ (ml) = Volume_2 - Volume_1$$

Volume₁= volume gelas ukur sebelum akar dimasukkan (ml)

Volume₂= volume gelas ukur setelah akar dimasukkan (ml)

Volume akar diukur dengan memasukan akar yang telah dipisahkan dengan batang ke dalam gelas ukur. Gelas ukur yang digunakan terlebih dahulu diisi dengan air. Setelah semua akar masuk ke dalam gelas ukur, maka penambahan volume air dicatat sebagai volume akar. Pengukuran volume akar dilakukan di akhir penelitian.

6. Jumlah bintil akar dan bintil akar efektif

Bintil akar dihitung dari bintil yang berada pada akar disekitar kolet sampai dengan bintil yang berada pada ujung akar primer. Perhitungan bintil akar dilakukan secara manual di akhir penelitian. Bintil akar merupakan ciri khas dari tanaman jenis Leguminoceae (Sari dan Prayudyaningsih, 2018). Bintil akar akan terbentuk apabila pada saat perkecambahan tanaman melakukan simbiosis dengan

bakteri *Rhizobium* (Prayoga, 2016). Bintil akar merupakan tonjolan kecil yang terbentuk akibat infeksi bakteri *Rhizobium* yang memfiksasi nitrogen pada tumbuhan, letaknya cenderung berkumpul di leher akar dan sekitarnya (Senatama *et al.*, 2019). Bintil akar efektif dapat diketahui dengan cara membelah bintil yang berukuran besar dan mempunyai warna merah muda dibagian dalamnya.



Gambar 10. Bintil akar pada tanaman sengon.

7. Bobot kering total (gram)

Pengukuran bobot kering bibit dilakukan di akhir pengamatan. Bagian akar dan pucuk bibit dipotong, dibersihkan lalu ditimbang sebagai data bobot basah kemudian dikeringkan dalam oven bersuhu $80\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 2x24 jam. Bobot kering didapatkan dari berat yang sudah konstan, lalu ditimbang. Bobot kering dihitung untuk mengetahui biomassa tanaman. Bobot kering total diperoleh dengan cara menjumlahkan bobot kering tajuk dan akar, dengan rumus perhitungannya adalah.

$$\text{Bobot Kering Total} = \text{Bobot Kering Tajuk} + \text{Bobot Kering Akar}$$

8. Indeks mutu bibit (IMB)

Pengukuran dilakukan untuk mengetahui kualitas bibit secara fisiologis. Perhitungan IMB dilakukan untuk mengetahui kesiapan bibit ditanam di lapangan dengan membandingkan bobot akar dan pucuk serta kekokohan semai (Prayoga,

2018). Pengukuran IMB dilakukan di akhir penelitian. Pengukurannya menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Indeks Mutu Bibit} = \frac{\text{Bobot Kering Pucuk (g)} + \text{Bobot Kering Akar (g)}}{\frac{\text{Tinggi (cm)}}{\text{Diameter (mm)}} + \frac{\text{Bobot Kering Pucuk (g)}}{\text{Bobot Kering Akar (g)}}}$$

Tabel 1. Kriteria penilaian mutu bibit

Nilai IMB	Kategori
< 0.09	Kurang Baik
> 0.09	Baik

3.6 Analisis Data

Analisis data yang dilakukan untuk mengolah data adalah.

1. Analisis ragam (ANARA)

Analisis data yang dilakukan yaitu menganalisis ragam (Anara) dengan Uji-F pada taraf nyata 0,05 dan taraf nyata 0,01. Anara dilakukan untuk menguji hipotesis tentang faktor perlakuan terhadap keragaman data hasil percobaan atau untuk menyelidiki ada tidaknya pengaruh perlakuan terhadap keragaman data hasil penelitian. Anara dari penelitian ini disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Analisis ragam pertumbuhan bibit sengon

SK	Db	JK	KT	F-hit	Ftabel	Ftabel
					0,05	0,01
Perlakuan	p-1	JKP	JKP/dbP	$\frac{KTP}{KTG}$		
Galat	(up-1)-(p-1)	JKG	JKG/dbG			
Total	up-1	JKT				

Keterangan:

SK = sumber keragaman

Db = derajat bebas; P: perlakuan; G: galat

JK = jumlah kuadrat; P: perlakuan; G: galat; T: total

KT = kuadrat tengah

p = jumlah perlakuan yang digunakan dalam penelitian

u = jumlah ulangan yang digunakan dalam penelitian

Jika Fhitung > Ftabel, maka terdapat pengaruh nyata dari perlakuan yang diberikan, dilanjutkan dengan pemisahan nilai tengah menggunakan Uji Beda

Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 1 %. Namun jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka tidak ada pengaruh nyata dari perlakuan yang diberikan, sehingga tidak perlu dilakukan uji lanjut.

2. Uji beda nyata terkecil (BNT)

Uji lanjut yang digunakan adalah uji BNT. Uji BNT merupakan prosedur pengujian perbedaan di antara rata-rata perlakuan yang paling sederhana dan paling umum digunakan, uji ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dosis yang diberikan terhadap pertumbuhan sengon. Semua perhitungan dilakukan pada taraf nyata 1%. Rumus yang digunakan adalah.

$$LSD = t_{\frac{\alpha}{2}} \times dbg \sqrt{\frac{2 KTG}{r}}$$

Keterangan:

α = taraf uji α

dbg = derajat bebas galat

KTG = nilai kuadrat tengah galat

Setelah perhitungan nilai BNT maka dilakukan pengurutan nilai rata-rata dari yang terbesar ke terkecil dan kemudian dapat diambil kesimpulan sesuai hasil perhitungan.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Simpulan yang didapatkan berdasarkan hasil penelitian adalah.

1. Pemberian *biochar* TKKS mampu meningkatkan pertumbuhan bibit sengon.
2. Penggunaan *biochar* TKKS dengan persentase 25% sudah baik untuk memperbaiki pertumbuhan tanaman sengon (*F. moluccana*) yang optimal.

5.2 Saran

Penambahan *biochar* TKKS dengan persentase yang lebih besar dapat dijadikan penelitian lanjutan, serta dapat dilakukan pergantian jenis tanaman kehutanan yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Adiguna, G.S., Aryantha, I.N.P. 2020. Aplikasi fungi rizosfer sebagai pupuk hayati pada bibit kelapa sawit dengan memanfaatkan limbah tandan kosong kelapa sawit sebagai media pertumbuhan. *Manfish Journal*. 1(1): 32-42.
- Alghofar, W.A., Purnamaningsih S.L., Damanhuri. 2018. Pengaruh suhu air dan lama perendaman terhadap perkecambahan dan pertumbuhan bibit sengon (*Paraserianthes falcataria*). *Jurnal Produksi Tanaman*. 5(10): 1639-1644.
- AlShamaileh, E., Al-Rawajfeh, A.E., Alrbaihat, M. 2018. Mechanochemical synthesis of slow-release fertilizers: A review. *The Open Agriculture Journal*. 12(1): 11-19.
- Amanda, I.R., Kandi, P., Novi, A., Dirgarini, J.N.S., Ari, S.S. 2019. Aktivasi biochar dari kayu *Macaranga gigantea* menggunakan ZnCl₂. *Jurnal Kimia Mulawarman*. 17(1): 6-10.
- 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.
- Arifin, M. 2010. Kajian sifat fisik tanah dan berbagai penggunaan lahan dalam hubungannya dengan pendugaan erosi tanah. *Jurnal Pertanian Mapeta*. 12(2): 111-115.
- Atkinson, C.J., Fitzgerald, J.D., Hipps, N.A. 2010. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: A review. *Plant and Soil*. 337(1): 1–18.
- Basmal, J., Widanarto, A., Kusumawati, R., Utomo, B.S.B. 2014. Pemanfaatan limbah ekstraksi alginat dan silase ikan sebagai bahan pupuk organik. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*. 9(2): 109-120.
- 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.

- Cerdà, A. 2000. Aggregate stability against water forces under different climates on agriculture land and scrubland in Southern Bolivia. *Soil and Tillage Research*. 57(3): 159-166.
- Chen, M., Li, Z., Huang, P., Li, X., Qu, J., Yuan, W., Zhang, Q. 2018. Mechanochemical transformation of apatite to phosphoric slow-release fertilizer and soluble phosphate. *Process Safety and Environmental Protection*. 144: 91-96.
- Chemining'wa, G.N., Theuri, S.M.W., Muthomi, J.W. 2011. Abundance of indigenous rhizobia nodulating cowpea and common bean in Central Kenyan soils. *Afr. J. Hort. Sci.* 5: 92–97.
- 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.
- Danarto, Y.C., Nugrahey, A., Noviani, S.M. 2017. Kinetika slow release pupuk urea berlapis chitosan termodifikasi. *Equilibrium Journal of Chemical Engineering*. 1(2): 45-49.
- Darmosarkoro, W., Rahutomo, S. 2007. Tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan pembenah tanah. *Jurnal Lahan dan Pemupukan Kelapa Sawit Edisi 1. Pusat Penelitian Kelapa Sawit*. 3(3): 167-180.
- Demirbas, A. 2005. Pyrolysis of ground wood in irregular heating rate conditions. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 73(1): 39-43.
- Ding, Y., Feng, R., Wang, R., Guo, J., Zheng, X. 2014. A dual effect of Se on Cd toxicity: Evidence from plant growth, root morphology and responses of the antioxidative systems of paddy rice. *Plant and Soil*. 375(1): 289-301.
- Efriandhani, K. 2017. *Respons Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit pada Berbagai Komposisi Media Tanam dan Pemberian Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (LCPKS) di Main Nursery*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Medan. 52 hlm.
- Erivianto, D. 2018. Kajian ekonomis pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan bakar PLTU biomassa. *Seminar Nasional Royal (SENAR)*. 1(1): 417-422.
- Erythrina. 2016. Bagan warna daun: Alat untuk meningkatkan efisiensi pemupukan nitrogen pada tanaman padi. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 35(1): 1-10.
- 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): 87-94.

- 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.
- Ginting, A.S., Tambunan, A.H., Setiawan, R.P.A. 2015. Karakterisasi gas-gas hasil pirolisis tandan kosong kelapa sawit. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 25(2): 158–163.
- Gonzalez, M.E., Cea, M., Medina, J., Gonzalez, A., Diez, M.C., Cartes, P., Monreal, C., Navia, R. 2015. Evaluation of biodegradable polymers as encapsulating agents for the development of a urea controlled-release fertilizer using biochar as support material. *Science of the Total Environment*. 505: 446-453.
- Gonzalez, M.E., Gonzaalez, A., Toro, C., Cea, M., Diez, M.C., Sangaletti, N. 2013. Biochar derived from agricultural and forestry residual biomass: Characterization and potential application for enzymes immobilization. *Journal of Biobased Materials and Bioenergy*. 7(6): 724-732.
- Handayani, F. 2019. *Induksi Kalus Menggunakan 2,4-D (2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid) pada Sengon (Falcataria Moluccana (Miq.) Barneby and Grimes) dan Pemanfaatannya sebagai Petunjuk Praktikum Kultur Jaringan*. Skripsi. Universitas Jember. Jember. 64 hlm.
- Hardiatmi, J.S. 2010. Investasi tanaman kayu sengon dalam wanatani cukup menjanjikan. *INNOFARM: Jurnal Inovasi Pertanian*. 9(2): 17-21.
- Haerumi, W., Suryantini, R., Herawatiningsih, R. 2019. Identifikasi dan tingkat kerusakan oleh serangga perusak pada bibit sengon (*Paraserianthes falcataria*) di persemaian permanen balai pengelolaan daerah aliran sungai dan hutan lindung Kapuas Pontianak. *Jurnal Hutan Lestari*. 7(1): 349–362.
- Harsono, S.S., Grundman, P., Lau, L.H., Hansen, A., Saleh, M.A.M., Aurich, A.M., Idris, A., Gazi, T. I. M. 2013. Energy balances, greenhouse gas emissions and economics of biochar production from palm oi empty fruit bunches. *Resources, Conservation and Recycling*. 77: 108-115.
- Haryanti., Anas, I., Santosa, D.A., Sasmita, K.D. 2018. Penggunaan biochar dan dekomposer dalam proses pengomposan limbah kulit buah kakao serta pengkayaan mikrob pelarut fosfat (MPF) untuk meningkatkan kualitas pupuk organik. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 20(1): 25-32.
- Haryanto, H., Iryani, D.A., Hasanudin, U., Telaumbanua, M., Triyono, S., Hidayat, W. 2021a. Biomass fuel from oil palm empty fruit bunch pellet: Potential and challenges. *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*. 8(1): 33-42.

- Haryanto, A., Hidayat, W., Hasanudin, U., Iryani, D.A., Kim, S., Lee, S., Yoo, J. 2021b. Valorization of Indonesian wood wastes through pyrolysis: A review. *Energies*. 14(5): 1407.
- Herman, W., Resigia, E., Syahrial. 2018. Formulasi biochar dan kompos titonia terhadap ketersediaan hara tanah ordo ultisol. *Jurnal Galung tropical*. 7(1): 56-63.
- Hernita, D., Poerwanto, R., Susila, A.D., Anwar, S. 2012. Penentuan status hara nitrogen pada bibit duku. *Jurnal Hortikultura*. 22(1): 29-36.
- 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, Kyushu University*. 62(1): 145-152.
- Hidayat, W., Riniarti, M., Prasetya, H., Niswati, N., Hasanudin, U., Banuwa, I.S., Yoo, J., Kim, S., Lee, S. 2021. 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(1): 012040, 1-7.
- Integrated Taxonomic Information System (ITIS). 2020. *Taxonomy Hierarchy of *Falcataria moluccana**.
https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=565183#null
- Irawan, U.S., Arbainsyah., Ramlan, A., Putranto, H., Afifudin, S. 2020. *Manual: Pembuatan Persemaian dan Pembibitan Tanaman Hutan*. Buku. Operasi Wallacea Terpadu. Bogor. 137 hlm.
- Iryani, D.A., Haryanto, A., Hidayat, W., Amrul., Telaumbanua, M., Hasanudin, U., Lee, S.H. 2019. Torrefaction upgrading of palm oil empty fruit bunches biomass pellets for gasification feedstock by using comb (counter flow multi-baffle) reactor. *Proceedings of the International Conference on Trends in Agricultural Engineering 2019*. 212-217.
- Istikorini, Y., Sari, O.Y. 2020. Survey dan identifikasi penyebab penyakit damping-off pada sengon (*Paraserianthes falcataria*) di persemaian permanen IPB. *Jurnal Sylva Lestari*. 8(1): 32-41.
- Jaya, W.S., Baharudin, A.B., Mulyati. 2016. Pengaruh pemberian berbagai macam biochar dan dosis nitrogen terhadap pertumbuhan dan produksi kedelai (*Glycine max* L. Merrill). *Agrocrop*. 9(1): 60-70.
- Jayanudin, J., Lestari, R.S.D. 2020. Enkapsulasi dan karakterisasi pelepasan terkendali pupuk NPK menggunakan kitosan yang ditaut silang dengan glutaraldehida. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*. 16(1): 110-125.

- Jiang, Z., Lian, F., Wang, Z., Xing, B. 2020. The role of biochars in sustainable crop production and soil resiliency. *Journal of Experimental Botany*. 71(2): 520-542.
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia. 2020. Produksi Kelapa Sawit dan Luas Kelapa Sawit.
<https://www.pertanian.go.id/home/?show=page&act=view&id=61>
- Komarayati, S., Pari, G. 2013. Arang dan cuka kayu: Produk hasil hutan bukan kayu untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman dan serapan hara karbon. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 31(1): 49-62.
- Komarayati, S., Pari, G. 2014. Kombinasi pemberian arang hayati dan cuka kayu terhadap pertumbuhan jabon dan sengon. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 32(1): 12-20.
- 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): 400-410.
- 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., Varis, E., Kalliodan, M., Kanninen, M. 2011. *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen: *Ekologi, Silvikultur dan Produktivitas*. Buku. CIFOR. Bogor. 24 hlm.
- Lehmann, J., Joseph, S. 2019. Biochar for environmental management: An introduction. *ES_BEM*. 16(2): 1-12.
- Lestari, R.S.D., Jayanudin., Irawanto, D., Rozak., Wardana, R.L.A., Muhammad, F. 2020. Preparasi dan karakterisasi kitosan tertaut silang glutaraldehid sebagai matrik pupuk urea. *Jurnal Integrasi Proses*. 9(2): 27-33.
- Liu, X., Zhang, A., Ji, C., Joseph, S., Bian, R., Li, L., Pan, G., Paz-Ferreiro, J. 2013. Biochar's effect on crop productivity and the dependence on experimental conditions-a meta-analysis of literature data. *Plant and soil*. 373(1): 583-594.
- Mandiri, M. 2012. *Pelatihan Teknologi Energi Terbarukan*. Buku. PT Cipta Tani Lestari. Jakarta. 61 hlm.
- Mariany. 2019. *Pengaruh Luas Perkebunan Kelapa Sawit dan Produksi Kayu terhadap Luas Lahan Kritis di 10 Provinsi di Indonesia*. Skripsi. Universitas Katalog Parahyangan. Bandung. 33 hlm.

- Mesa-Pérez, J.M., Rocha, J.D., Barbosa-Cortez, L.A., Penedo-Medina, M., Luengo, C.A., Cascarosa, E. 2013. Fast oxidative pyrolysis of sugar cane straw in a fluidized bed reactor. *Applied Thermal Engineering*. 56(1–2): 167-175.
- Mulyana, D., Asmarahman, C. 2012. *Untung Besar Dari Bertanam Sengon*. Buku. PT AgroMedia Pustaka. Jakarta. 137 hlm.
- Nugroho, B. 2011. Analisis perbandingan beberapa skema pinjaman untuk pembangunan hutan tanaman berbasis masyarakat di Indonesia. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*. 17(2): 79-88.
- Nugroho, W.S. 2015. Penetapan standar warna daun sebagai upaya identifikasi status hara (N) tanaman jagung (*Zea mays* L.) pada tanah regosol. *Planta Tropika Journal of Agro Science*. 3(1): 8-15.
- Nurida, N.L., Rachman, A., Sutono, S. 2015. *Biochar Pembenh Tanah yang Potensial*. Buku. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. IAARD PRESS Jakarta. 48 hlm.
- Nurida, N.L. 2014. Potensi pemanfaatan biochar untuk rehabilitasi lahan kering di Indonesia. *jurnal Sumberdaya Lahan Edisi Khusus*. 57-68.
- Nurhayati, A., Sulaiman, F. 2013. The properties of the washed empty fruit bunches of oil palm. *Journal of Physical Science*. 24(2): 117–137.
- Nurkholifah, V., Riniarti, 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*. 235-240.
- Olad, A., Zebhi, H., Salari, D., Mirmohseni, A., Reyhani, T.A. 2018. Slow release NPK fertilizer encapsulated by carboxymethyl cellulose-based nanocomposite with the function of water retention in soil. *Materials Science and Engineering: C*. 90: 333-340.
- Perez, J.J., Francois, N.J. 2016. Chitosan-starch beads prepared by ionotropic gelation as potential matrices for controlled release of fertilizers. *Carbohydrate Polymers*. 148: 134-142.
- Purnomo, P.W., Widyorini, N., Ain, C. 2016. Analisis C/N rasio dan total bakteri pada sedimen kawasan konservasi mangrove sempadan Sungai Batahwalang dan Sungai Jajar Demak. *Prosiding Seminar Nasional Tahunan Ke-V Hasil-Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan*. 519-530.

- Putra, H.P., Hakim, L., Yuriandala, Y., Anggraini, D.K. 2013. Studi kualitas briket dari tandan kosong kelapa sawit dengan perekat limbah nasi. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*. 5(1): 27-35.
- Putri, V.I. 2017. *Pemberian Beberapa Jenis Biochar dalam Memperbaiki Sifat Kimia Tanah Ultisol dan Pertumbuhan Tanaman Jagung*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Medan. 55 hlm.
- Prayoga, D. 2016. *Aplikasi Rhizobium dan Urea pada Pertumbuhan Semai Sengon Laut*. Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 45 hlm.
- Prayoga, D., Riniarti, M., Duryat. 2018. Aplikasi rhizobium dan urea pada pertumbuhan semai sengon laut. *Jurnal Sylva Lestari*. 6(1): 1-8.
- Rahardja, I.B., Sukarman., Ramadhan, A.I. 2019. Analisis kalori biodiesel cruda palm oil (CPO) dengan katalis abu tandan kosong kelapa sawit (ATKKS). *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2019, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta*. 1-12.
- Rahman, M.R. 2020. *Produksi Biochar sebagai Pupuk Ramah Lingkungan dengan Metode Slow Pyrolysis dan Analisis Life Cycle Assessment*. Skripsi. Fakultas Teknologi Industri. Universitas Pertamina. Jakarta.
- 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.
- Ramadhani, R.S., Wulandari, R.S. 2018. Pengaruh proporsi campuran media saph pada pertumbuhan bibit mahoni (*Swietenia mahagoni*) di persemaian. *Jurnal Hutan Lestari*. 6(4): 1009-1019.
- Ridjayanti, S.M., Hidayat, W., Bazenet, R.A., 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.
- Riniarti, M., Hidayat, W., Prasetia, 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.
- Riniarti, M., Prasetia, H., Niswati, A., Hasanudin, U., Banuwa, I.S., Loka, A.A., Yoo, J., Kim, S., Lee, S., Hidayat, W. 2021b. Effects of meranti biochar addition on the root growth of *Falcataria moluccana* seedlings. *Advances in Engineering Research*. 202: 181-184.
- Rosmaiti., Nur, M. 2016. Pertumbuhan bibit jabon (*Anthocephalus cadamba* Miq) pada media tanah top soil dengan pemberian pupuk NPK dan kompos. *Jurnal Penelitian Agrosamudra*. 3(1): 1-9.

- Ruchyansyah, Y., Wulandari, C., Riniarti, M. 2018. Pengaruh pola budidaya pada hutan kemasyarakatan di areal kelola KPH VIII Batutegi terhadap pendapatan petani dan kesuburan tanah. *Jurnal Sylva Lestari*. 6(1): 100-106.
- Sanjaya, D., Haryanto, A., Tamrin. 2015. Produksi biogas dari campuran kotoran sapi dengan kotoran ayam. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. 4(2): 127-136.
- Santi, L.P., Goenadi, D.H. 2016. Pemanfaatan bio-char sebagai pembawa mikroba untuk pemantap agregat tanah ultisol dari Taman Bogo Lampung. *E-Journal Menara Perkebunan*. 78(2): 52-60.
- Santi, L.P. 2017. Pemanfaatan arang pirolisis asal cangkang kelapa sawit untuk retensi hara dan karbon pada media tanah lithic hapludults. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 41(1): 9-16.
- Sari, R., Prayudyaningsih, R. 2018. Perkembangan bintil akar pada semai sengon laut (*Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen). *Buletin Eboni*. 15(2): 105-119.
- Sari, M.A., Ivansyah, O., Nurhasanah. 2019. Hubungan konduktivitas listrik tanah dengan unsur hara NPK dan pH pada lahan pertanian gambut. *Prisma Fisika*. 7(2): 55-62.
- Sarwono, E. 2008. Pemanfaatan janjang kosong sebagai substitusi pupuk tanaman kelapa sawit. *APLIKA Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*. 8(1): 19-23.
- Sasmita, K.D., Anas, I., Anwar, S., Yahya, S., Djajakirana, G. 2017. Pengaruh pupuk organik dan arang hayati terhadap kualitas media pembibitan dan pertumbuhan bibit kakao. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*. 4(2): 107-120.
- Senatama, N., Niswati, A., Yusnaini, S., Utomo, M. 2019. Jumlah bintil akar, serapan N dan produksi tanaman kacang hijau (*Vigna radiata* L.) akibat residu pemupukan N dan sistem olah tanah jangka panjang tahun ke-31. *Journal of Tropical Upland Resources*. 1(1): 35-42.
- Setiawan, A.Y., Murdiono, W.E., 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.
- Simangunsong, E.M., Riniarti, M., Duryat. 2016. Upaya perbaikan pertumbuhan bibit merbau darat (*Intsia palembanica*) dengan naungan dan pemupukan. *Jurnal Sylva Lestari*. 4(1): 81-88.
- Siringoringo, H.H., Siregar, C.A. 2011. Pengaruh aplikasi arang terhadap pertumbuhan awal *Michelia montana* Blume dan perubahan sifat kesuburan tanah pada tipe tanah latosol. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. 8(1): 65-85.

- Solaiman, Z.M., Anawar, H. M. 2015. Application of biochars for soil constraints: Challenges and solutions. *Pedosphere*. 25(5): 631-638.
- Sopiah, N., Prasetyo, D., Aviantara, D. B. 2017. Pengaruh aktivasi karbon aktif dari tandan kosong kelapa sawit terhadap adsorpsi kadmium terlarut. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*. 8(2): 55-66.
- Sudjana, B. 2014. Pengaruh biochar dan NPK majemuk terhadap biomas dan serapan nitrogen di daun tanaman jagung (*Zea mays*) pada tanah typic dystrudepts. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*. 3(1):63-66.
- Sudomo, A., Rachman, E., Mindawati, N. 2010. Mutu bibit manglid (*Manglieta glauca* BI) pada tujuh jenis media saphi. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*. 7(5): 265-272.
- Sukmawati, S. 2020. Karakterisasi sifat kimia biochar dari tongkol jagung, cangkang dan tandan kosong kelapa sawit: Bahan organic menjanjikan dari limbah pertanian. *Agroplanta: Jurnal Ilmiah Terapan Budidaya dan Pengelolaan Tanaman Pertanian dan Perkebunan*. 9(2): 25-37.
- Suprehatin, S. 2018. *Optimasi Dosis Inokulum Spora Scleroderma solumnare untuk Pertumbuhan Semai Mahoni (Swietenia macrophylla)*. Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 51 hlm.
- Tang, J., Zhu, W., Kookana, R., Katayama, A. 2013. Characteristics of biochar and its application in remediation of contaminated soil. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 116(6): 653–659.
- Tarigan, A.A.L.B., Riniarti, M., Prasetia, H., Hidayat, W., Niswati, A., Banuwa, I.S., Hasanudin, U. 2021. Pengaruh biochar pada simbiosis rhizobium dan akar sengon laut (*Paraserianthes falcataria*) dalam media tanam. *Jurnal of People, Forest and Environment*. 1(1): 11–20.
- 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.
- Wang, M., Chen, L., Liu, Z., Zhang, Z., Qin, S., Yan, P. 2016. Isolation of a novel alginate lyase-producing *Bacillus litoralis* strain and its potential to ferment *Sargassum horneri* for biofertilizer. *MicrobiologyOpen*. 5(6): 1038-1049.
- Wasis, B., Sa'idah, S.H. 2019. Pertumbuhan semai sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) pada media tanah bekas tambang kapur dengan penambahan pupuk kompos dan NPK. *Jurnal Silvikultur Tropika*. 10(1): 51-57.

- Wesołowska, M., Rymarczyk, J., Góra, R., Baranowski, P., Sławiński, C., Klimczyk, M., Schimmelpfennig, L. 2021. New slow-release fertilizers—economic, legal and practical aspects: A review. *International Agrophysics*. 35(1): 11-24.
- 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*. 560-563.
- Wijaya, B.A., Riniarti, M., Hidayat, W., Prasetia, H., Niswati, A., Hasanudin, U., 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.
- Xiang, Y., Deng, Q., Duan, H., Guo, Y. 2017. Effects of biochar application on root traits: A metaanalysis. *GCB Bioenergy*. 9(10): 1563-1572.
- Yanto, H., Tusi, A., Triyono, S. 2014. Aplikasi sistem irigasi tetes pada tanaman kembang kol (*Brassica oleracea* var. *Botrytis* L. Subvar. *Cauliflora* DC) dalam greenhouse. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. 3(2): 141-154.