

**APLIKASI BEBERAPA DOSIS *BIOCHAR* TANDAN KOSONG KELAPA
SAWIT UNTUK PERTUMBUHAN SEMAI
SENGON (*Falcataria moluccana*)**

(Skripsi)

Oleh

**Repha Sera Yunita
1714151012**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

APLIKASI BEBERAPA DOSIS *BIOCHAR* TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT UNTUK PERTUMBUHAN SEMAI SENGON (*Falcataria moluccana*)

Oleh

REPHA SERA YUNITA

Perbaikan kualitas tanah dapat dilakukan dengan menambahkan pembenah tanah seperti *biochar* Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). Dampak positif penambahan *biochar* TKKS dapat dilihat dari pertumbuhan sengon (*Falcataria moluccana*). Sengon dipilih karena merupakan salah satu komoditas Hutan Tanaman Industri (HTI), yang tergolong jenis pohon kayu cepat tumbuh. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh aplikasi *biochar* TKKS pada bibit sengon dan mengevaluasi dosis optimal untuk pertumbuhan tanaman sengon. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL). Perlakuannya yaitu A (tanpa penambahan *biochar* TKKS); B (penambahan *biochar* TKKS 5%); C (penambahan *biochar* TKKS 10%); dan D (penambahan *biochar* TKKS 15%) dengan ulangan sebanyak 20 kali selama 4 bulan. Data dianalisis menggunakan analisis ragam (Anava) dan uji Beda Nyata Terkecil (BNT). Parameter yang diamati meliputi pertumbuhan tinggi bibit, pertambahan diameter bibit, panjang akar, volume akar, warna daun, jumlah bintil akar, bintil akar efektif, bobot kering total, dan Indeks Mutu Bibit (IMB). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian *biochar* TKKS berpengaruh nyata dan sangat nyata pada semua parameter yang diamati. Hasil uji lanjut BNT menunjukkan bahwa pertumbuhan sengon dengan penambahan *biochar* TKKS lebih baik daripada kontrol. Pemberian *biochar* TKKS dosis 10% menunjukkan hasil yang baik untuk meningkatkan pertumbuhan sengon.

Kata kunci: *biochar*, *Falcataria moluccana*, HTI, pirolisis, TKKS.

ABSTRACT

APPLICATION SEVERAL DOSAGE OF OIL PALM EMPTY FRUIT BUNCHES BIOCHAR FOR SEEDLING GROWTH OF *Falcataria moluccana*

By

REPHA SERA YUNITA

Improving soil quality can be done by adding soil ameliorant such as Oil Palm Empty Fruit Bunches (OPEFB) biochar. Positive impact of adding OPEFB biochar could be seen by the growth of *Falcataria moluccana*. *Falcataria moluccana* was chosen because it is one of the commodities of Industrial Plantation Forest (IPF), which is classified as a fast-growing type. This study aimed to investigate the effect of OPEFB biochar application on *Falcataria moluccana* seedlings and evaluate the optimal dosage for the growth of *Falcataria moluccana*. The experimental design used was completely randomized design (CRD). The treatments used were A (control); B (5% of OPEFB biochar); C (10% of OPEFB biochar); and D (15% of OPEFB biochar) with 20 repetitions for four months. The data were analyzed using analysis of variance (ANOVA) and Less Significant Difference (LSD). Parameters observed were height and diameter increment, root length, root volume, leaf color, number of root nodules, effective root nodules, total dry weight, and Seed Quality Index (SQI). The results showed that the administration of OPEFB biochar had a significant and very significant effect on all experimental parameters. The results of the further LSD test showed that the growth of *Falcataria moluccana* with the addition of OPEFB biochar was better than the control. The administration 10% of OPEFB biochar showed good results to increase the growth of *Falcataria moluccana*.

Keywords: biochar, *Falcataria moluccana*, IPF, OPEFB, pyrolysis.

**APLIKASI BEBERAPA DOSIS *BIOCHAR* TANDAN KOSONG KELAPA
SAWIT UNTUK PERTUMBUHAN SEMAI
SENGON (*Falcataria moluccana*)**

Oleh

REPHA SERA YUNITA

Skripsi

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

pada

**Jurusan Kehutanan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

Judul Penelitian : **APLIKASI BEBERAPA DOSIS *BIOCHAR*
TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT UNTUK
PERTUMBUHAN SEMAI SENGON
(*Falcataria moluccana*)**

Nama Mahasiswa : **Repha Sera Yunita**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1714151012

Jurusan : Kehutanan

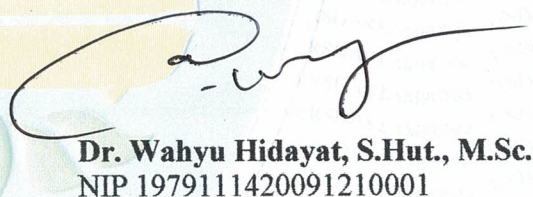
Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI,

1. Komisi Pembimbing



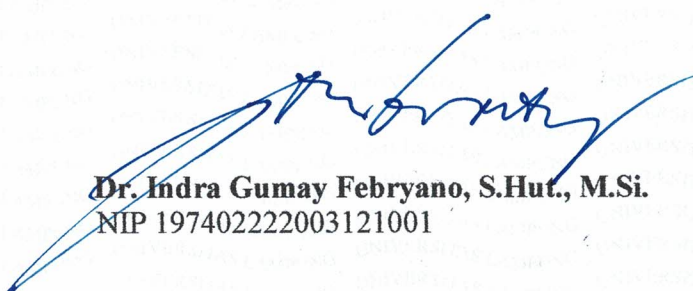
Dr. Melya Riniarti, S.P., M.Si.
NIP 197705032002122002



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

MENGETAHUI

2. Ketua Jurusan Kehutanan



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

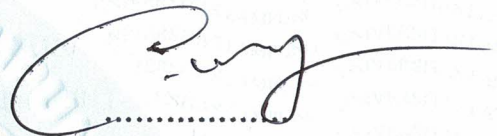
MEGESAHKAN

1. Tim Penguji

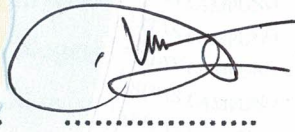
Ketua : Dr. Melya Riniarti, S.P., M.Si.



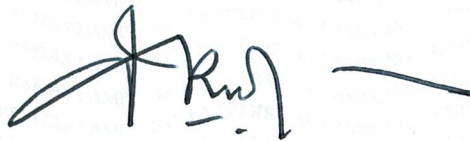
Sekretaris : Dr. Wahyu Hidayat, S.Hut., M.Sc.



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



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 04 Januari 2022

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Repha Sera Yunita

NPM : 1714151012

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

**“APLIKASI BEBERAPA *BIOCHAR* TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT
UNTUK PERTUMBUHAN SEMAI SENGON(*Falcataria 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, 24 Februari 2022

Yang menyatakan



Repha Sera Yunita

NPM. 1714151012

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Serang pada tanggal 16 Juni 1999. Penulis merupakan anak ke-2 dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Darwis dan Ibu Basariah. Penulis menempuh pendidikan pertama di TK Mutiara Bangsa tahun 2004-2005, SDN 1 Periuk Tangerang tahun 2005-2006 dan melanjutkannya di SDN 3 Kuripan 2006-2011, SMP Negeri 1 Kotaagung tahun 2011-2014, dan SMA Negeri 1 Kotaagung pada tahun 2014-2017. Tahun 2017 penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten dosen mata kuliah Kewirausahaan pada tahun 2019. Organisasi yang diikuti penulis yaitu Dewan Perwakilan Mahasiswa (DPM) Universitas Lampung sebagai Staf Komisi 5 Hubungan Luar tahun 2018/2019, Anggota Bidang 2 Pengkaderan dan Penguatan Organisasi Himpunan Mahasiswa Jurusan Kehutanan (Himasyulva).

Pada tahun 2019 penulis mengikuti kegiatan magang di Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Hutan Lindung (BPDASHL) Way Seputih-Sekampung. Penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Pekon Air Kubang, Kecamatan Air Nanningan, Kabupaten Tanggamus pada bulan Januari-Februari 2020. Penulis juga mengikuti kegiatan Praktik Umum (PU) di PT. Natarang Mining Kecamatan Bandar Negeri Semuong, Kabupaten Tanggamus pada bulan Juli-Agustus 2020. Penulis pernah mengikuti Seminar Nasional Silvikultur VIII 2021 sebagai pemateri dengan judul “Upaya Perbaikan Pertumbuhan Akar Sengon (*Falcataria moluccana*) dengan Pemberian Enkapsul Biochar Tandan

Kosong Kelapa Sawit”. Tahun 2021 artikel penulis diterima untuk dipublikasikan pada *Journal of Sylva Indonesiana* berjudul “Perbaikan Pertumbuhan Akar *Falcaratia moluccana* dengan Pemberian *Boichar* TKKS dalam Media Tumbuh”.

Bismillahirrahmannirrahiim

**Teruntuk Kedua Orang Tuaku yang Tercinta
Darwis dan Basariah**

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”
(QS. Al-Insyirah: 6)

don't be sad because everything will be
“yaudah mau gimana lagi :)”

“You can do everything if you think you can”

“Hai orang-orang yang beriman, jadikanlah sabar dan shalat sebagai penolongmu.
Sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar”
(QS. Al-Baqarah: 153)

SANWACANA

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas segala berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Aplikasi Beberapa Dosis Biochar Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Pertumbuhan Semai Sengon (Falcataria moluccana)*”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Kehutanan pada Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Terwujudnya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dukungan, dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih 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.
3. Ibu Dr. Melya Riniarti, S.P., M.Si., selaku dosen pembimbing utama dan dosen pembimbing akademik yang telah banyak meluangkan waktu dan kesediaannya 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 yang telah banyak meluangkan waktu, memberikan arahan, masukan dan petunjuk serta motivasi dalam penyusunan skripsi ini.
5. Ibu Prof. Dr. Ir. Ainin Niswati, M.Agr.Sc., selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran, serta nasihat yang telah diberikan kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.

6. Bapak dan ibu Dosen serta tenaga kependidikan Jurusan Kehutanan yang telah memberikan ilmu pengetahuan, wawasan, dan pengalaman selama penulis menuntut ilmu dan menyelesaikan proses administrasi di Universitas Lampung.
7. Teristimewa kedua orang tua tercinta, ayah Darwis dan ibu Basariah, kakak Lisa Aprilia, dan adik Dea Maulivea yang tidak pernah berhenti memberikan kasih sayang, doa, serta dukungan moril maupun materil yang tiada henti hingga penulis bisa melangkah sejauh ini.
8. Tim sukses skripsi (Zareva Aria Bayu), Tim seperbimbingan MWA (Eva, Novendra, Bangun, dan Falah), dan Tim Panen (Adel, Dilla, Eva, Falah, Luthfi, Mertty, dan Tisas) atas segala dukungan dan kebersamaan yang telah diberikan.
9. Teman-teman seperjuanganku Bella, Tisas, Adel, Gita, Meta, Nisak, Tika, dan kak Restu semoga pertemanan ini bisa terus terjalin.
10. Keluarga besar *Responsible and Powerfull Team of Forester Seventeen* (RAPTORS) dan seluruh pihak yang terlibat dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi ini yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.
11. *Last but not least, I wanna thank me, for believing in me, for doing all this hard work, for having no days off, for never quitting, for just being me at all times.*

Penulis menyadari penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, akan tetapi sedikit harapan semoga skripsi yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi kita seluruh pembaca.

Bandar Lampung, 04 Januari 2022

Repha Sera Yunita

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	4
1.3 Kerangka Penelitian	4
1.4 Hipotesis Penelitian	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 <i>Biochar</i>	7
2.2 Tandan Kosong Kelapa Sawit	10
2.3 Sengon (<i>Falcataria moluccana</i>)	11
2.4 Pembentukan Bintil Akar Sengon	12
III. METODE PENELITIAN	14
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	14
3.2 Alat dan Bahan	14
3.3 Rancangan Percobaan	14
3.4 Pelaksanaan	15
1. Pembuatan <i>biochar</i>	15
2. Persiapan semai	16
3. Persiapan media tanam	17
4. Penyapihan	18
5. Pemeliharaan	19
3.5 Parameter Pengamatan	19
1. Pertumbuhan tinggi bibit	19
2. Pertumbuhan diameter bibit	20
3. Panjang akar	20
4. Volume akar	21
5. Warna daun	22
6. Jumlah bintil akar dan bintil akar efektif	23
7. Bobot kering total	23
8. Indeks mutu bibit	24
3.6 Analisis Data	24

	Halaman
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Hasil Penelitian	26
1. Pertambahan tinggi.....	27
2. Pertambahan diameter	27
3. Panjang akar	28
4. Volume akar	29
5. Jumlah bintil akar	30
6. Persentase bintil akar efektif	30
7. Bobot basah akar	31
8. Bobot basah pucuk	31
9. Bobot basah total.....	32
10. Bobot kering akar	33
11. Bobot kering pucuk	33
12. Bobot kering total.....	34
13. Warna daun	34
14. Indeks mutu bibit	35
4.2 Pembahasan.....	35
V. SIMPULAN DAN SARAN	39
5.1 Simpulan	39
5.2 Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN	50

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Analisis ragam pertumbuhan bibit sengon	24
2. Rekapitulasi hasil analisis ragam pengaruh aplikasi <i>biochar</i> TKKS pada semai sengon	26
3. Hasil uji lanjut parameter pertambahan tinggi semai sengon dengan aplikasi <i>biochar</i> TKKS	27
4. Hasil uji lanjut parameter pertambahan diameter semai sengon dengan aplikasi <i>biochar</i> TKKS	27
5. Hasil uji lanjut parameter panjang akar semai sengon dengan aplikasi <i>biochar</i> TKKS	28
6. Hasil uji lanjut parameter pertambahan volume akar sengon dengan aplikasi <i>biochar</i> TKKS	29
7. Hasil uji lanjut parameter jumlah bintil akar semai sengon dengan aplikasi <i>biochar</i> TKKS	30
8. Hasil uji lanjut parameter persentase bintil akar efektif sengon dengan aplikasi <i>biochar</i> TKKS	30
9. Hasil uji lanjut parameter bobot basah akar semai sengon dengan aplikasi <i>biochar</i> TKKS	31
10. Hasil uji lanjut parameter bobot basah pucuk semai sengon dengan aplikasi <i>biochar</i> TKKS	32
11. Hasil uji lanjut parameter bobot basah total semai sengon dengan aplikasi <i>biochar</i> TKKS	32
12. Hasil uji lanjut parameter bobot kering akar semai sengon dengan aplikasi <i>biochar</i> TKKS	33
13. Hasil uji lanjut parameter bobot kering pucuk semai sengon dengan aplikasi <i>biochar</i> TKKS	33
14. Hasil uji lanjut parameter bobot kering total semai sengon dengan aplikasi <i>biochar</i> TKKS	34
15. Hasil uji lanjut parameter warna daun semai sengon dengan aplikasi <i>biochar</i> TKKS	34
16. Perhitungan IMB bibit sengon.....	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bagan alir kerangka pemikiran	6
2. Tata letak percobaan dalam rancangan acak lengkap (RAL)	15
3. <i>Biochar</i> TKKS berwarna hitam	16
4. Pengecambahan biji sengon.....	17
5. Tanah yang digunakan sebagai media tanam	18
6. Penyapihan semai sengon.....	18
7. Penyiraman tanaman sengon pada pagi dan sore hari	19
8. Pengukuran diameter tanaman.....	20
9. Pengukuran panjang akar tanaman	21
10. Pengukuran volume akar	22
11. Pengukuran warna daun.....	22
12. Bintil akar pada tanaman sengon.....	23
13. Pengukuran diameter dengan pemberian <i>biochar</i> TKKS dosis 10% ...	28
14. Panjang akar dengan pemberian <i>biochar</i> TKKS	29
15. Bintil akar	31

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Analisis ragam penambahan tinggi semai	50
2. Analisis ragam penambahan diameter semai	50
3. Analisis ragam panjang akar	50
4. Analisis ragam volume akar	50
5. Analisis ragam jumlah bintil akar	50
6. Analisis ragam bintil akar efektif	51
7. Analisis ragam warna daun	51
8. Analisis ragam bobot basah akar	51
9. Analisis ragam bobot basah pucuk	51
10. Analisis ragam bobot basah total	51
11. Analisis ragam bobot kering akar	52
12. Analisis ragam bobot kering pucuk	52
13. Analisis ragam bobot kering total	52

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sengon (*Falcataria moluccana*) termasuk ke dalam famili Fabaceae. Tanaman ini sangat potensial untuk dipilih sebagai salah satu komoditas dalam pembangunan hutan tanaman, karena memiliki nilai ekonomis tinggi dan ekologis yang luas (Nadeak *et al.*, 2013). Keunggulan ekonomi pohon sengon adalah jenis pohon kayu cepat tumbuh (*fast growing species*), mudah beradaptasi, tidak membutuhkan kondisi lahan yang subur (Krisdayani *et al.*, 2020; Priadi dan Hartati, 2015; Utama *et al.*, 2019), pengelolaan relatif mudah dan permintaan pasar yang terus meningkat (Nugroho dan Salamah, 2015). Kayu cepat tumbuh memiliki karakteristik kerapatan yang rendah sehingga memiliki berat yang ringan (Wibowo *et al.*, 2020). Secara ekologis, sengon dapat meningkatkan kualitas lingkungan seperti meningkatkan kesuburan tanah, memperbaiki tata air dan menciptakan iklim mikro (Suharti, 2008). Hal ini disebabkan sifat morfologisnya yaitu memiliki perakaran yang sangat dalam dan serasah daun yang cepat melapuk (Tefa *et al.*, 2015).

Manfaat lain dari tanaman sengon yaitu daunnya dapat digunakan sebagai pakan ternak, kandungan protein yang cukup tinggi dan baik untuk pertumbuhan hewan ternak seperti ayam, sapi dan kambing (Nugroho dan Salamah, 2015). Sengon juga dijadikan sebagai tanaman pelindung atau penaung pada pola tanam agroforestri (Nadeak *et al.*, 2013). Berdasarkan kriteria tersebut maka tanaman sengon banyak dikembangkan sebagai komoditas dalam pengusahaan hutan tanaman, baik dalam skala besar seperti Hutan Tanaman Industri (HTI), reboisasi dan penghijauan (Istikorini dan Sari, 2020). Pada skala kecil, sengon banyak ditanam di kebun-kebun rakyat dengan sistem tumpangsari (Suharti, 2008).

Berdasarkan kriteria tersebut, maka tanaman sengon juga banyak dikembangkan sebagai komoditas lahan pasca tambang (Tefa *et al.*, 2015; Ramadhan *et al.*, 2018).

Penggunaan pembenah tanah merupakan cara yang dapat ditempuh untuk mempercepat proses pemulihan kualitas lahan. Pembenah tanah seringkali juga mengandung unsur hara, namun tidak digolongkan sebagai pupuk karena kandungannya relatif rendah, sehingga tidak dapat memenuhi kebutuhan tanaman, selain itu seringkali unsur hara yang dikandungnya dalam bentuk yang belum atau lambat tersedia untuk tanaman (Dariah *et al.*, 2015). *Soil amendment* (bahan pembenah tanah) adalah berbagai material yang diberikan ke dalam tanah yang memiliki fungsi untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah serta meningkatkan pertumbuhan tanaman. Penggunaan bahan pembenah tanah yang tidak sesuai dapat menyebabkan efek negatif terhadap tanaman serta dapat merusak tanah, air dan lingkungan sekitar (Rajiman, 2014).

Biochar adalah arang hitam hasil dari proses pemanasan biomassa kisaran suhu 300-800°C pada keadaan oksigen terbatas atau tanpa oksigen yang disebut dengan proses pirolisis (Hidayat *et al.*, 2021; Nurkholifah *et al.*, 2020; Putri *et al.*, 2017). *Biochar* dapat diproduksi dari berbagai bahan yang mengandung lignoselulosa, seperti kayu, sisa tanaman (jerami padi, sekam padi, tandan kosong kelapa sawit dan limbah sagu) dan pupuk kandang. Berbeda dengan bahan organik, *biochar* tersusun dari cincin karbon aromatis sehingga lebih stabil dan tahan lama di dalam tanah. *Biochar* menjaga kelembaban tanah sehingga kapasitas menahan air tinggi (Endriani *et al.*, 2013) dan meremediasi tanah yang tercemar logam berat seperti Pb, Cu, Cd dan Ni. Selain itu, pemberian *biochar* pada tanah juga mampu meningkatkan pertumbuhan serta serapan hara pada tanaman (Angelita *et al.*, 2020) baik secara fisik, kimia dan biologi sehingga dapat meningkatkan produksi tanaman (Gani, 2009).

Penambahan *biochar* ke dalam tanah dapat meningkatkan ketersediaan kation utama, P dan konsentrasi N dalam tanah. Peningkatan KTK dan pH tanah dapat meningkat hingga 40%. Angelita *et al* (2020) menyatakan bahwa terjadi kenaikan tingkat derajat kemasaman tanah sehingga mempengaruhi ketersediaan unsur hara makro P. Penggunaan *biochar* pun dapat meningkatkan P tersedia pada tanah

alkalin karena reaktivitas P dengan tanah meningkat serta membentuk senyawa tidak terlarut dengan Ca (Tambunan *et al.*, 2014). Berbeda dengan bahan organik lainnya di dalam tanah, *biochar* menjerap unsur hara P lebih kuat (Angelita *et al.*, 2020).

Beberapa penelitian menggunakan *biochar* menunjukkan adanya peningkatan pertumbuhan tanaman. Pemberian 15 t/ha *biochar* sekam padi dengan kandungan C-organik awal tanah 0,45% dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman sawi hijau serta memperbaiki sifat tanah (Suryana *et al.*, 2016). Menurut Salawati *et al* (2016), pemberian *biochar* sekam padi dengan dosis 15 t/ha mampu meningkatkan C-organik 1,09%-34,98% pada tanah sawah inseptisol. Chairunas *et al* (2014) mengaplikasikan *biochar* 10 t/ha pada tanaman jagung, hasilnya menunjukkan adanya peningkatan tinggi, panjang tongkol jagung, lingkaran tongkol jagung dan hasil produksi jagung. Hasil tersebut juga sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Azis *et al* (2016) yang menggunakan *biochar* untuk pemupukan pada kedelai.

Hayat dan Sri (2014), menyatakan bahwa Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dapat dimanfaatkan sebagai sumber pupuk organik yang memiliki kandungan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanah dan tanaman. TKKS mencapai 23% dari jumlah pemanfaatan limbah kelapa sawit yang memberikan manfaat lain dari sisi ekonomi. TKKS dapat dimanfaatkan sebagai salah satu bahan dasar *biochar*. Perubahan secara fisik TKKS yang memiliki volume besar menjadi *biochar* yang lebih kecil dapat memudahkan dalam pengaplikasian pada media tanam (Febriyanti *et al.*, 2019).

Kadar abu *biochar* TKKS pada suhu pembakaran 600°C yaitu 13,09% (Nurkholifah, 2020). Kadar abu yang tinggi menyebabkan berat jenis *biochar* rendah. Hal tersebut menyebabkan sulit tercampur merata dengan media tanam, maka untuk mengatasinya yaitu dengan mencampurkan *biochar* dengan tanah dan air. Pencampuran *biochar* diharapkan dapat meningkatkan berat jenis *biochar* sehingga dapat diaplikasikan lebih efektif dan efisien serta mampu memperbaiki kualitas media tanam dan diharapkan akan berpengaruh pada pertumbuhan semai sengan.

Biochar TKKS berfungsi sebagai bahan penyubur tanah karena sifat kimia dan fisik yang dapat memperbaiki kondisi tanah (Rajiman, 2014). Jika dibandingkan dengan bahan penyubur tanah lainnya, TKKS merupakan salah satu pupuk organik yang mengandung kalium (K) cukup tinggi selain kandungan nitrogen (N) dan fosfor (P) (Salmina, 2012). Penelitian mengenai penggunaan *biochar* TKKS untuk pertumbuhan semai sengon belum pernah dilakukan sebelumnya, oleh karena itu penelitian ini sangat penting dilakukan untuk memberikan informasi dalam meningkatkan pertumbuhan semai sengon.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

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

1.3 Kerangka Pemikiran

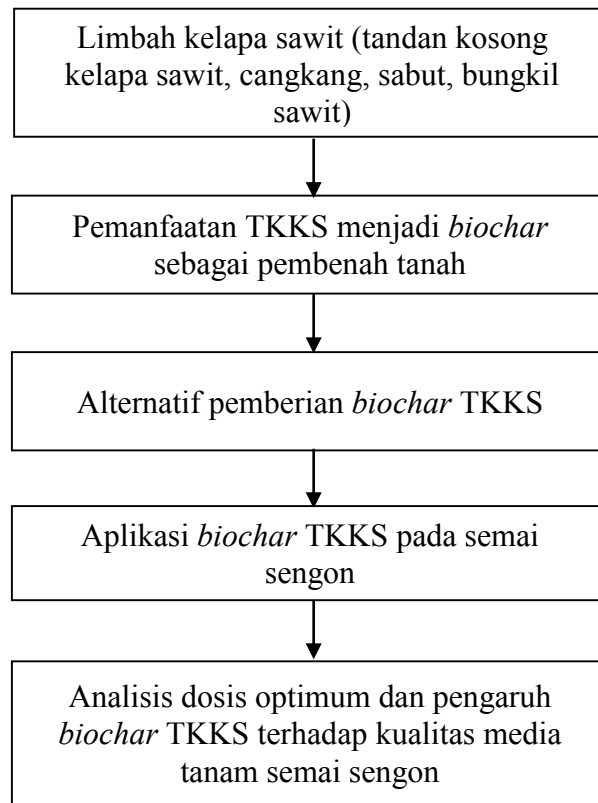
Penyusutan area lahan produktif menyebabkan penurunan kesuburan tanah. Hal tersebut dapat menjadikan *biochar* sebagai alternatif untuk meningkatkan produktifitas tanah (Tang *et al.*, 2013). *Biochar* adalah arang hitam hasil dari proses pemanasan biomassa pada keadaan oksigen terbatas atau tanpa oksigen (Putri *et al.*, 2017). Pemilihan bahan baku *biochar* ini didasarkan pada produksi sisa tanaman yang melimpah dan belum termanfaatkan (Demirbas, 2004).

Pemberian *biochar* pada tanah mampu meningkatkan pertumbuhan serta serapan hara pada tanaman (Angelita *et al.*, 2020) baik secara fisik, kimia dan biologi sehingga dapat meningkatkan produksi tanaman (Gani, 2009). Sifat fisik tanah yang baik akan mempengaruhi kemampuan akar untuk tumbuh dan berkembang. Akar akan mudah tumbuh dan berkembang di tanah yang gembur, akar yang kuat dan lebar akan memiliki kemampuan menyerap unsur hara dan air dengan baik. Hal ini akan sangat mempengaruhi pertumbuhan dan produktivitas tanaman (Riniarti *et al.*, 2021a). Ichwal *et al* (2019) menggunakan 3 dosis

biochar yaitu 0%, 5% dan 10% pada tanaman okra (*Abelmoschus esculentus* L.). Hasil tanaman okra tertinggi dijumpai pada perlakuan dosis *biochar* 10%, karena *biochar* memiliki kapasitas menahan air yang tinggi dan dapat menjaga unsur hara N agar tidak mudah tercuci dan menjadikannya lebih tersedia untuk tanaman. Menurut Nguyen *et al* (2017), aplikasi *biochar* dapat meningkatkan kelembaban dan pH tanah, sehingga merangsang proses mineralisasi N dan nitrifikasi yang menyebabkan serapan tanaman meningkat.

Pemberian 15 t/ha *biochar* sekam padi dengan kandungan C-organik awal tanah 0,45% dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman sawi hijau serta memperbaiki sifat tanah (Suryana *et al.*, 2016). Budi dan Luluk (2013), pemberian *biochar* dengan dosis 0%, 5%, 10% dan 15% yang ditambahkan pada media di inokulasi maupun tidak di inokulasi ektomikoriza. Media dengan inokulasi dan *biochar* pada dosis 10% menunjukkan kombinasi yang baik untuk peningkatan pertumbuhan, kolonisasi dan serapan unsur K. Hal tersebut karena ektomikoriza berfungsi membantu akar tanaman untuk menyerap unsur hara dan air yang diperlukan dalam fotosintesis (Febriani *et al.*, 2017). Penelitian Riniarti *et al* (2021a), menunjukkan bahwa penambahan *biochar* meranti secara nyata meningkatkan pertumbuhan akar benih sengon di persemaian. Penambahan *biochar* meranti 5% dan 10% menunjukkan tidak adanya perbedaan nyata dalam meningkatkan pertumbuhan akar sengon.

Peningkatan pertumbuhan tanaman dengan *biochar* juga telah ditunjukkan oleh Riniarti *et al* (2021b), bahwa ada peningkatan pertumbuhan yang tinggi pada tanaman sengon yang diberi *biochar*. Penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi *biochar* meranti 600°C dengan dosis 50% menghasilkan pertumbuhan tinggi yang lebih baik dibandingkan tanaman yang tidak mendapatkan penambahan *biochar* pada tanaman sengon. Menurut Aung *et al* (2018), penggunaan *biochar* kayu ek meningkatkan kualitas bibit tanaman pohon nara dan *sargent cherry*. Jenis dan dosis *biochar* juga menentukan besarnya pengaruh terhadap pertumbuhan tanaman sengon. Sengon merupakan salah satu tanaman cepat tumbuh (*fast growing species*), mudah beradaptasi, tidak membutuhkan kondisi lahan yang subur (Priadi dan Hartati, 2015), sehingga cocok untuk dijadikan tanaman uji coba penambahan *biochar* (Wasis dan Sa'idah, 2019).



Gambar 1. Bagan alir kerangka pemikiran.

1.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis dalam penelitian ini yaitu:

1. Aplikasi *biochar* TKKS meningkatkan pertumbuhan tanaman sengon.
2. Aplikasi *biochar* TKKS dengan dosis 10% memberikan hasil terbaik pada 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 wadah dengan sedikit atau tanpa udara yang disebut dengan proses pirolisis (Harsono *et al.*, 2013; Ridjayanti *et al.*, 2021). Pirolisis merupakan proses dekomposisi termal dari biomassa tanpa oksigen atau dengan oksigen yang terbatas (Amanda *et al.*, 2019; Rostaliana, 2012). Pirolisis dilakukan pada suhu berkisar antara 300-800°C tanpa adanya oksigen (Hidayat *et al.*, 2021). Kebanyakan proses pirolisis menggunakan reaktor tertutup, sehingga bahan tidak terjadi kontak langsung dengan oksigen. Proses ini berlangsung pada suhu di atas 300°C dalam waktu 4-7 jam (Demirbas, 2005). Pirolisis dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu pirolisis lambat (*slow pyrolysis*) dan pirolisis cepat (*fast pyrolysis*) (Rahman, 2020). Kategori tersebut bergantung pada suhu dan waktu tinggal selama proses pirolisis. Ketika temperatur pada zona pirolisis rendah, maka akan dihasilkan banyak arang dan sedikit cairan (air, hidrokarbon, dan tar). Sebaliknya, apabila temperatur pirolisis tinggi maka arang yang dihasilkan sedikit tetapi banyak mengandung cairan (Mesa-Perez *et al.*, 2013).

Biochar jauh lebih efektif dalam mempertahankan unsur hara dan ketersediaannya bagi tanaman dibanding bahan organik lain seperti kompos atau pupuk kandang. Hal ini juga berlaku bagi unsur hara P yang tidak diretensi oleh bahan organik biasa. *Biochar* lebih dapat bertahan dalam tanah dibanding bahan organik lain (Lehmann, 2007). *Biochar* digunakan sebagai bahan pembenah tanah untuk memperbaiki sifat-sifat tanah seperti sifat fisik, kimia dan biologi tanah.

Hal ini sesuai dengan pernyataan Gani (2009) bahwa *biochar* merupakan bahan organik yang digunakan sebagai salah satu alternatif pembenah tanah untuk meningkatkan kualitas tanah. Pemberian *biochar* berpotensi meningkatkan kadar C-tanah, retensi air dan unsur hara di dalam tanah. Keuntungan lain dari aplikasi *biochar* pada tanah adalah penyimpanan karbon yang lama mencapai ribuan tahun karena sifat dari *biochar* yang stabil dalam tanah (Gani, 2009).

Bahan baku yang digunakan berpengaruh terhadap sifat fisik dan kimia *biochar* yang dihasilkan. Bahan baku *biochar* yang dari kayu dengan kandungan lignin tinggi (serat tinggi), akan menghasilkan karbon yang tinggi pula, serta pelapukan di dalam tanah juga lebih lama dibandingkan dengan *biochar* yang terbuat dari jerami dan atau sekam padi (Lehmann, 2007). *Biochar* memiliki sifat fisik yaitu luas permukaan jenis yang besar sehingga pori-pori dan density-nya tinggi menyebabkan kemampuan mengikat airnya tinggi (Asyifa *et al.*, 2019). Aplikasi *biochar* mampu menurunkan kepadatan tanah, kekuatan tanah, meningkatkan porositas, kandungan air tanah tersedia, C-organik, P-tersedia, KTK, K dapat dipertukarkan dan Ca dapat dipertukarkan serta mampu meningkatkan pH tanah (Ambihai dan Gnanavelajah, 2013).

Aplikasi *biochar* pada tanah mampu meretensi air lebih baik dan meningkatkan ketersediaan air tanah bagi tanaman. Hasil penelitian Santi dan Goenadi (2010), menunjukkan bahwa aplikasi *biochar* mampu memperbaiki kemantapan agregat tanah yang berpengaruh terhadap pergerakan dan penyimpanan air, aerasi, erosi dan aktivitas mikroorganisme tanah. Aktivitas mikroorganisme dalam merombak bahan organik tanah mempengaruhi tinggi rendahnya karbon dalam tanah (Ruchyansyah *et al.*, 2018). Agregat tanah yang mantap akan mempertahankan sifat-sifat tanah yang baik untuk pertumbuhan tanaman, seperti porositas dan ketersediaan air lebih lama dibandingkan dengan agregat tanah yang tidak mantap (Cerde, 2000). Tanah dengan porositas dan kepadatan yang baik akan mendukung akar sengon berpenetrasi lebih dalam dan lebih luas (Wijaya *et al.*, 2021). Tanah yang telah teragregasi akan meningkatkan infiltrasi, permeabilitas dan ketersediaan air bagi tanaman (Santi dan Goenadi, 2010).

Biochar mempunyai kerapatan yang rendah dan sangat berpori (*porous*), untuk menyimpan air yang dapat digunakan tanaman selama musim kering (Sarwono, 2016). *Biochar* juga berperan sebagai perekat partikel tanah sehingga agregasi tanah menjadi baik, meningkatkan ruang pori dan menurunkan berat isi tanah (Ambihai dan Gnanavelajah, 2013). Ruang pori tanah yang stabil memudahkan air mengalir ke bawah dan diserap oleh matriks tanah sehingga kemampuan tanah menahan air dapat meningkat (Zulkarnaen *et al.*, 2013).

Berdasarkan pada manfaat *biochar* di atas, aplikasi *biochar* pada tanah harus diperhatikan. Jumlah *biochar* yang bisa ditambahkan ke dalam tanah agar masih memberi manfaat adalah sebanyak 40%. Tanah yang diberi *biochar* menunjukkan produktivitasnya naik. Tanaman menunjukkan respon penurunan jika diberikan penambahan *biochar* dalam jumlah yang sangat tinggi (Lehman dan Joseph, 2010). Penambahan *biochar* ke dalam tanah juga merupakan salah satu upaya konservasi penyimpanan karbon di dalam tanah. Hal ini dipengaruhi oleh stabilitas *biochar* yang sukar terdekomposisi selama ribuan tahun. Stabilitas *biochar* dipengaruhi oleh temperatur pada saat proses pirolisis (Safitri, 2017).

Riniarti *et al* (2021b), menyatakan bahwa perbedaan suhu akan menghasilkan karakteristik *biochar* yang berbeda. Semakin tinggi suhu maka semakin sedikit *biochar* yang akan dihasilkan dan semakin rendah densitas curahnya (Hidayat *et al.*, 2017). Hal tersebut dapat mempengaruhi efektivitas *biochar* ketika diaplikasikan sebagai pembenah tanah. Semakin tinggi suhu maka semakin tinggi pH. Tingginya pH sangat penting untuk meningkatkan kapasitas tukar kation tanah, ketika *biochar* ditambahkan ke tanah akan menetralkan keasaman tanah dan menyediakan kondisi yang cocok untuk mikroorganisme (Hidayat *et al.*, 2021). Penyimpanan karbon yang baik oleh *biochar* di dalam tanah juga dipengaruhi oleh sifat *biochar* yang rekalsitran yaitu lebih tahan terhadap oksidasi dan lebih stabil dalam tanah sehingga dalam jangka panjang mampu meningkatkan status perbaikan kualitas kesuburan tanah (Mawardiana *et al.*, 2013).

2.2 Tandan Kosong Kelapa Sawit

Kelapa sawit sebagai tanaman penghasil minyak kelapa sawit (*CPO-Crude Palm Oil*) dan inti kelapa sawit merupakan salah satu primadona tanaman perkebunan yang menjadi sumber penghasil devisa non-migas bagi Indonesia (Nasrul dan Maimun, 2009). Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jack.) merupakan tanaman perkebunan yang memegang peranan penting dalam industri pangan. Produksi kelapa sawit di Indonesia pada tahun 2011 meningkat dibandingkan tahun sebelumnya hingga mencapai 22.508.011 ton (BPS 2012). Pengolahan kelapa sawit menjadi minyak sawit menghasilkan beberapa jenis limbah padat yang meliputi tandan kosong sawit, serat mesocarp dan cangkang (Yunindanova *et al*, 2013).

Tandan kosong kelapa sawit merupakan sumber bahan organik yang kaya unsur hara N, P, K dan Mg. Jumlah tandan kosong kelapa sawit diperkirakan sebanyak 23% dari jumlah tandan buah segar yang diolah. Setiap ton tandan kosong kelapa sawit mengandung hara N 1,5%, P 0,5%, K 7,3% dan Mg 0,9% yang dapat digunakan sebagai substitusi pupuk pada tanaman kelapa sawit (Sarwono, 2008).

Pada saat ini tandan kosong kelapa sawit digunakan sebagai bahan organik bagi pertanaman kelapa sawit secara langsung maupun tidak langsung. Pemanfaatan secara langsung ialah dengan menggunakan tandan kosong sebagai mulsa sedangkan secara tidak langsung dengan mengomposkan terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai pupuk organik. Pengembalian bahan organik ke tanah akan mempengaruhi populasi mikroba tanah secara langsung dan tidak langsung akan mempengaruhi kesehatan dan kualitas tanah (Widiastuti dan Panji, 2007). Jenis limbah kelapa sawit pada generasi pertama adalah limbah padat yang terdiri dari tandan kosong, pelepah, cangkang dan lain-lain. Selain limbah padat juga dihasilkan limbah cair. Limbah padat dan cair pada generasi berikutnya dapat diolah lagi menjadi suatu produk yang dapat memiliki manfaat serta nilai ekonomi.

Salah satu potensi tandan kosong kelapa sawit yang cukup besar adalah sebagai bahan pembenah tanah dan sumber hara bagi tanaman. Potensi ini didasarkan pada kandungan tandan kosong kelapa sawit yang merupakan bahan

organik dan memiliki kadar hara yang cukup tinggi. Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan pembenah tanah dan sumber hara ini dapat dilakukan dengan cara aplikasi langsung sebagai mulsa atau dibuat menjadi kompos (Darmosarkoro dan Rahutomo, 2007).

2.3 Sengon (*Falcataria moluccana*)

Tanaman sengon dalam bahasa latin dikenal dengan nama *Falcataria moluccana*, masuk dalam famili Fabaceae. Nama sengon sempat berganti-ganti dalam kurun waktu sekitar dua puluh tahun, mengikuti kajian para taksonom, yaitu *Albizia falcataria*, berganti menjadi *Paraserianthes falcataria*, dan terakhir *Falcataria moluccana*. Berikut klasifikasi morfologi tanaman sengon.

Kingdom : Plantae

Divisi : Spermatophyta

Kelas : Dicotyledonae

Ordo : Fabales

Famili : Fabaceae

Genus : Falcataria

Spesies : *Falcataria moluccana* (Miq.)

Sengon disenangi masyarakat umum karena tumbuhnya cepat sehingga dapat segera menghasilkan. Kayu sengon dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan rumah tangga seperti bahan furnitur (Butar *et al.*, 2019), kayu konstruksi ringan (Krisdayani *et al.*, 2020), bahan pembuat peti, papan isolasi, kayu lapis, kayu pertukangan, dan perabotan rumah tangga (Riana *et al.*, 2021). Sengon sudah dapat dipanen pada umur 6 tahun dan dapat menghasilkan kayu bulat hingga 372 m³/ha. Bila pertumbuhannya dibiarkan hingga 25 tahun, tanaman ini dapat mencapai tinggi 45 m dengan diameter batang mencapai 100 cm (Nugroho dan Salamah, 2015). Menurut Hardiatmi (2010), sengon dapat dipanen pada usia 12-15 tahun tergantung pada kelas tempat tumbuh sengon. Kayu sengon memiliki sifat fisik yang unggul untuk industri kertas dibandingkan dengan kayu lainnya, karena kayu sengon memiliki panjang serat yang paling tinggi sehingga kertas dari kayu sengon memiliki sifat tahan robek (Priadi dan Hartati, 2018).

Sengon dapat tumbuh di atas ragam jenis tanah, mulai di tanah kering, lembab bahkan tanah yang mengandung garam dan asam, asalkan drainasinya baik. Pada pengamatan lain menginformasikan, tanaman sengon dapat tumbuh dan berkembang baik di tanah-tanah regosol, aluvial atau latosol dengan tekstur lempung berpasir atau lempung berdebu dengan kemasaman tanah (pH) pada kisaran 6-7. Sengon termasuk tanaman tropis dengan suhu yang cocok untuk pertumbuhannya pada kisaran 18-27°C dengan kelembaban sekitar 50-75% (Corryanti dan Novitasari, 2015).

Pohon 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 kadang-kadang lebih, dengan tajuk lebar mendatar. Apabila tumbuh di tempat terbuka sengon cenderung memiliki kanopi yang berbentuk seperti kubah atau payung (Corryanti dan Novitasari, 2015). Pohon sengon pada umumnya tidak berbanir meskipun di lapangan kadang dijumpai pohon dengan banir kecil. 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-kecil, banyak dan perpasangan, terdiri dari 15-20 pasang pada setiap sumbu (tangkai), berbentuk lonjong (panjang 6-12 mm, lebar 3-5 mm) dan pendek kearah ujung (Krisnawati *et al.*, 2011).

2.4 Pembentukan Bintil Akar Sengon

Tahap awal pembentukan bintil akar semai berbeda-beda pada tiap jenis legum. Umumnya bintil akar terbentuk 5-6 hari setelah inokulasi rhizobia (Purwaningsih *et al.*, 2012). Pembentukan bintil pada sengon secara alami menggunakan media pasir yang telah disterilkan terlebih dahulu. Pembentukan awal bintil akar terjadi pada semai umur 2 minggu. Bintil akar yang terbentuk masih kecil dan hanya bisa diamati di bawah mikroskop. Bintil akar yang terbentuk sudah bisa diamati langsung (tanpa menggunakan mikroskop) saat semai berumur 3 minggu. Bintil akar yang terbentuk umumnya berada pada bagian akar dekat dengan permukaan tanah. Hal ini disebabkan karena bakteri rhizobia yang mengolonisasi akar membutuhkan oksigen (aerob) untuk

melakukan proses metabolisme (Sari dan Prayudyaningsih, 2018). Jumlah bintil akar yang terbentuk pada beberapa tingkatan umur semai sengon, umumnya mengalami peningkatan seiring bertambahnya umur semai.

Bintil akar sengon memiliki tipe *indeterminate* dengan banyak percabangan pada bintil. Bintil *indeterminate* berbentuk memiliki sumbu dan memanjang dengan meristem pada bagian apikal dari bintil (Puppo *et al.*, 2005). Howieson dan Dilworth (2016) menyatakan tipe bintil seperti ini umum ditemukan pada semua subfamili dari Leguminoceae. Bintil akar yang terbentuk pada akar semai tidak menunjukkan semua aktif dalam memfiksasi nitrogen. Hal ini dapat dilihat ketika bintil dibelah. Pengamatan yang dilakukan pada bintil akar sengon setelah dibelah menunjukkan beberapa bintil memiliki bagian dalam berwarna merah muda, hijau, dan hitam. Warna bintil akar setelah dibelah dapat menjadi salah satu indikator keaktifan dari bintil akar dalam memfiksasi nitrogen.

Howieson dan Dilworth (2016) menyatakan bahwa bagian dalam dari bintil yang berwarna merah atau merah muda setelah dibelah mengandung pigmen leghemoglobin dan sekaligus menunjukkan ciri-ciri bintil akar yang telah matang. Rao (1994) menyatakan bintil akar yang efektif umumnya berukuran besar dan berwarna merah muda karena mengandung pigmen leghemoglobin (gugus heme menempel ke protein globin) yang berwarna di dalam jaringan bakteroid. Sedangkan bintil dengan bagian dalam yang berwarna hijau diduga belum aktif dalam menambat nitrogen (Nugroho, 2018). Rao (1994) menambahkan bintil akar yang tidak efektif berukuran kecil dan mengandung jaringan bakteroid yang tidak dapat berkembang dengan baik karena struktur bintilnya tidak normal. Bintil akar yang telah tua akan mengalami senescen. Purwaningsih *et al* (2012) menyatakan bakteroid dan leghemoglobin akan mengalami degradasi sehingga bintil akar berwarna cokelat atau hitam.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari - Mei 2021 yang dilakukan di Rumah Kaca dan Laboratorium Silvikultur dan Perlindungan Hutan, dan Laboratorium Kimia Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi bak kecambah, *polybag* dengan volume 220 cm³, *hand sprayer*, kaliper, timbangan, penggaris, pinset, skala warna daun (SWD) atau *leaf color chart* (LCC), *cutter*, oven listrik, gelas ukur, kaca pembesar, laptop, kamera dan alat tulis. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah TKKS, benih sengon (*Falcataria moluccana*) sebagai objek pengamatan, pasir untuk media tanam saat dikecambahkan dan tanah sebagai bahan campuran media tanam (*biochar*).

3.3 Rancangan Percobaan

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen skala laboratorium. Rancangan percobaan yang digunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan berbeda dengan ulangan sebanyak 20 kali, sehingga total keseluruhan tanaman berjumlah 80 satuan percobaan. Perlakuan tersebut adalah: (A) tanpa penggunaan *biochar* TKKS (kontrol), (B) menggunakan *biochar* TKKS dengan persentase 5%, (C) menggunakan *biochar* TKKS dengan persentase 10%, (D) dan menggunakan *biochar* TKKS dengan persentase 15%.

Tata letak dari rancangan acak lengkap menggunakan bibit sengon dapat dilihat pada Gambar 2.

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

Keterangan:

A : tanpa penggunaan *biochar* TKKS (kontrol),

B : menggunakan *biochar* TKKS dengan persentase 5%,

C : menggunakan *biochar* TKKS dengan persentase 10%,

D : menggunakan *biochar* TKKS dengan persentase 15%

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

3.4 Pelaksanaan

Tahapan pelaksanaan penelitian ini antara lain.

1. Pembuatan *biochar*

Pembuatan *biochar* dari TKKS menggunakan bahan dalam kondisi basah, maka TKKS tidak langsung dibakar. Bahan baku TKKS sebelum dimasukkan dalam tungku, terlebih dahulu menumpukkan bata setinggi 40 cm yang ditutup dengan pelat logam tipis, dan kayu karet kering diletakkan di bawah pelat logam sebagai bahan bakar selama produksi *biochar* dari TKKS. Sebelum TKKS

dimasukkan ke dalam tempat pembakaran, pipa-pipa logam berlubang disusun secara vertikal di dalam tempat pembakaran untuk menyalurkan gas panas yang dihasilkan dari pembakaran kayu karet selama proses berlangsung. TKKS kemudian dimasukkan ke dalam tempat pembakaran. Kayu karet kering di bawah pelat logam kemudian dibakar. Proses pembakaran *biochar* TKKS berlangsung selama tiga hari pada suhu puncak 600°C. Temperatur tempat pembakaran diukur setiap jam dan diatur dengan membuka lubang kontrol saat temperatur puncak menurun dan menutupnya saat temperatur puncak meningkat, proses ini berlangsung selama empat hari. Proses pendinginan berlangsung selama tujuh hari (Hidayat *et al.*, 2021). Sebelum digunakan, *biochar* TKKS dihaluskan dan diayak terlebih dahulu untuk memperoleh ukuran yang seragam yaitu berkisar 0,5 mm (Jaya *et al.*, 2018) selanjutnya dicampurkan dengan tanah dan air. Perbandingan penggunaan dosis yang digunakan yaitu 0%, 5%, 10%, dan 15% *biochar* TKKS. *Biochar* tersebut diproduksi di perusahaan mitra PT Kendi Arindo yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Biochar* TKKS berwarna hitam.

2. Persiapan semai

Benih yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih sengon yang telah dipersiapkan dan diberi perlakuan skarifikasi. Benih diskarifikasi menggunakan air hangat dengan suhu awal 80°C, kemudian perendaman selama 12 jam, hal ini

sesuai dengan hasil penelitian oleh Alghofar *et al* (2017), untuk menghasilkan perkecambahan yang lebih baik pada sengon. Benih yang telah diskarifikasi ditanam di media tanam berupa pasir di bak kecambah yang sebelumnya telah disterilisasi dengan menjemur di bawah sinar matahari selama satu hari. Bak kecambah ini diletakkan di dalam rumah kaca dan kelembaban media tersebut dijaga dengan cara penyiraman air dengan *handsprayer* setiap sehari sekali sampai dengan kapasitas lapang. Semai sengon yang siap ditanam dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengecambahan biji sengon.

3. Persiapan media tanam

Media tanam merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas bibit (Febriani *et al.*, 2017). Media tanam yang digunakan yaitu tanah *top soil* yang diperoleh dari Laboratorium Lapang Terpadu Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Kandungan liat, pasir dan debu yang telah diuji laboratorium pada tanah *top soil* yaitu sebesar 38,53%; 21,65% dan 39,80%. Sebelum tanah dimasukkan ke dalam *polybag*, tanah telah dijemur terlebih dahulu agar terhindar dari jamur seperti pada Gambar 5. Selanjutnya *biochar* dicampurkan dengan tanah secara merata lalu dimasukkan ke dalam *polybag* berukuran 15 cm x 20 cm (diameter x tinggi).



Gambar 5. Tanah yang digunakan sebagai media tanam.

4. Penyapihan

Penyapihan dilakukan pada saat bibit sengon berumur 2 minggu dengan minimal telah memiliki 3 helai daun, bebas dari hama dan penyakit (sehat), pertumbuhan yang normal dan tinggi yang seragam. Selanjutnya bibit dipindahkan ke *polybag* berukuran 15 cm x 20 cm (diameter x tinggi) yang sudah berisi media tanam sesuai dengan perlakuan dan disiram terlebih dahulu hingga kapasitas lapang. Proses penyapihan dilakukan pada sore hari, hal ini bertujuan untuk mengurangi laju evapotranspirasi, mempercepat pertumbuhan dan memiliki ruang tumbuh yang lebih luas untuk pertumbuhan perakaran. *Biochar* diaplikasikan bersamaan dengan saat penyapihan semai, dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Penyapihan semai sengon.

5. Pemeliharaan

Pemeliharaan tanaman meliputi penyiangan gulma, penyiraman dan pemberantasan hama. Penyiangan gulma dilakukan dua minggu sekali, namun jika ada gulma yang tumbuhnya cepat sebelum dua minggu, gulma tetap dibersihkan secara manual dicabut dengan tangan. Penyiraman dilakukan pada pagi dan sore hari, seperti pada Gambar 7. Pemberantasan hama dilakukan setiap ditemui pada saat penyiraman dengan mengambil dan atau menghilangkan hama pada media tanam. Hal tersebut dilakukan agar bibit sengon tetap berada pada kondisi yang baik dalam proses pertumbuhan.



Gambar 7. Penyiraman tanaman sengon pada pagi dan sore hari.

3.5 Parameter Pengamatan

Data yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu data primer. Data primer didapatkan dari pengamatan langsung pada objek penelitian. Pengamatan dilakukan dengan mengamati perubahan pertumbuhan bibit setelah penyapihan sampai bibit berumur 4 bulan. Perubahan yang diamati yaitu.

1. Pertumbuhan tinggi bibit

Pengukuran tinggi dimulai dari kolet sampai dengan buku-buku batang (nodus) teratas dengan menggunakan penggaris (cm). Kolet adalah daerah perbatasan antara hipokotil dengan akar semai yang merupakan tempat letaknya

kotiledon. Pengukuran tinggi tanaman dilakukan setiap sebulan sekali antar pengukuran.

2. Pertambahan diameter bibit

Diameter batang diukur 3 cm dari kolet dengan menggunakan kaliper (mm) lalu diberi tanda sebagai tempat pengukuran selanjutnya. Pengukuran diameter tanaman dilakukan setiap sebulan sekali antar pengukuran, yang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Pengukuran diameter tanaman.

3. Panjang akar

Panjang akar diukur dari kolet sampai dengan ujung akar terpanjang dengan menggunakan benang dengan mengikuti bentuk akar dan kemudian benang diukur dengan penggaris (cm). Pengukuran panjang akar dilakukan pada awal pengamatan yaitu sebelum dipindahkan pada *polybag* dan akhir pengamatan, seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Pengukuran panjang akar tanaman.

4. Volume akar

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

$$\text{Volume akar (ml)} = \text{Volume}_2 - \text{Volume}_1$$

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, seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Pengukuran volume akar.

5. 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 dengan memilih satu helai warna terbaik daun pada bibit. Pengukuran dilakukan pada beberapa helai daun karena sengan berdaun majemuk dengan mencocokkan warna pada skala yang digunakan, seperti pada Gambar 11.



Gambar 11. Pengukuran warna daun.

6. Jumlah bintil akar dan bintil akar efektif

Bintil akar merupakan tonjolan kecil yang terbentuk akibat infeksi pengikat nitrogen yang bersimbiosis dengan tumbuhan, letaknya cenderung berkumpul leher akar dan sekitarnya (Senatama *et al.*, 2019). Bintil akar dihitung dari bintil yang berada pada akar disekitar kolet sampai dengan bintil yang berada pada ujung akar primer. Jumlah bintil akar diukur dengan memisahkan bintil akar dengan akarnya kemudian dihitung jumlahnya (Wasis dan Sa'idah, 2019). Bintil akar efektif dapat dilihat dengan membelah bintil. Bintil akar yang efektif umumnya berukuran besar dan berwarna merah muda karena mengandung pigmen leghemoglobin. Sedangkan bintil dengan bagian dalam yang berwarna hijau diduga belum aktif dalam menambat nitrogen (Nugroho, 2018). Pengukuran ini dilakukan pada akhir penelitian.



Gambar 12. Bintil akar pada tanaman sengon.

7. Bobot kering total

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°C sampai mencapai berat konstan. Bobot kering dihitung untuk mengetahui biomassa tanaman. Bobot kering total diperoleh dengan rumus.

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

8. Indeks mutu bibit

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 *et al.*, 2018). Pengukuran IMB dilakukan di akhir penelitian. IMB dihitung menggunakan rumus Dickson (Sofyan *et al.*, 2014).

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

3.6 Analisis Data

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. Sebelum dilakukan analisis ragam, data yang tersedia diuji dengan uji homogenitas. Pengujian homogenitas dapat dilakukan dengan beberapa cara berbeda, uji homogenitas dilakukan untuk menguji homogenitas yang lebih dari 2 kelompok data yaitu “Uji Bartlett”. Anara dari penelitian ini disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Analisis ragam pertumbuhan bibit sengon

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

Setelah mengetahui hasil perhitungan analisis ragam, nilai tengah perlakuan akan diuji lanjut dengan menggunakan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT). Uji BNT merupakan prosedur pengujian perbedaan diantara rata-rata perlakuan yang paling sederhana dan paling umum digunakan, uji ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan. Semua perhitungan dilakukan pada taraf nyata 1%.

Rumus yang digunakan yaitu:

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

Keterangan:

α = taraf uji α

db_g = 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

5.1 Simpulan

Simpulan yang diperoleh berdasarkan dengan hasil penelitian adalah.

1. Penambahan *biochar* TKKS mampu meningkatkan pertumbuhan bibit sengon.
2. Penggunaan *biochar* TKKS dosis 10% sudah cukup untuk pertumbuhan tanaman sengon yang optimal dan lebih baik.

5.2 Saran

Teknik aplikasi *biochar* TKKS yang lebih efektif perlu dipelajari untuk meningkatkan berat jenis *biochar*.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Alfaizin, D., Suhartati., Kurniawan, E. 2016. Benih dan perkecambahan kayu kuku (*Pericopsis mooniana*). *Info Teknis Eboni*. 13(1): 1-11.
- Alghofar, W.A., Purnamaningsih S.L., Damanhuri. 2017. Pengaruh suhu air dan lama perendaman terhadap perkecambahan dan pertumbuhan bibit sengon (*Paraserianthes falcataria*). *Jurnal Produksi Tanaman*. 5(10): 1639-1644.
- Amanda, I.R., Kandi, P., Novi, A., Dirgarini, J.N.S., Ari, S.S. 2019. Aktivasi biochar dari kayu *Macaranga gigantea* menggunakan $ZnCl_2$. *Jurnal Kimia Mulawarman*. 17(1): 6-10.
- Ambihai, S., Gnanavelajah, N. 2013. Improving soil production through carred biomass amendment to soil. *Agricultural and Environmental Science*. 13(10): 1345-1350.
- Angelita, T.K., Rasyid, B., Neswati, R. 2020. Perbaikan kualitas tanah purna tambang nikel dengan penggunaan mikoriza dan biochar tandan kosong kelapa sawit. *Jurnal Ecosolum*. 9(1): 28-45.
- Asmara, A., Tarigan, 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.
- Asyifa, D., Abdul, G., Ratu, F.I.R. 2019. Karakteristik biochar hasil pirolisis ampas tebu (*Sacharum officinarum* Linn) dan aplikasinya pada tanaman seledri (*Apium graveolens* L). *Jurnal IPA dan Pembelajaran IPA*. 3(1): 15-20.
- Aung, A., Han, S.H., Youn, W.B., Meng, L., Cho, M.S., Park, B.B. 2018. Biochar effects on the seedling quality of *Quercus serrata* and *Prunus sargentii* in a containerized production system. *Forest Science And Technology*. 14(3): 112-118.

- Azis, A., Chairunas., Basri, A.B., Darmadi, D., Juwita, Y. 2016. Pemanfaatan biochar dan efisiensi pemupukan kedelai mendukung program pengelolaan tanaman terpadu di Provinsi Aceh. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2016*. 101-110.
- Budi, S.W., Luluk, S. 2013. Arbuscular mycorrhizal fungi and biochar improved early growth of neem (*Melia azedarach* Linn.) seedling under greenhouse conditions. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*. 19(2): 103-110.
- 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.
- Cerda, 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.
- Chairunas., Azis, A., Basri, A.B., Darmadi, D. 2014. Pemanfaatan biochar dan efisiensi pemupukan jagung mendukung program pengelolaan tanaman terpadu di Provinsi Aceh. *Prosiding Seminar Nasional Agroinovasi Spesifik Lokasi Untuk Ketahanan Pangan Pada Era Masyarakat Ekonomi ASEAN*. 295-308.
- 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.
- Corryanti., Novitasari, D. 2015. *Sengon dan Penyakit Karat Tumor*. Buku. Puslitbang Perum Perhutani Cepu. Jawa Tengah. 29 hlm.
- Dariah, A., Sutono, S., Neneng, L.N., Wiwik, H., Etty, P. 2015. Pembena tanah untuk meningkatkan produktivitas lahan pertanian. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. 9(2): 67-84.
- Darma, H.A., Bintoro, A., Duryat. 2019. Faktor-faktor penentu perubahan kondisi keanekaragaman flora dan fauna di Sub-Sub DAS Khilau, Sub DAS Bulog, DAS Sekampung. *Jurnal Sylva Lestari*. 7(2): 204-213.
- Darmosarkoro, W., Rahutomo, S. 2007. Tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan pembena tanah. *Jurnal Lahan dan Pemupukan Kelapa Sawit Edisi 1*. 3(3): 167-180.
- Demirbas, A. 2004. Effects of temperature and particle size on bio-char yield from pyrolysis of agricultural residues. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 72(2): 243-248.
- Demirbas, A. 2005. Pyrolysis of ground wood in irregular heating rate conditions. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 73(1): 39-43.

- 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. Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara. Medan. 52 hlm.
- Endriani., Sunarti., Ajidirman. 2013. Pemanfaatan biochar cangkang kelapa sawit sebagai soil amandement ultisol Sungai Bahar-Jambi. *Jurnal Penelitian Universitas Jambi Seri Sains*. 15(1): 39-46.
- 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.
- Gani, A. 2009. Potensi arang hayati biochar sebagai komponen teknologi perbaikan produktivitas lahan pertanian. *Iptek Tanaman Pangan*. 4(1): 33-48.
- Hardiatmi, S. 2010. Investasi tanaman kayu sengon dalam wanatani cukup menjanjikan. *Jurnal Inovasi Pertanian*. 9(2): 17-21.
- 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 oil empty fruit bunches. *Resources, Conservation and Recycling*. 77(3): 108-115.
- Hayat, E.S., Sri, A. 2014. Pengelolaan limbah tandan kosong kelapa sawit dan aplikasi biomassa *Chromolaena odorata* terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman padi serta sifat tanah sulfaquent. *Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah*. 17(2): 44-51.
- Hendromono., Durahim. 2004. Pemanfaatan limbah sabut kelapa sawit dan sekam padi sebagai medium pertumbuhan bibit mahoni afrika (*Khaya anthotheca*. C.DC). *Buletin Penelitian Hutan*. 644: 51-62.
- 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 Agriculture Kyusu 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: 012040.

- Howieson, J.G., Dilworth, M.J. 2016. *Working with Rhizobia*. Buku. Australian Centre for International Agricultural Research. Australia. 39 hlm.
- Ichwal, R., Zaitun., Elly, K. 2019. Pengaruh dosis biochar dan pupuk kandang terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman okra (*Abelmoschus esculentus* L.). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 4(1):43-54.
- 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. 2018. Pengaruh pemberian berbagai macam biochar dan dosis nitrogen terhadap pertumbuhan dan produksi kedelai (*Glycine max* L. Merrill). *Agrocrop*. 9(1): 60-70.
- Krisnawati, H., Varis, E., Kallio, M., Kanninen, M. 2011 *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen: *Ecology, Silviculture and Productivity*. Buku. CIFOR. Bogor. 23 hlm.
- 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.
- Kurniawan, A., Budi, H., Medha, B., Setyono, Y.T. 2016. Pengaruh penggunaan biochar pada media tanam terhadap pertumbuhan bibit tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*. 4(2): 153-160.
- Lakitan, B. 2004. *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. Buku. Raja Grafindo Persada. Jakarta. 222 hlm.
- Lehmann, J. 2007. A handful of carbon. *Nature*. 447(7141): 143-144.
- Lehmann, J., Rillig M.C., Thies J., Masiello C.A., Hockaday W.C., Crowley D. 2011. Biochar effects on soil biota a review. *Soil Biology and Biochemistry*. 43(9): 1812-1836.
- Mawardiana., Sufardi., Parman, S. 2013. Pengaruh residu biochar dan pemupukan NPK terhadap sifat kimia tanah dan pertumbuhan serta hasil tanaman padi musim tanam ketiga. *Konservasi Sumber Daya Lahan*. 1(1): 16-23.
- Mesa-Perez, 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.

- Mosooli, C.C., Lasut, M.T., Kalangi, J.I., Singgano, J. 2016. Pengaruh media tumbuh kompos terhadap pertumbuhan bibit jabon merah (*Anthocephalus macropyllus*). In *Cocos*. 7(3): 1-11.
- Nadeak, N., Qurniati, R., Hidayat, W. 2013. Analisis finansial pola tanam agroforestri di Desa Pesawaran Indah Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung. *Jurnal Sylva Lestari*. 1(1): 65-74.
- Nasrul., Maimun, T. 2009. Pengaruh penambahan jamur pelapuk putih (*white rot fungi*) pada proses pengomposan tandan kosong kelapa sawit. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. 7(2): 194-199.
- Nguyen, T.T.N., Xu, C.Y., Tahmasbian, I., Che, R., Xu, Z., Zhou, X., Wallace, H.M., Bai, S. H. 2017. Effects of biochar on soil available inorganic nitrogen: a review and meta-analysis. *Geoderma*. 288: 79-96.
- Nugroho, D.N. 2018. *Pengaruh Pemberian Cendawan Mikoriza Arbuskular dan Dosis Kompos Gulma Siam terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai*. Tesis. Universitas Mercu Buana. Yogyakarta. 60 hlm.
- Nugroho, T.A., Salamah, Z. 2015. Pengaruh lama perendaman dan konsentrasi asam sulfat (H₂SO₄) terhadap perkecambahan biji sengon laut (*Paraserianthes falcataria*) sebagai materi pembelajaran biologi SMA kelas XII untuk mencapai K.D 3.1 kurikulum 2013. *JUPEMASI-PBIO*. 2(1): 230-236.
- 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., dan Sutono, S. 2015. *Biochar Pembena Tanah yang Potensial*. Buku. IAARD Press. Jakarta. 49 hlm.
- Nurkholifah, V. 2020. *Produksi dan Karakteristik Arang dari Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Kayu Karet*. Skripsi. Universitas Lampung. Lampung. 59 hlm.
- 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 2020*. 235-240.
- Prathama, Y., Nelvia, N., Amri, A.I. 2018. Pemberian amelioran dan isolat bakteri fiksasi nitrogen non simbiotik (FNNS) untuk meningkatkan pertumbuhan dan serapan N tanaman padi gogo (*Oryza sativa* L.) pada medium ultisol. *Jurnal Solum*. 15(2): 40-49.

- Prawinata, W., Narran, S., Tjondronegoro, P. 2002. *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan II*. Buku. Fakultas Pertanian IPB. Bogor. 37 hlm.
- Prayoga, D., Riniarti, M., Duryat. 2018. Aplikasi rhizobium dan urea pada pertumbuhan semai sengon laut. *Jurnal Sylva Lestari*. 6(1): 1-8.
- Priadi, D., Hartati, N.S. 2015. Daya kecambah dan multiplikasi tunas in vitro sengon (*Paraserianthes falcataria*) unggul benih segar dan yang disimpan selama empat tahun. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*. 1(6): 1516-1519.
- Priadi, D., Hartati, N. S. 2018. Karakterisasi sengon (*Paraserianthes falcataria* L. Nielsen) unggul berdasarkan morfologi pohon dan kadar lignin. *Prosiding Seminar Nasional XVII*. 341-350.
- Puppo, A., Groten, K., Bastian, F., Carzaniga, R., Soussi, M., Lucas, M.M., de Felipe, M.R., Harrison, J., Vanacker, H., Foyer, C.H. 2005. Legume nodule senescence: roles for redox and hormone signaling in the orchestration of the natural aging process. *New Phytologist*. 165(3): 683-701.
- Purwaningsih, O., Indradewa, D., Kabirun, S., Siddiq, D. 2012. Tanggapan tanaman kedelai terhadap inokulasi rhizobium. *Agrotop*. 2(1): 5-32.
- Putri, V.I., Mukhlis., Benny, H. 2017. Pemberian beberapa jenis biochar untuk memperbaiki sifat kimia tanah ultisol dan pertumbuhan tanaman jagung. *Jurnal Agroekoteknologi FP USU*. 5(4): 824-828.
- 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. 93 hlm.
- Rajiman. 2014. Pengaruh bahan pembenah tanah di lahan pasir pantai terhadap kualitas tanah. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*. 1(1): 147-154.
- 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(4): 1009-1019.
- Rao, N.S. 1994. *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*. Buku. UI Press. Jakarta. 353 hlm.
- Ratmini, N.P.S., Juwita, W., Sasmita, P. 2018. Pemanfaatan biochar untuk meningkatkan produktivitas lahan sub optimal. *Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2018*. 502-509.
- Riana, A., 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.

- 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.
- Riniarti, M., Hidayat, W., Prasetya, H., Niswati, A., Hasanudin, U., Banuwa, I.S., Yoo, J., Kim, S., Lee, S. 2021b. 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., Prasetya, H., Niswati, H., Hasanudin, U., Banuwa, I.S., Loka, A.A., Yoo, J., Kim, S., Lee, S., Hidayat, W. 2021a. Effects of meranti biochar addition on the root growth of *Falcataria moluccana* seedlings. *Advances in Engineering Research*. 202: 181-184.
- Rostaliana, P. 2012. Pemanfaatan biochar untuk perbaikan kualitas tanah dengan indikator tanaman jagung hibrida dan padi gogo pada sistem lahan terang dan bakar. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 1(3): 179-188.
- 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.
- Safitri, I.N. 2017. *Pengaruh Aplikasi Biochar dan Kompos terhadap Sifat Fisik Tanah Alfisol, Efisiensi Air dan Produksi Tanaman Jagung Manis (Zea mays saccharata STURT L.)*. Skripsi. Universitas Jember. Jember. 70 hlm.
- Salawati., Muhammad, B., Indrianto, K., Abdul, R.T. 2016. Potensi biochar sekam padi terhadap perubahan pH, KTK, C-organik dan P tersedia pada tanah sawah inceptisol. *Jurnal Agroland*. 23(2): 101-109.
- Salmina. 2012. Studi pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit oleh masyarakat di Jorong Koto Sawah Nagari Ujung Gading Kecamatan Lembah Melintang. *Jurnal Spasial*. 33-40.
- Santi, L.P., Goenadi, D.H. 2010. Pemanfaatan bio-char sebagai pembawa mikroba untuk pemantap agregat tanah ultisol dari Taman Bogo Lampung. *Menara Perkebunan*. 78(2): 52-60.
- Sari, R., Prayudyaningsih, R. 2015. Rhizobium: pemanfaatannya sebagai bakteri penambat nitrogen. *Buletin Eboni*. 12(1): 51-64.
- Sari, R., Prayudyaningsih, R. 2018. Perkembangan bintil akar pada semai sengon laut (*Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen). *Buletin Eboni*. 15(2): 105-119.
- Sarwono, E. 2008. Pemanfaatan janjang kosong sebagai substitusi pupuk tanaman kelapa sawit. *APLIKA Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*. 8(1):19-23.

- Sarwono, R. 2016. Biochar sebagai penyimpan karbon, perbaikan sifat tanah, dan mencegah pemanasan global: tinjauan. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia*. 18(1): 79-90.
- Senatama, N., Niswati, A., Yusnaini, S., Utomo, M. 2019. Jumlah bintil akar, serapan n dan produksi tanaman kacang hijau (*Vigna radiate* L.) akibat residu pemupukan n dan sistem olah tanah jangka panjang tahun ke-31. *Journal of Tropical Upland Resources*. 1(1): 35-42.
- Sofyan, S.E., Riniarti, M., Duryat. 2014. Pemanfaatan limbah tenh, sekam padi, dan arang sekam sebagai media tumbuh bibit trembesi (*Samanea saman*). *Jurnal Sylva Lestari*. 2(2): 61-70.
- Suharti. 2008. Aplikasi inokulum EM-4 dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan bibit sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen). *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. 5(1): 55-65.
- Suryana, I.M., Sujana, I.P., Suyas dipura, I.N.L. 2016. Pengaruh penambahan dosis beberapa jenis biochar pada lahan yang tercemar limbah cair sablon terhadap pertumbuhan tanaman sawi hijau. *Seminar Nasional Unmas Denpasar*. 27-33.
- Tambunan, S., Bambang, S., Eko, H. 2014. Pengaruh aplikasi bahan organik segar dan biochar terhadap ketersediaan P dalam tanah di lahan kering Malang Selatan. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 1(1): 85-92.
- 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.D., Nelvia. 2020. Pengaruh pemberian biochar tandan kosong kelapa sawit dan mikoriza terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis (*Zea mays sacharrata* L.) di tanah ultisol. *Jurnal Agroekotek*. 12(1): 23-37.
- Tefa, P., Roberto, M., Taolin, O., Lelang, M.A. 2015. Pengaruh dosis kompos dan frekuensi penyiraman pada pertumbuhan bibit sengon laut (*Paraserianthes falcataria*, L.). *Jurnal Pertanian Konservasi Lahan Kering*. 1(1): 13-16.
- 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.
- 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*. 9(1): 51-57.

- Wibowo, T.I.R., Riniarti, M., Prasetya, H., Hasanudin, U., Niswati, A., Hidayat, W. 2020. Karakteristik arang hayati dari limbah kayu sengon (*Falcataria moluccana*) dan meranti (*Shorea* sp.). *Seminar Nasional Konservasi 2020*. 560-563.
- Widiastuti., Panji, T. 2007. Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit sisa jamur merang (*Volvaria volvacea*) (TKSJ) sebagai pupuk organik pada pembibitan kelapa sawit. *Menara Perkebunan*. 75(2): 70-79.
- Wijaya, B.A., Riniarti, M., Prasetya, H., Hidayat, W., Niswati, A., Hasanudin, U., Banuwa, I.S. 2021. Interaksi perlakuan dosis dan suhu pirolisis pembuatan biochar kayu meranti (*Shorea* spp.) mempengaruhi Kecepatan Tumbuh Sengon (*Paraserianthes moluccana*). *ULIN: Jurnal Hutan Tropis*. 5(2): 78-89.
- Yanti, M., Indriyanto., Duryat. 2016. Pengaruh zat alelopati dari alang-alang terhadap pertumbuhan semai tiga spesies akasia. *Jurnal Sylva Lestari*. 4(2): 27-38.
- Yunindanova, M.B., Agusta, H., Asmono, D. 2013. Pengaruh tingkat kematangan kompos tandan kosong sawit dan mulsa limbah padat kelapa sawit terhadap produksi tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) pada tanah ultisol. *Jurnal Ilmu Tanah dan Agroklimatologi*. 10(2): 91-100.
- Zulkarnaen, M., Prasetya, B., Soemarno. 2013. Pengaruh kompos, pupuk kandang dan costum-bio terhadap sifat tanah, pertumbuhan dan hasil tebu (*Saccharum officinarum* L.) pada entisol di kebun Ngrangkah Pawon, Kediri. *Indonesian Green Technology*. 2(1): 45-52.