

**PENGARUH BIOCHAR TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT
TERHADAP PERTUMBUHAN SENGON (*Falcataria moluccana*)**

(Skripsi)

Oleh

NOVENDRA MUHAMMAD RAFLY



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

PENGARUH BIOCHAR TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT TERHADAP PERTUMBUHAN SENGON (*Falcataria moluccana*)

Oleh

NOVENDRA MUHAMMAD RAFLY

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) menjadi potensi ekonomi Indonesia karena industri ini memiliki peran strategis. Semakin meningkatnya produksi kelapa sawit mengakibatkan meningkatnya limbah hasil produksi. Salah satu limbah yang dapat dimanfaatkan adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS). TKKS dikonversi dengan proses pirolisis menjadi biochar sebagai bahan pembenah tanah. Biochar mampu meningkatkan kualitas tanah guna mempercepat pertumbuhan tanaman. Sengon (*Falcataria moluccana*) banyak dikembangkan di Hutan Rakyat (HR) dan Hutan Tanaman Industri (HTI) karena kayunya diminati sebagai kayu konstruksi dan bahan baku industri *pulp* dan kertas. Produktivitas usaha budidaya kayu sengon bergantung kepada kecepatan tumbuh sengon sehingga biochar diharapkan dapat mempercepat pertumbuhan sengon. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh biochar berbahan dasar TKKS dengan faktor suhu pirolisis pada taraf suhu 400°C dan 600°C serta faktor dosis pada taraf 0 ton/ha, 25 ton/ha dan 50 ton/ha terhadap pertumbuhan sengon. Sengon ditanam dengan lubang tanam berukuran 50x50x50 cm. Pada penelitian ini digunakan semai sengon yang sudah berusia 6 bulan, sengon ditanam pada lahan terbuka selama 12 bulan menggunakan rancangan penelitian *Split Plot* dengan rancangan dasar RAL dalam Faktorial. Analisis data menggunakan analisis ragam (ANARA) dan dilakukan uji nilai tengah Beda Nyata Terkecil (BNT). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan diameter batang sengon dipengaruhi oleh perlakuan dosis, namun suhu pirolisis tidak mempengaruhi. Pemberian biochar mempengaruhi pH tanah namun tidak mempengaruhi KTK dan C-Organik. Efek pemberian biochar dapat terlihat dimulai pada bulan ke-2 pengamatan. Penelitian lebih lanjut terkait pertumbuhan sengon dengan waktu yang lebih lama sangat perlu dilakukan dikarenakan sifat fisik biochar di dalam tanah yang terus berubah seiring dengan bertambahnya waktu.

Kata Kunci: biochar, tandan kosong kelapa sawit, pirolisis, sawit, sengon.

ABSTRACT

THE EFFECT OF BIOCHAR FROM OIL PALM EMPTY FRUIT BUNCHES ON THE GROWTH OF *Falcataria moluccana*

By

NOVENDRA MUHAMMAD RAFLY

Palm oil (*Elaeis guineensis*) is Indonesia's economic potential because this industry has a strategic role. The increasing production of palm oil results in an increase in production waste. One of the wastes that can be utilized is oil palm empty fruit bunches (OPEFB). OPEFB is converted by the pyrolysis process into biochar as a soil amelioration. Biochar can improve soil quality to accelerate plant growth. *F. moluccana* is widely developed in Community Forests (CF) and Industrial Plantation Forests (IPF) because its wood is in demand as construction wood and raw material for pulp and paper industries. The productivity of *F. moluccana* wood cultivation depend on the speed of *F. moluccana* growth so that biochar is expected to accelerate the growth of *F. moluccana*. This study aim to determine the effect of EFB-based biochar with pyrolysis temperature factors at temperatures of 400°C and 600°C and dose factors at levels of 0 tons/ha, 25 tons/ha and 50 tons/ha on the growth of sengon. *F. moluccana* planted with planting holes measuring 50x50x50 cm. This research used 6 months old *F. moluccana* seedling planted in a field demonstration plot for 12 months. This research used the Split Plot experimental design with the basic design of Complete Random Design (CRD). Data analysis used Analysis of Variance (ANOVA), furthermore it was tested by Least Significance Different (LSD). The results showed that the increase of *F. moluccana* diameter was affected by the dose treatment, but the pyrolysis temperature did not affect it. The application of biochar affected soil pH but did not affect CEC and C-Organic. The effect of biochar could be seen since the 2nd month of observation. Further research related to the growth of *F. moluccana* with with longer time is needed because the physical properties of biochar change underground.

Keywords: biochar, *F. moluccana*, oil palm empty fruit bunches, palm oil, pyrolysis.

**PENGARUH BIOCHAR TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT
TERHADAP PERTUMBUHAN SENGON (*Falcataria moluccana*)**

oleh

NOVENDRA MUHAMMAD RAFLY

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 : **PENGARUH BIOCHAR TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT TERHADAP PERTUMBUHAN SENGON (*Falcataria moluccana*)**

Nama : **Novendra Muhammad Rafly**

NPM : **1714151046**

Jurusan : **Kehutanan**

Fakultas : **Pertanian**



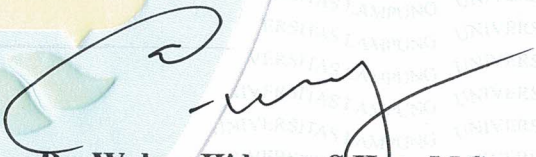
MENYETUJUI,

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing 1

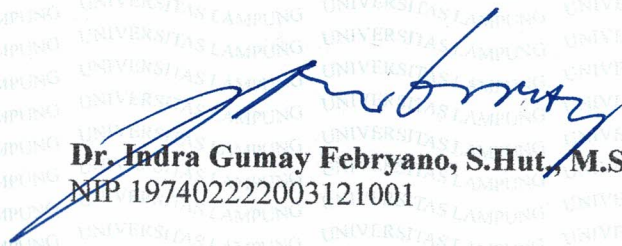
Pembimbing 2


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


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

MENGETAHUI

2. Ketua Jurusan Kehutanan


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

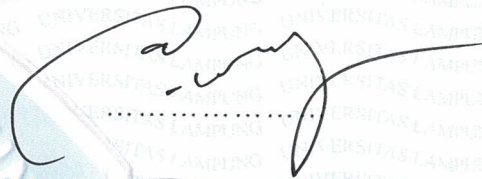
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

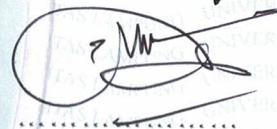
Ketua : Dr. Melya Riniarti, S.P., M.Si.



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



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



2 Dekan Fakultas Pertanian



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

NIP.196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 14 Januari 2022

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Novendra Muhammad Rafly

NPM : 1714151046

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

“PENGARUH BIOCHAR TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT TERHADAP PERTUMBUHAN 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, 25 Februari 2022

Yang menyatakan



Novendra Muhammad Rafly

NPM. 1714151046

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Gayabaru 1 pada tanggal 22 November 1999. Penulis merupakan anak ke-tiga dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Jhon Gatot dan Ibu Entam Henny P. Penulis menempuh pendidikan pertama di TK Pertiwi Gayabaru 1 tahun 2004 dan melanjutkannya di TK ABA Suryocondro Yogyakarta tahun 2005, SDN 1 Gayabaru 1 tahun 2005-2011, SMP Negeri 1 Seputih Surabaya tahun 2011-2014, dan SMA Negeri 1 Kotagajah pada tahun 2014-2017. Tahun 2017 penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten dosen mata kuliah Silvika, Silvikultur dan Inventerisasi Hutan. Organisasi yang diikuti penulis yaitu Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) Universitas Lampung sebagai Korps Muda BEM U KBM UNILA kabinet Bersama Luar Biasa tahun 2017/2018, Staf ahli Kementerian Informasi dan Komunikasi BEM U KBM UNILA kabinet Sinergis dalam Gerak tahun 2018/2019. Penulis juga aktif tergabung sebagai anggota Himpunan Mahasiswa Jurusan Kehutanan (Himasyilva) selama menjadi mahasiswa.

Penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari di Pekon Waspada, Kecamatan Sekincau, Kabupaten Lampung Barat pada bulan Januari-Februari 2020. Penulis juga mengikuti kegiatan Praktik Umum (PU) di Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Hutan Lindung (BPDASHL) Way Seputih-Sekampung pada bulan Juli-Agustus 2020. Penulis pernah mengikuti Seminar Nasional Silvikultur VIII 2021 sebagai pemateri dengan judul “Aplikasi

Biochar Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Meningkatkan Kesuburan Tanah dan Pertumbuhan Sengon (*Falcataria moluccana*)”. Kemudian penulis juga mengikuti Seminar Internasional *The Transdisciplinary Research on Environmental Problems in Southeast Asia* (TREPSEA) 2021 sebagai pemateri dengan judul “*Application of Biochar from Oil Palm Empty Fruit Bunches to Enhance the Soil Fertility and Growth of Falcataria Moluccana*”. Artikel penulis telah diterima untuk dipublikasikan pada *Journal of Tropical Upland Resources* berjudul “Pengaruh Pemberian Biochar Tandan Kosong Kelapa Sawit terhadap Pertumbuhan Sengon (*Falcataria moluccana*)” Vol. 04 No. 1, Edisi Mei Tahun 2022.

“Manusia hanya bisa berencana, Tuhan yang berkehendak”

“If you expect disappointment, then you can never
really be disappointed”

~MJ

SANWACANA

Puji dan syukur ke hadirat Allah SWT atas segala berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Pengaruh Biochar Tandan Kosong Kelapa Sawit Terhadap Pertumbuhan 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, ilmu, kritik dan saran, serta banyak motivasi penulis dalam 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 telah banyak meluangkan waktu dalam memberikan bimbingan, kritik, saran dan pelajaran berharga selama kegiatan penulisan skripsi maupun perkuliahan dari penulis.

5. Ibu Prof. Dr. Ir. Ainin Niswati, M.S., 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, bapak Jhon Gatot dan mamah Entam Henny Purwanti. terima kasih atas segala do'a, kasih sayang, kesabaran, dan dukungan dalam kehidupan bersama penulis serta dukungan moril maupun material yang selama ini diberikan kepada penulis.
8. Kakak penulis yaitu Paramita Vidya Ayuningtyas dan Septian Mohamad Reza, kemudian keponakan penulis Sulthan, Azka, Yasmin, dan Zian terima kasih atas semangat, dukungan, do'a, dan bantuan kepada penulis.
9. FORKOM Pemuda Tersesat Elmo Rialdy Arwanda, Ramadhani, Lewi Jupiter, Irlan Rahmat Maulana, dan Manarul Hidayat yang memberikan penulis semangat dan canda tawa yang melengkapi selama masa perkuliahan.
10. Orang paling bawel dan ribet, Intan Elita yang menemani penulis secara *offline* maupun *online* dalam memberikan semangat dan perhatian ke penulis dari penyusunan skripsi sampai saat ini dan nanti.
11. Teman-teman seperjuangan biochar Bangun Adi Wijaya, Eva Yunita, Repha Sera Yunita, dan Falah Rizkasumarta atas dukungan, bantuan dan saling menyemangati dalam pengerjaan skripsi.
12. *My Bestie* Agni Algenesia S., Wayan Kasub Werdiyanto, Citra Farshilia Gayansa Rezinda, Siti Mutiara Ridjayanti, Fitra Fajar Martika, Siti Fauzia Rochmah, dan Cici Doria telah menjadi tempat mencurahkan isi hati dan berbagi tawa bersama penulis.
13. Pak Dosen Hendra Prasetia tentunya atas ilmu, pengalaman, proyek, dan nasihat kepada penulis.
14. Anggota Pondok Abas Alkindi Terdzalimi Edji Septian F., Diky Andrean S., Ketut Sujane, dan Michael Yudha Cen Sianipar atas canda tawa dan pengalaman yang tak terlupakan bersama penulis.

15. *Drivers* dan *Customers* JEX-PUS atas pengalaman dan pemasukan yang didapatkan penulis selama bergabung dalam JEX-PUS.
16. 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.
17. Terimakasih juga untuk orang-orang yang pernah hadir dihidup penulis yang telah memberikan pengalaman berharga kepada penulis hingga dapat sampai dititik ini
18. *Dont forget to thank me, because struggle that you do today is the single way to build a better future. Never stop trying, never stop believing and wait until the sun will rise.*

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, 22 Februari 2022

Novendra Muhammad Rafly

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Kerangka Penelitian	6
1.5 Hipotesis Penelitian	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 <i>Biochar</i>	8
2.2 Tandan Kosong Kelapa Sawit	10
2.3 Sengon (<i>Falcataria moluccana</i>)	10
III. METODE PENELITIAN	13
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	13
3.2 Bahan dan Alat	14
3.3 Desain Penelitian	14
3.4 Jenis Data	15
3.5 Pelaksanaan Penelitian	15
3.6 Analisis Data	17
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Hasil Penelitian	18
4.1.1. Pertambahan diameter bibit	19
4.1.2. Perubahan pH tanah.....	19
4.1.3. Laju pertumbuhan tinggi batang dan diameter	20
4.1.4. Sifat kimia tanah.....	21
4.2 Pembahasan	22
V. SIMPULAN DAN SARAN	27
5.1 Simpulan	27
5.2 Saran	27

	v
DAFTAR PUSTAKA	28
LAMPIRAN.....	37

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Rekapitulasi analisis ragam pengaruh pemberian biochar TKKS terhadap pertumbuhan sengon	19
2. Hasil uji lanjut terhadap parameter penambahan diameter tanaman sengon	20
3. Hasil uji lanjut terhadap parameter pH tanah	21
4. Perbandingan parameter KTK, C-Organik dan pH pada masing-masing perlakuan	24
5. Kriteria KTK, C-Organik dan pH.....	24

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bagan alir kerangka pemikiran	7
2. Lokasi plot penanaman	14
3. Tata letak pengacakan penanaman tanaman sengon	16
4. Rata-rata laju pertambahan tinggi batang sengon per bulan.....	22
5. Rata-rata laju pertambahan diameter batang sengon per bulan	23

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Analisis ragam pertambahan tinggi batang sengon	40
2. Analisis ragam pertambahan diameter batang sengon.....	40
3. Analisis ragam berat kering total batang sengon.....	40
4. Analisis ragam KTK.....	41
5. Analisis ragam C-Organik	41
6. Analisis ragam pH tanah.....	40
7. Dokumentasi penelitian.	40
a. Proses pengayakan biochar	41
b. Proses pemberian biochar pada lubang tanam	41
c. Proses pengukuran tanaman sengon.....	41

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah eksportir terbesar kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) sehingga potensi ekonomi tanaman ini sangat besar karena industri minyak sawit memiliki peran strategis, antara lain penghasil devisa terbesar, lokomotif perekonomian nasional, kedaulatan energi, pendorong sektor ekonomi kerakyatan, dan penyerapan tenaga kerja serta penyumbang devisa non-migas yang cukup besar (Susilawati dan Supijatno, 2015). Sumbangan kelapa sawit terhadap APBN pada tahun 2021 mencapai Rp56,6 triliun (Kementerian Keuangan Republik Indonesia, 2021). Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) ekspor kelapa sawit dari Indonesia mencapai 27 juta ton pada 2020 (BPS, 2020). Perkebunan kelapa sawit Indonesia berkembang cepat serta mencerminkan adanya revolusi perkebunan sawit. Perkebunan kelapa sawit di Indonesia terus mengalami peningkatan sejak dikembangkannya kelapa sawit di Indonesia pada tahun 1960-an, luas areal perkebunan kelapa sawit terus mengalami peningkatan yang sangat pesat (Masykur, 2013).

Dalam kurun 1990–2015, terjadi revolusi pengusaha perkebunan kelapa sawit di Indonesia, yang ditandai dengan tumbuh dan berkembangnya perkebunan rakyat dengan cepat, yakni 24% per tahun selama 1990–2015. Pada 2015, luas perkebunan sawit Indonesia adalah 11,3 juta ha (Kementerian Pertanian, 2015), dan pada 2017 mencapai 16 juta ha. Perkebunan kelapa sawit menghasilkan komoditas utama yaitu CPO atau *crude palm oil*, dimana peningkatan cepat pangsa minyak sawit dalam pasar minyak nabati dunia mempengaruhi produksi sawit pula. Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat produksi perkebunan kelapa sawit Indonesia melonjak selama lima tahun terakhir dalam kurun waktu 2015–2020. Pada 2019, produksinya mencapai 48,42 juta ton atau meningkat 12,92% dari tahun sebelumnya yakni 42,88 juta ton. Konsumsi CPO dunia dari tahun ke

tahun terus menunjukkan tren meningkat. Perkembangan produksi kelapa sawit tercatat terus bertambah dari sebesar 31,07 juta ton pada 2015 menjadi 31,49 juta ton setahun setelahnya. Lonjakan tertinggi pada 2017-2018 yakni dari 34,94 juta ton menjadi 42,88 juta ton atau naik sekitar 22,72% (BPS, 2020). Indonesia dan Malaysia menjadi negara yang paling banyak memproduksi CPO di dunia, selain itu negara di Uni Eropa juga termasuk konsumen besar yang ikut mengonsumsi CPO di dunia. Produksi CPO Indonesia sendiri mencapai 53,4% dari total CPO dunia, sedangkan untuk negara tetangga yaitu Malaysia memiliki pangsa dibawah Indonesia sebesar 32% (Purba dan Sipayung, 2017).

Sejalan dengan semakin bertambah dan meningkatnya areal perkebunan kelapa sawit serta produksi kelapa sawit dari tahun ke tahun karena permintaan pasar dunia terhadap CPO terus meningkat. Kondisi ini menunjukkan bahwa masa depan industri kelapa sawit Indonesia berpotensi untuk terus berkembang untuk mencukupi kebutuhan CPO dunia (Susanto *et al.*, 2017). Hal tersebut juga akan mengakibatkan bobot limbah pabrik kelapa sawit yang harus dibuang semakin bertambah. Dampak negatif limbah yang dihasilkan dari industri kelapa sawit menuntut pabrik agar dapat mengolah limbah secara terpadu (Loekito, 2002). Limbah kelapa sawit sendiri adalah sisa-sisa hasil tanaman kelapa sawit yang tidak termasuk dalam produk utama atau merupakan hasil ikutan dari proses pengolahan kelapa sawit baik berupa limbah cair maupun limbah padat. Limbah cair industri kelapa sawit berupa air, minyak dan padatan organik sedangkan untuk limbah padatnya berupa tandan kosong kelapa sawit (TKKS), pelepah, cangkang (*kernel shell*), serat (*fiber*), dan lumpur sawit (*wet decanter solid*) (Haryanti *et al.*, 2014).

Salah satu limbah padat yang dihasilkan pabrik kelapa sawit dengan jumlah limbah yang berlimpah adalah TKKS (Direktorat Pengolahan Hasil Pertanian, 2006). Produksi 1 ton kelapa sawit akan mampu menghasilkan limbah berupa TKKS sebanyak 23% atau 230 kg, limbah cangkang (*shell*) sebanyak 6,5% atau 65 kg, *wet decanter solid* (lumpur sawit) 4% atau 40 kg, serabut (*fiber*) 13% atau 130 kg serta limbah cair sebanyak 50% (Mandiri, 2012). Dari data limbah padat yang dihasilkan tersebut dapat diperkirakan jumlah limbah padat yang dihasilkan

oleh sebuah pabrik kelapa sawit yang berkapasitas 50 ton per jam, yaitu 23.250 ton/hari (Susanto *et al.*, 2017).

TKKS menjadi salah satu hasil sampingan proses produksi minyak kelapa sawit mentah di pabrik kelapa sawit dan merupakan limbah padat yang dihasilkan dalam proses pengolahan tandan buah sawit (Kurniati, 2008). TKKS yang berlimpah dan saat ini masih minim pemanfaatannya sehingga TKKS terbuang sia-sia dan menyebabkan bau busuk yang menjadi tempat bersarangnya serangga lalat sehingga dianggap sebagai limbah yang dapat mencemari lingkungan dan juga menyebarkan bibit penyakit (Sopiah *et al.*, 2017). Adapun pemanfaatannya hanya dalam skala kecil dan masih terbatas, sementara ini hanya dibakar dan sebagian dihamparkan pada lahan kosong sebagai mulsa/pupuk, di kawasan sekitar pabrik serta bahan baku pakan ternak (Kresnawaty *et al.*, 2017). Untuk itu diperlukannya teknologi yang dapat mengkonversi TKKS menjadi produk yang bernilai tinggi dan bermanfaat. Teknologi yang dimaksud adalah pirolisis, proses pirolisis dilakukan pemberian suhu tinggi dan tanpa kehadiran oksigen yang nantinya akan menghasilkan arang hayati atau biochar (Febriyanti *et al.*, 2019; Ridjayanti *et al.*, 2021).

TKKS dapat dijadikan biochar karena memiliki komposisi mineral yang cukup tinggi seperti Ca, Fe, Na, K, dan P sehingga memiliki potensi dijadikan biochar sebagai pembenah tanah (Pratiwi dan Ardiansyah, 2019). Menurut Tambunan *et al.* (2014), biochar yang ditambahkan ke tanah lahan kering terbukti efektif untuk pemulihan dan peningkatan kualitas kesuburan tanah terdegradasi karena dapat meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) dan P dalam tanah. Meningkatnya KTK tanah setelah aplikasi biochar disebabkan oleh adanya pembentukan gugus karboksilat hasil oksidasi abiotik yang terjadi pada permukaan luar partikel biochar. Hal inilah yang selalu dijadikan alasan mengapa KTK dapat meningkat setelah dilakukannya aplikasi biochar dalam tanah (Tambunan *et al.*, 2014). Selain dapat menjadi pembenah tanah, biochar juga dapat meningkatkan penyerapan unsur hara pada tanaman yang dapat pula meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Tarigan dan Nelvia, 2020). Dengan dibuktikan biochar dapat dimanfaatkan untuk mempercepat pertumbuhan tanaman potensial, contohnya adalah sengon (*Falcataria*

moluccana). Tanaman ini diminati karena pertumbuhannya yang sangat cepat, mampu beradaptasi pada berbagai jenis tanah, karakteristik silvikulturnya yang bagus dan kualitas kayunya dapat diterima untuk industri panel dan kayu pertukangan (Krisnawati *et al.*, 2011).

Tanaman sengon banyak dikembangkan di hutan rakyat dan hutan tanaman industri karena memiliki sifat yang menguntungkan yaitu dapat tumbuh pada sebaran kondisi iklim yang luas, tidak menuntut persyaratan tempat tumbuh yang tinggi dan multiguna. Sengon juga dapat membantu dalam menyuburkan tanah karena bersimbiosis dengan bakteri *Rhizobium*, sehingga mampu memfiksasi N₂ (*nitrogen – fixing trees*) (Prayoga *et al.*, 2018). Sengon banyak diminati sebagai kayu konstruksi ringan dan *furniture* digunakan pula sebagai bahan baku industri *pulp* dan kertas (Priadi dan Hartati, 2014) serta bahan baku pada industri penggergajian dan kayu lapis (Utama *et al.*, 2019). Sengon dapat tumbuh dengan cepat sehingga pada kondisi lingkungan yang bagus dapat mencapai ketinggian 7 m dalam waktu 1 tahun, 16 m dalam waktu 3 tahun dan 33 m dalam waktu 9 tahun (Krisnawati *et al.*, 2011). Sifat pohon sengon yang cepat tumbuh mengakibatkan tanaman membutuhkan unsur hara dalam jumlah besar dari tanah. Aplikasi biochar merupakan cara alternatif sebagai salah satu penyedia unsur hara pada tanaman sengon karena biochar memiliki peranan sebagai pembenah tanah sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan akar dan tajuk tanaman.

Penggunaan biochar untuk peningkatan pertumbuhan dan perkembangan tanaman sudah banyak dilakukan pada tanaman pertanian, Carter *et al.* (2013) pada selada dan kubis, Pahlevi *et al.* (2017) pada tembakau, Helmi (2014) pada mahoni, Akmal dan Simanjutak (2019) pada sawi pakchoy dan Samita *et al.*, (2017) pada sawi hijau. Menurut Carter *et al.* (2013), penambahan biochar sekam padi pada media tanam menghasilkan efek yang sangat positif pada pertumbuhan selada dan kubis. Pahlevi *et al.* (2017) menguji pengaruh formulasi penambahan biochar berbahan baku dari limbah pabrik tembakau berupa gagang, batang tembakau dan cengkeh terhadap produksi tanaman tembakau varietas K326 dan menunjukkan bahwa penambahan biochar yang dikombinasikan dengan pupuk *organic compound fertilizer* (OCF) dapat memberikan pengaruh nyata khususnya pada produksi dan kualitas tanaman tembakau K326 hasil panen menjadi paling

tinggi yaitu 1,084 ton/ha. Sedangkan hasil panen lebih rendah dihasilkan pada perlakuan kontrol yang tidak dilakukannya pemberian biochar dengan hasil panen 0,497 ton/ha. Kemudian pada penelitian lain yaitu Helmi (2014), mengetahui bahwa jenis biochar dapat berpengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun pada umur 40, 60, dan 80 hari setelah penyapihan yang diujikan pada tanaman kehutanan yaitu mahoni, dimana hasil penelitian ini dianjurkan untuk menggunakan kombinasi perlakuan jenis biochar berupa tanah dan biochar serbuk gergaji dan konsentrasi pupuk agrodyke 75 g/polibag karena paling berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman. Penelitian tentang biochar berbahan baku TKKS sudah pernah dilakukan oleh Ichriani *et al.* (2016) yang menguji tentang manfaat biochar TKKS untuk meningkatkan ketersediaan hara tanah yang hasilnya positif dapat membantu menjaga nilai pH. Namun penggunaan biochar berbahan baku TKKS yang diaplikasikan terhadap tanaman kehutanan seperti sengon masih minim informasi sehingga adanya penelitian ini menguji penambahan biochar TKKS ke media tumbuh sengon dengan dosis yang berbeda untuk mengetahui apakah biochar dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan bibit sengon.

1. 2 Rumusan Masalah

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh pemberian biochar TKKS terhadap pertumbuhan bibit sengon?
2. Bagaimana perubahan sifat fisik dan kimia tanah setelah pemberian biochar TKKS?

1. 3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh pemberian biochar TKKS terhadap pertumbuhan sengon.
2. Menganalisis perubahan sifat fisik dan kimia tanah setelah pemberian biochar TKKS.

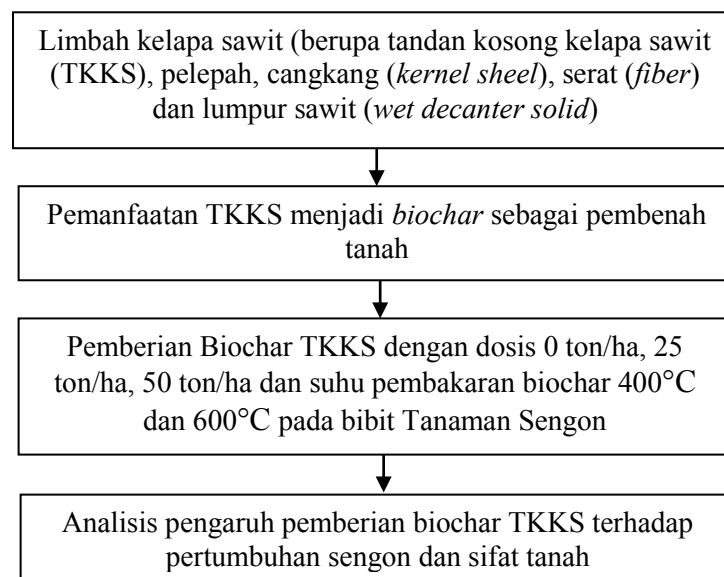
1.4 Kerangka Penelitian

Indonesia merupakan negara yang memiliki potensi industri kelapa sawit yang tinggi membuat produksi kelapa sawit terus meningkat dari tahun ke tahun agar permintaan akan CPO dapat terpenuhi. Namun dengan meningkatnya produksi kelapa sawit, meningkat pula limbah hasil industri kelapa sawit yang dibuang terdiri dari limbah padat dan limbah cair. Limbah hasil produksi harus dapat ditangani dengan baik agar tidak menimbulkan masalah baru. Salah satu limbah yang jumlahnya melimpah dan dapat dimanfaatkan adalah tandan kosong kelapa sawit atau TKKS. Namun dikarenakan kondisi limbah yang tidak memungkinkan untuk langsung dimanfaatkan, perlu modifikasi biomassa tanaman dengan teknologi konversi termokimia biomassa yang menghasilkan produk padat yaitu biochar (Febriyanti *et al.*, 2019).

Biochar sebagai bahan pembenah tanah banyak digunakan untuk mengatasi permasalahan pada tanah. Aplikasi biochar dapat meningkatkan pH pada tanah masam, meningkatkan KTK tanah, menyediakan unsur hara N, P, dan K. Biochar menjaga kelembaban tanah sehingga kapasitas menahan air tinggi dan meremediasi tanah yang tercemar logam berat seperti (Pb, Cu, Cd, dan Ni) (Putri *et al.*, 2017). Menurut Guo *et al.* (2014), biochar dapat meningkatkan konsentrasi N-total dan P di tanah karena dapat mengurangi pencucian dan mampu menjerap unsur hara dalam tanah. Selain itu, pemberian biochar pada tanah juga mampu meningkatkan pertumbuhan serta serapan hara pada tanaman juga meningkat (Satriawan dan Handyanto, 2015).

Aplikasi biochar untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman telah banyak dilakukan. Menurut Riniarti *et al.* (2021a), aplikasi biochar berpengaruh nyata terhadap beberapa aspek pertumbuhan tanaman sengon dan nutrisi dalam tanah. Begitu juga penelitian dari Wijaya *et al.* (2021) menjelaskan bahwa pemberian biochar mampu meningkatkan pertumbuhan sengon dan kecepatan tumbuh batang dan diameter sengon dibandingkan dengan kontrol. Kurniawan *et al.* (2016) melaporkan bahwa penambahan biochar pada media tanam berupa pasir dapat memperbaiki kekurangan unsur hara pada tanah berpasir dan meningkatkan bobot kering batang dan daun, bobot kering akar, bobot segar batang dan daun, bobot segar akar, diameter batang, panjang tanaman, dan panjang akar bibit tebu

(*Saccharum officinarum*). Penambahan biochar ke dalam media tanam dapat meningkatkan diameter batang dan meningkatkan tinggi tanaman (Tarigan dan Nelvia, 2020). Biochar dari TKKS juga telah banyak diujicobakan sebagai pembenah tanah, berdasarkan hasil penelitian Putri *et al.* (2017) pemberian biochar dapat meningkatkan pH tanah, C-organik, N-total, P-tersedia, K tukar, tinggi tanaman, bobot kering tajuk, serapan N, dan P, serta kecepatan umur berbunga tanaman. Penelitian sebelumnya belum menguji tentang penambahan biochar TKKS pada sengon di lapangan, maka penelitian ini penting untuk dilakukan. Bagan alir pemikiran dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan alir kerangka pemikiran.

1.5 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah disusun maka dapat maka didapat hipotesis sebagai berikut:

1. Pemberian biochar tandan kosong kelapa sawit dengan suhu pirolisis 400°C pada bibit sengon akan mempercepat pertumbuhan dan akan meningkatkan pertumbuhan sengon.
2. Kombinasi dosis pemberian dan suhu pirolisis biochar yang paling baik untuk mempercepat pertumbuhan tanaman sengon adalah dosis 50 ton/ha dengan suhu pirolisis 400°C.
3. Pemberian biochar meningkatkan kandungan C-organik dan, KTK pada tanah serta menyeimbangkan pH tanah untuk mendukung pertumbuhan sengon.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biochar

Biochar sudah ada sejak zaman dahulu, penduduk asli Amazon telah memberikan biochar atau arang hayati ke dalam tanah dan hingga saat ini (100-1000 tahun kemudian) terbukti bahwa kualitas sifat fisik dan kimia tanah tersebut jauh lebih baik dibandingkan dengan tanah sekitarnya (Steiner *et al.*, 2007). Pada 1960-an, seorang ilmuwan tanah Belanda, Wim Sombroek, menemukan tanah yang kaya materi hitam di lembah Amazon di Brasil yang kandungan bahan organiknya seperti nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), dan lainnya sangat tinggi di tanah ini yang disebut juga Terra Preta, yang berarti tanah hitam (Chen *et al.*, 2019).

Biochar merupakan bahan padatan kaya karbon yang terbentuk melalui proses pembakaran bahan organik atau biomassa tanpa atau dengan sedikit oksigen (pirolisis) pada temperatur 250-700°C (Ridhuan *et al.*, 2019). Pirolisis merupakan proses dekomposisi suatu bahan oleh panas tanpa menggunakan oksigen yang diawali oleh pembakaran dan gasifikasi, serta diikuti oksidasi total atau parsial dari produk utama (Nurkholifah *et al.*, 2020). Berbeda dengan bahan organik, biochar tersusun dari cincin karbon aromatis sehingga lebih stabil dan tahan lama di dalam tanah (Maguire dan Aglevor, 2010). *Biochar* atau disebut *biocharcoal* merupakan salah satu produk yang kaya dengan nilai karbon yang diperoleh dari biomassa.

Biochar memiliki sifat stabil sehingga dapat dijadikan pembenah tanah lahan kering dan mampu mensekuestrasi karbon dalam tanah selama ratusan hingga ribuan tahun bila dicampur ke dalam tanah (Sun *et al.*, 2020; Asmara *et al.*, 2021). Penggunaan biochar sebagai suatu pilihan selain sumber bahan organik segar dalam pengelolaan tanah untuk tujuan pemulihan dan peningkatan kualitas kesuburan tanah terdegradasi atau tanah lahan pertanian kritis semakin

berkembang dan sekarang ini mendapatkan fokus perhatian penting para ilmuwan tanah dan lingkungan (Tambunan *et al.*, 2014).

Potensi bahan baku biochar tergolong melimpah yaitu berupa limbah sisa pertanian, terutama yang sulit terdekomposisi atau dengan rasio C/N tinggi. Potensi penggunaan *charcoal* atau biochar di Indonesia cukup besar, mengingat bahan baku seperti residu kayu, tempurung kelapa, sekam padi, kulit buah kakao, tongkol jagung, banyak tersedia (Nurida, 2014). Kualitas biochar ditentukan oleh proses pembuatan dan bahan bakunya, karena setiap bahan baku memiliki karakteristik masing-masing. 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 (Maguire dan Aglevor, 2010).

Efek biochar pada hasil tanaman sangat bergantung pada jumlah biochar yang diterapkan dan jenis tanah. Biochar memiliki efek positif pada hasil panen secara umum, dan itu lebih efektif bila diterapkan pada kesuburan tanah yang rendah hingga sedang atau tanah yang terdegradasi daripada ke tanah yang subur atau sehat. Lehmann *et al.* (1999) melaporkan bahwa aplikasi biochar pada tanah dengan dosis 68 ton/ha dan 135 ton/ha dan menemukan bahwa biomassa beras dan kacang masing-masing meningkat 17% dan 43%. Pengaruh biochar pada hasil panen bergantung tidak hanya pada karakteristik dan fungsi biochar, tetapi juga pada kondisi tanah dan cara penerapan biochar. Hanya dengan beradaptasi kondisi lokal, dan dengan mengetahui faktor kendala tanah, apakah manfaat biochar dapat digunakan sepenuhnya untuk lahan pertanian pengelolaan (Chen *et al.*, 2019).

Biochar diperoleh dari suatu pembakaran tidak sempurna, sehingga menyisakan unsur hara yang dapat menyuburkan lahan. Jika pembakaran berlangsung sempurna, berubah menjadi abu dan melepas karbon (Wibowo *et al.*, 2020). Sifat dan kualitas biochar bergantung pada proses pembuatan, bahan baku yang digunakan dan penanganan setelah proses pembuatannya. Kualitas serapan dan luas permukaan biochar banyak dipengaruhi oleh temperatur pembuatannya sedangkan kandungan nutrisi tanaman pada biochar bervariasi tergantung pada bahan baku yang digunakan (Gaskin *et al.*, 2008).

2.2 Tandan Kosong Kelapa Sawit

Pengolahan tandan buah segar (TBS) yang dilakukan pabrik pengolahan kelapa sawit menghasilkan produk sampingan (*by product*) dalam salah satu bentuk limbah padat yang berupa TKKS. Setiap pengolahan 1 ton TBS akan dihasilkan TKKS sebanyak 22–23% atau sebanyak 220–230 kg. TKKS kaya akan kandungan *lignoselulosa* (*selulosa*, *hemiselulosa* dan *lignin*) (Omar *et al.*, 2011). Kandungan *lignoselulosa* yang terdapat pada tandan sawit dapat diubah menjadi bahan bakar yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi (Ginting *et al.*, 2015).

TKKS di Indonesia adalah limbah pabrik kelapa sawit yang jumlahnya sangat melimpah. Limbah ini belum dimanfaatkan secara baik oleh sebagian besar pabrik kelapa sawit (PKS) dan masyarakat di Indonesia. Akibatnya tandan kosong kelapa sawit menjadi limbah terbesar yang dihasilkan oleh perkebunan kelapa sawit dan dapat menimbulkan masalah. Namun hingga saat ini, pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit belum digunakan secara optimal (Salmina, 2016). Padahal pada limbah TKKS yang bersifat organik mempunyai kandungan unsur N 1,5%, P 0,5%, K 7,3%, dan Mg 0,9% mempunyai potensi cukup besar untuk dapat dimanfaatkan sebagai substitusi pupuk dengan mengaplikasikan limbah diatas tanah sekitar gawangan tanaman kelapa sawit. Menurut Singh *et al.* (1989), TKKS mengandung berbagai unsur hara makro dan mikro yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman, antara lain: 42,8% C, 2,9% K₂O, 0,8% N, 0,22% P₂O₅, 0,30% MgO, 23 ppm Cu, dan 51 ppm Zn (Haryanti *et al.*, 2014).

2.3 Sengon (*Falcataria moluccana*)

Falcataria moluccana (Miq.) Barneby dan J. W. Grimes. yang lebih dikenal dengan nama sengon atau jeunjing yang merupakan tanaman asli Indonesia, Papua Nugini, Kepulauan Solomon dan Australia. Tegakan alam sengon di Indonesia ditemukan tersebar di bagian timur (Sulawesi Selatan, Maluku dan Papua) dan di perkebunan di Jawa (Martawijaya *et al.*, 1989). Sengon menjadi salah satu jenis tumbuhan pionir serbaguna yang dapat tumbuh di hutan primer, hutan hujan dataran rendah sekunder dan hutan pegunungan, padang rumput dan di sepanjang pinggir jalan dekat laut. Di habitat alaminya di Papua, sengon

berasosiasi dengan jenis- jenis seperti *Agathis labillardieri*, *Celtis* spp., *Diospyros* spp., *Pterocarpus indicus*, *Terminalia* spp. dan *Toona sureni*. Sengon dapat tumbuh pada berbagai jenis tanah, termasuk tanah kering, tanah lembap dan bahkan di tanah yang mengandung garam dan asam selama drainasenya cukup.

Berikut ini adalah klasifikasi dari tanaman sengon. Klasifikasi tanaman Sengon (*Falcataria moluccana*):

Kingdom: Plantae

Divisi : Magnoliophyta

Kelas : Magnoliopsida

Ordo : Fabales

Famili : Fabaceae

Subfamili : Mimosoideae

Genus : Falcataria

Spesies : *Falcataria moluccana* (Miq.) Barneby dan J. W. Grimes.

Pohon sengon umumnya dapat berukuran cukup besar dengan tinggi pohon total mencapai 40 m dan tinggi bebas cabang mencapai 20 m, diameter pohon dewasa dapat mencapai 100 cm, permukaan kulitnya batang berwarna putih, abu-abu atau kehijauan, halus, kadang-kadang sedikit beralur dengan garis-garis lentisel memanjang. Daunnya tersusun majemuk menyirip ganda dengan panjang sekitar 23–30 cm, anak daunnya kecil berbentuk lonjong dan pendek ke arah ujung, daun berwarna hijau pupus dan memiliki rambut-rambut halus di bagian aksial daun. Bunga sengon tersusun dalam malai berukuran panjang 12 mm, berwarna putih kekuningan dan sedikit berbulu, berbentuk lonceng. Bunganya biseksual, terdiri dari benang sari dan putik. Buah sengon berbentuk polong pipih, berwarna hijau ketika muda dan berubah menjadi kuning sampai cokelat kehitaman jika sudah tua, keras dan berlilin (Soerianegara dan Lemmens, 1993).

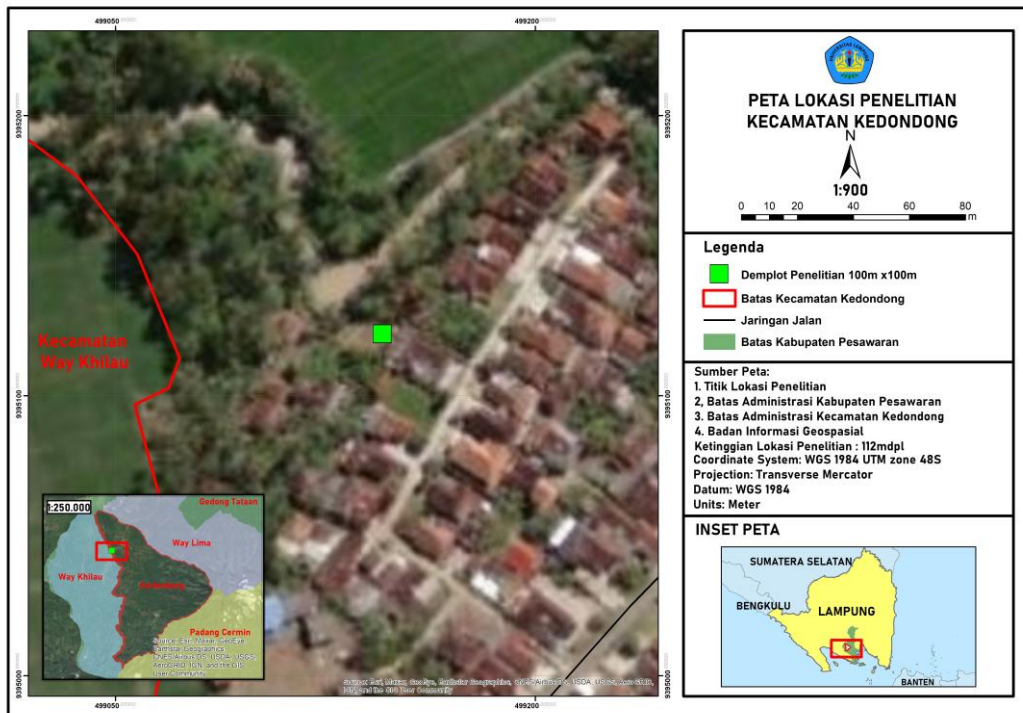
Jenis ini dipilih sebagai salah satu jenis tanaman hutan tanaman industri di Indonesia karena sengon memiliki beberapa kelebihan seperti masa masak tebang relatif pendek, pengelolaan relatif mudah, persyaratan tempat tumbuh tidak rumit, kayu serbaguna, membantu menyuburkan tanah, memperbaiki kualitas lahan, dan menghasilkan kegunaan dan keuntungan tinggi (Istikorini dan Sari, 2020). Selain itu sengon mampu beradaptasi pada berbagai jenis tanah, karakteristik silvikultur

yang bagus dan kualitas kayunya dapat diterima untuk industri panel dan kayu pertukangan (Krisnawati *et al.*, 2011). Sengon juga dikembangkan di hutan rakyat berpola agroforestri karena dapat memberikan manfaat ekonomi, sosial, dan ekologi. Pohon sengon pada agroforestri dijadikan sebagai pohon penghasil kayu (Nadeak *et al.*, 2014). Kayu sengon dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti bahan konstruksi ringan (misalnya langit-langit, panel, interior dan perabotan), bahan kemasan ringan (misalnya paket, kotak, kotak cerutu dan rokok, peti kayu, peti teh dan *pallet*), korek api, sepatu kayu, alat musik, mainan dan sebagainya (Herliyana *et al.*, 2012). Kayu sengon juga dapat digunakan untuk bahan baku *triplex* dan kayu lapis, serta sangat cocok untuk bahan papan partikel dan papan blok. Kayu sengon juga banyak digunakan untuk bahan rayon dan pulp untuk membuat kertas dan mebel. Jika dibandingkan dengan kayu lainnya, kayu sengon memiliki sifat fisik yang unggul untuk industri kertas karena kayu sengon memiliki panjang serat yang paling tinggi sehingga kertas dari kayu sengon memiliki sifat tahan robek (Priadi dan Hartati 2014; Krisdayani *et al.*, 2020). Banyaknya kegunaan dan juga minat dari sengon menjadikan sengon sebagai tanaman yang diminati oleh banyak orang.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di demplot yang berada di Kecamatan Kedodong, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung dengan lama waktu penelitian selama 12 bulan. Luas demplot penelitian ini adalah 1 ha. Lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi plot penanaman.

3.2 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bibit pohon sengon umur 6 bulan, biochar TKKS dengan suhu pembakaran 400°C dan 600°C. Alat yang digunakan antara lain adalah kaliper, penggaris, pita meter, sekop mini, *cutter*, *tally sheet*, alat tulis, dan cangkul.

3.3 Desain Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan yaitu kuantitatif dengan menggunakan Rancangan Petak Terbagi (RPT) dengan rancangan lingkungan dasarnya adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL). Penelitian ini menggunakan 2 faktor yaitu suhu pembuatan biochar dengan suhu 400°C dan 600°C serta faktor dosis pemberian biochar dengan taraf 0 ton/ha, 25 ton/ha dan 50 ton/ha. Pada kaidah RPT letak satuan percobaan yang ukurannya lebih besar dan di dalamnya terdapat anak-anak petak dinamakan dengan petak utama (*main/whole plot*), sedangkan petak satuan percobaan kedua yang ukurannya lebih kecil dan ditempatkan secara acak pada petak utama dinamakan anak petak (*sub plot*). Dosis per hektar diletakkan di plot utama sedangkan untuk sub plot-nya adalah suhu pembuatan biochar. Hal tersebut dilakukan karena faktor suhu akan diamati lebih tinggi ketimbang faktor pemberian dosis biochar per hektar. Pengulangan dilakukan sebanyak 8 kali. Sehingga didapatkan komposisi *sampling* seperti di bawah ini :

1. Faktor dosis pemberian biochar per hektar

0 ton/ha : D0

25 ton/ha : D2

50 ton/ha : D5

2. Faktor suhu pembuatan biochar

Suhu 400° C : S1

Suhu 600° C : S2

Sehingga unit percobaan yang digunakan adalah sebanyak 48 unit percobaan. Pengacakan menggunakan nilai fungsi random pada MS. *Excel*. Pengacakan dilakukan sesuai dengan kaidah rancangan lingkungan RAL dalam faktorial dengan menggunakan 8 kali ulangan seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

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

Gambar 3. Tata letak pengacakan penanaman tanaman sengon.

3. 4 Jenis Data

Penelitian ini menggunakan data primer hasil pengamatan sebagai berikut.

1. Data pengukuran tinggi tanaman dilakukan dengan mengukur tanaman menggunakan alat ukur berupa penggaris jika sudah tidak bisa dijangkau penggaris menggunakan rol meter dari bagian pangkal batang tanaman yang tumbuh dipermukaan tanah sampai titik tertinggi batang dari 0-12 bulan pengamatan.
2. Data pengukuran diameter batang tanaman dengan mengukur menggunakan kaliper dari 0-12 bulan pengamatan.
3. Data sifat fisik dan kimia tanah dengan mengambil sampel tanah pada pengamatan bulan ke-12 yang kemudian dianalisis yang akan kandungan KTK, C organik dan pH tanah dalam tanah.

3. 5 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Produksi biochar

Biochar diproduksi di PT. Kendi Arindo dengan proses pembuatan biochar yang tidak dibakar langsung tetapi bahan baku berupa TKKS dimasukkan ke dalam tungku batu bata yang terdapat lubang-lubang sebagai saluran penguapan dan bagian bawah pondasi tungku yang dibatasi oleh pelat besi, di atas pelat sebagai tempat peletakan bahan baku biochar dan di bawah pelat besi berupa bahan bakar berupa kayu tanaman karet yang terus-menerus harus tetap menyala dari pemanasan, mempertahankan suhu sampai pendinginan biochar. Dalam proses pembakaran suhu yang digunakan 400°C dan 600°C selama 2 minggu, suhu pembakaran harus terus dijaga dan tungku tetap dibiarkan tertutup.

2. Persiapan biochar

Biochar berbahan baku tandan kosong kelapa sawit dengan pembakaran 400°C dan 600°C yang masih kasar sebelumnya dihaluskan dan diayak hingga berukuran 2 mm. Kemudian ditimbang sesuai dosis dan dimasukkan ke wadah tertutup serta kedap air.

3. Persiapan bibit sengon

Bibit yang digunakan berumur 6 bulan, sehat, sudah dapat beradaptasi dengan lingkungan, dipilihnya bibit sengon berumur 6 bulan karena bibit dengan usia tersebut sudah siap tanam ditandai dengan batang sudah mulai berkayu dan agregasi tanahnya kompak serta ukuran yang sesuai (tinggi 30-50 cm) (Febriyani *et al.*, 2017).

4. Persiapan lubang tanam

Lubang tanam disiapkan dengan mencangkul lahan yang ukuran lubang tanamnya adalah 50x50x50 cm, agar cukup saat dimasukkannya biochar ke dalam lubang tanam.

5. Penanaman bibit

Biochar diberikan sesuai dosis ke dasar lubang tanam lalu masukkan sedikit tanah agar akar dari bibit sengon tidak langsung mengenai biochar, kemudian letakkan bibit sengon dan tutup dengan tanah kembali dengan tanah.

6. Pengamatan dan perawatan bibit

Pengamatan bibit dilakukan dengan mengukur tinggi dan diameter tanaman sengon setiap 1 bulan sekali selama 12 bulan dengan perawatan seperti penyiangan dan pengendalian hama. Penyiangan dilakukan dengan membersihkan gulma sekitar bibit dan pengendalian hama dengan menyemprotkan cairan detergen berkonsentrasi rendah pada bibit yang diserang hama misalnya semut merah dan belalang.

7. Pengambilan sampel tanah dan tanaman

Sampel tanah diambil pada setiap perlakuan dengan menggali lubang sedalam 20 cm sedangkan untuk sampel tanaman diambil dengan memotong daun pada setiap perlakuan. Sampel tersebut diambil pada akhir pengamatan atau pada bulan ke-12 yang nantinya dianalisis di laboratorium.

8. Pengolahan dan analisis data

Pengolahan data menggunakan software Ms. *Excel* dan SPSS yang kemudian didapatkan hasil penelitian dan disimpulkan.

3. 6 Analisis data

1. Analisis Ragam (Anara)

Analisis data yang dilakukan yaitu menganalisis ragam dengan Uji-F pada taraf nyata 0,05 dan taraf nyata 0,01.

2. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT)

Uji ini dilakukan untuk melihat perlakuan mana yang memberikan pengaruh paling signifikan.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Simpulan yang diperoleh dari penelitian ini:

1. Pertambahan diameter batang sengon dipengaruhi oleh perlakuan dosis, namun suhu pirolisis tidak mempengaruhi.
2. Pemberian biochar mempengaruhi pH tanah namun tidak mempengaruhi KTK dan C-Organik.

5.2 Saran

Saran dari penelitian ini adalah pemberian biochar ke dalam tanah harus sesuai dengan dosis yang diperlukan dengan tidak ditambahkan terlalu banyak sehingga dapat efisien dan ekonomis dalam penggunaan biochar.

DAFTAR PUSTAKA

- Agviolita, P., Yushardi, Anggraeni, F.K A. 2021. Pengaruh perbedaan biochar terhadap kemampuan menjaga retensi pada tanah. *Jurnal Fisika Unand*. 10(2): 267-273.
- Asmara, A., Tarigan, L.B., Riniarti, M., Prasetya, H., Hidayat, W., Niswati, A., Sukri Banuwa, I., Hasanudin, U. 2021. Pengaruh biochar pada simbiosis rhizobium dan akar sengon laut (*Paraserianthes falcataria*) dalam media tanam. *Journal of People, Forest, and Environment*. 1: 11–20.
- BKPM. 2011. *Peluang Investasi Provinsi Lampung*. Buku. Badan Koordinasi Penanaman Modal. Bandar Lampung. 20 hlm.
- BMKG. 2020. BMKG, Data Online Pusat Database. <<https://dataonline.bmkg.go.id/home>> diakses pada 22 Juli 2021.
- BPS. 2020. BPS, Data Online Pusat Database. <<https://www.bps.go.id>> diakses pada 20 Oktober 2021.
- Brito, C., Dinis, L.T., Moutinho-Pereira, J., Correia, C.M. 2019. Drought stress effects dan olive tree acclimation under a changing climate. *Plants*. 8(7): 1–20.
- Budianta, D. 2005. Potensi limbah cair pabrik kelapa sawit sebagai sumber hara untuk tanaman perkebunan. *Jurnal Dinamika Pertanian*. 20(3): 273-282.
- 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.
- Carter, S., Shackley, S., Sohi, S., Suy, T.B., Haefele, S. The impact of biochar application on soil properties and plant growth of pot grown lettuce (*Lactuca sativa*) and cabbage (*Brassica chinensis*). *Agronomy*. 3: 404-418

- Chen, W., Meng, J., Han, X., Lan, Y., Zhang, W. 2019. Past, present, and future of biochar. *Biochar*. 1: 75–87.
- Cheng, C.H., Lehmann, J., Thies, J.E., Burton, S.D., Engelhard, M.H. 2006. Oxidation of black carbon through biotic and abiotic processes. *Organic Geochemistry*. 37: 1477–1488.
- DeLuca, T. H., MacKenzie, M.D., Gundale, M.J. 2009. Biochar effects on soil nutrient transformation. In Lehmann, J. and Joseph, S. editor. *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. Sterling, Va Earthscan. London. 251-265.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2011. *Volume dan nilai ekspor, impor Indonesia*. <http://ditjenbun.deptan.go.id>. diakses pada 20 September 2021.
- 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.
- 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.
- Fitter, A.H., Hay, R.K.M. 1981. *Fisiologi Lingkungan Tanaman*. Buku. Gajahmada University Press. Yogyakarta. 421 hlm.
- Gaskin J.W, Steiner, C, Harris, K., Das, K.C., Bibens, B. 2008. Effect of low-temperature pyrolysis conditions on biochar for agricultural use. *T Asabe*. 51: 2061–2069.
- Ginting, A.S., Tambunan, A.H., Setiawan, R.P.A. 2015. Karakteristik gas-gas hasil pirolisis tandan kosong kelapa sawit. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 25(2): 158-163.
- Glaser, B., Lehmann, J., Zech, W. 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal. *Biology and Fertility of Soils*. 35: 219–230.
- Gunawan, Wijayanto, N., Sri, W.B.R. 2019. Karakteristik sifat kimia tanah dan status kesuburan tanah pada agroforestri tanaman sayuran berbasis *Eucalyptus* sp. *Jurnal Silvikultur Tropika*. 10(2): 63-69.

- Guo, S., Whalen, J.K., Thomas, B.W., Sachdeva, V. 2015. Physicochemical properties and microbial responses in biochar-amended soils: mechanisms and future directions. *Journal of Agriculture, Ecosystems and Environment*. (206): 46–59.
- Haryadi, D., Yetti, H., Yoseva, S. 2015. Pengaruh pemberian beberapa jenis pupuk terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kailan (*Brassica alboglabra* L.). *JOM Faperta*. 2(2): 1-10.
- Haryanti, A., Norsamsi, Sholiha, P.S.F., Putri, N. P. 2014. Studi pemanfaatan limbah padat kelapa sawit. *Konversi*. 3(2): 20-29.
- Helmi. 2014. Pengaruh jenis biochar dan konsentrasi pupuk agrodyke terhadap pertumbuhan bibit mahoni (*Swietenia macrophylla* king.). *Jurnal Biologi Edukasi Edisi 13*. 6(2): 71-77.
- Herliyana, E. N., Taniwiryono, D., Minarsih, H. 2012. Penyakit akar *Ganoderma* sp. pada sengon di Jawa Barat dan Jawa Timur. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*. 18(2): 100-109.
- Hidayat, W., Riniarti, M., Prasetya, H., Niswati, A., 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, 1-7.
- Ichriani, G.I., Nion, Y.A, Chotimah, H.E.N.C., Jemi, R. 2016. Utilization of oil palm empty bunches waste as biochar-microbes for improving availability of soil nutrients. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*. 3(2): 517-520.
- Istikorini, Y., Sari, O.Y. 2020. Survey dan identifikasi penyebab penyakit *damping-off* pada sengon (*Paraserianthes falcataria*). *Jurnal Sylva Lestari*. 8(1): 32–41.
- Jafar, S.H., Thomas, A., Kalangi, J.I., Lasut, M.T. 2013. Pengaruh frekuensi pemberian air terhadap pertumbuhan bibit jabon merah (*Anthocephalus macrophyllus* (Roxb.) Havil). *Cocos*. 2(2): 1-11.

- Kaskoyo H. 2009. Potensi hutan rakyat dan kontribusinya terhadap pendapatan masyarakat di Desa Bumi Arum Kecamatan Pringsewu Kabupaten Pringsewu. *Prosiding Penelitian Penelitian Agroforestry di Indonesia tahun 2006-2009*.
- Kementerian Keuangan Republik Indonesia. 2021. *APBN KITA: Kinerja dan Fakta*. Buku. Kementerian Keuangan Republik Indonesia. Jakarta. 90 hlm.
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia. 2015. *Statistik Perkebunan Kelapa Sawit Indonesia 2013–2015*. Buku. Kementerian Pertanian Republik Indonesia. Jakarta. 78 hlm.
- 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.
- 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.
- Krisnawati, H., Varis, E., Kallio, M., Kanninen, M. 2011. *Paraserienthes falcataria* (L.) Nielsen: *Ekologi, Silvikultur dan Produktivitas*. Buku. CIFOR. Bogor. 24 hlm.
- Kurniati, E. 2008. Pemanfaatan cangkang kelapa sawit sebagai arang aktif. *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik*. 8(2): 96-103.
- Kurniawan, A., Haryono, B., Baskara, M., Tyasmoro, S.Y. 2016. Pengaruh penggunaan biochar pada media tanam terhadap pertumbuhan bibit tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*. 4(2): 153-160.
- Kurniawan, B.A., Fajriani, S., Ariffin. 2014. Pengaruh jumlah pemberian air terhadap respon pertumbuhan dan hasil tanaman tembakau (*Nicotiana tabacum* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*. 2(1): 59-64.
- Kusuma, A.H., Izzati, M., Saptiningsih, E. 2013. Pengaruh penambahan arang dan abu sekam dengan proporsi yang berbeda terhadap permeabilitas dan porositas tanah liat serta pertumbuhan kacang hijau (*Vigna radiata* L.). *Jurnal Anatomi Fisiologi*. 21(1): 1-9.

- Loekito, H. 2002. Teknologi pengelolaan limbah industri kelapa sawit. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 3(3): 242-250.
- Maguire, R.O., Agblevor, F.A. 2010. *Biochar in Agricultural Systems*. Buku. Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg. 2 hlm.
- Mandiri. 2012. *Manual Pelatihan Teknologi Energi Terbarukan*. Buku. Gramedia. Jakarta. 61 hlm.
- Martawijaya, A. Kartasujana, I., Mandang, Y.I., Prawira, S.A. dan Kadir, K. 1989 *Atlas Kayu Indonesia Jilid II*. Buku. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor. 3 hlm.
- Maryani, A.T., Hermawati, T. 2017. Respon beberapa tanaman pionir terhadap penanaman sentrosema di areal bekas tambang rakyat. *Prosiding Seminar Nasional Pembangunan II*. 342-347.
- Masykur. 2013. Pengembangan industri kelapa sawit sebagai penghasil energi bahan bakar alternatif dan mengurangi pemanasan global (studi di Riau sebagai penghasil kelapa sawit terbesar di Indonesia). *Jurnal Reformasi*. 3(2): 96-107.
- Nadeak, N., Qurniati, R., Hidayat, W. 2014. Analisis finansial pola tanam agroforestri di Desa Pesawaran Indah Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung. *Jurnal Sylva Lestari*. 1(1): 65.
- Nurida, N.L. 2014. Potensi pemanfaatan biochar untuk rehabilitasi lahan kering di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan Edisi Khusus*. 57-68.
- Nurkholifah, V., Rinarti, M., Prasetya, H., Hasanudin, U., Niswati, A., Hidayat, W. 2020. Karakteristik Arang dari Limbah Kayu Karet (*Hevea brasiliensis*) dan Tandan Kosong Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*). *Seminar Nasional Konservasi 21 April 2020: Konservasi Sumberdaya Alam untuk Pembangunan Berkelanjutan*. 235-240.
- Nursanti, I. 2013. Karakteristik limbah cair pabrik kelapa sawit pada proses pengolahan anaerob dan aerob. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*. 13(4): 67-73.
- Omar, R., Idris, A., Yunus, R., Khalid, K., Aida I. 2011. Characterization of empty fruit bunch for micromave-assisted pyrolysis. *Fuel*. 90: 1536-1544.

- Pahlevi, R.W., Susilo, B., Dalimartha, L.N., Wiguna, E.C., Isdiantoni, Koentjoro, M.P. dan Prasetyo, E.N. 2017. Pengaruh formulasi penambahan biochar terhadap produksi tanaman tembakau varietas K326 Cross Creek seed USA di lahan kering Kabupaten Bojonegoro. *Proceeding Biology Education Conference*. 14(1): 171–176.
- Pratiwi, I. A., H. D. Ardiansyah. 2019. A study of efb (empty fruit bunch) for fuel of Indonesian biomass boiler. *Eco. Env. & Cons*. 25: 86-89.
- Prayoga, D., Riniarti, M., Duryat, D. 2018. Aplikasi *Rhizobium* dan urea pada pertumbuhan semai sengon laut. *Jurnal Sylva Lestari*. 6(1): 1–8.
- PPT. 1995. *Kombinasi Beberapa Sifat Kimia Tanah dan Status Kesuburannya*. Buku. Pusat Penelitian Tanah. Bogor. 246 hlm.
- Priadi, D., Hartati, N.S. 2014. Karakterisasi Sengon (*Paraserianthes falcataria* L. Nielsen) Unggul Berdasarkan Morfologi Pohon dan Kadar Lignin. *Prosiding Seminar Nasional XVII “Kimia dalam Pembangunan”*. 341–350.
- Purba, J.H.V., Sipayung, T. 2017. Perkebunan kelapa sawit Indonesia dalam perspektif pembangunan berkelanjutan. *Jurnal Masyarakat Indonesia*. 43(1): 81-94.
- Putri, V.I., Mukhlis, Hidayat, B. 2017. Pemberian beberapa jenis biochar untuk memperbaiki sifat kimia tanah ultisol dan pertumbuhan tanaman jagung. *Jurnal Agroekoteknologi FP USU*. 5(4): 824- 828.
- 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.
- Riana, A., Khabibi, J., Ridho, M.R. 2016. Utilization of wood vinegar as a natural preservative for sengon wood (*Falcataria moluccana* Miq.) against fungal attack (*Schizophyllum commune* Fries). *Jurnal Sylva Lestari*. 4(1): 11–20.
- Ridhuan, K., Irawan, D., Inthifawzi, R. 2019. Proses pembakaran pirolisis dengan jenis biomassa dan karakteristik asap cair yang dihasilkan. *TURBO*. 8(1): 69-78.
- 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): 5–10.

- Riniarti, M., Hidayat, W., Prasetya, H., Niswati, A., Hasanudin, U., Banuwa, I.S., Yoo, J.H., Kim, S.D., Lee, S.H. 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., Prasetya, H., Niswati, A., Hasanudin, U., Banuwa, I.S., Loka, A.A., Yoo, J.H., Kim, S.D., Lee, S. H., Hidayat, W. 2021b. Effects of meranti biochar addition on the root growth of *Falcataria moluccana* seedlings. *Advances in Engineering Research*. 202: 181-184.
- Salmina. 2016. Studi pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit oleh masyarakat di Jorong Koto Sawah Nagari Ujung Gading Kecamatan Lembah Melintang. *Jurnal Spasial*. 3(2): 33-40.
- Santoso, B. 2006. Pemberdayaan lahan podsolik merah kuning dengan tanaman rosela (*Hibiscus sabdariffa* L.) di Kalimantan Selatan. *Perspektif*. 5(1): 01-12.
- Satriawan B. D., Handayanto, E. 2015. Effects of biochar and crop residues application on chemical properties of a degraded soil of South Malang, and P uptake by maize. *Journal of Degraded and Mining Lands*. 2(2): 271 – 281.
- Siregar, H. 2019. *Pengaruh pemberian biochar dari berbagai sumber dan pupuk kandang sapi terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman padi sawah (Oryza sativa L.)*. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Medan Area. Medan. 58 hlm.
- Soepardi, G. 1983. *Sifat dan Ciri Tanah*. Buku. Departemen Ilmu Tanah Fakultas Pertanian IPB. Bogor. 373 hlm.
- Soerianegara, I., Lemmens, R.H.M.J. 1993. Timber trees: Major commercial timbers. *Plant resources of South-East Asia*. 5(1).
- Sofyan, S.E., Riniarti, M., Duryat. 2014. Pemanfaatan limbah teh, sekam padi, dan arang sekam sebagai media tumbuh bibit trembesi (*Samanea saman*). *Jurnal Sylva Lestari*. 2(2): 61-70.
- Sohi, S., Lopez-Capel, E., Krull, E., Bol, R. 2009. *Biochar, climate change and soil: A review to guide future research*. Buku. CSIRO Land and Water Science Report 05/09. Newcastle. 64 hlm.

- 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.
- 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.
- Sun, Q., Liu, Y., Liu, H., Dumroese, R.K. 2020. Interaction of biochar type and rhizobia inoculation increases the growth and biological nitrogen fixation of *Robinia pseudoacacia* seedlings. *Forests*. 11(6): 711.
- Susanto, J.P., Santoso, A.D., Suwedi, N. 2017. Perhitungan potensi limbah padat kelapa sawit untuk sumber energi terbaharukan dengan metode LCA. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 18(2): 165-172.
- Susilawati, Supijatno. 2015. Pengelolaan limbah kelapa sawit (*Elaeis guineensis* jacq.) di perkebunan kelapa sawit, Riau. *Bul. Agrohorti*. 3(2): 203-212.
- Steiner, C., Teixeira W.G., Lehmann, J., Nehls, T., de Macêdo, J.L.V., Blum, W. E.H., Zech, W. 2007. Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered central amazonian upland soil. *Plant soil*. 291: 275-290.
- Tambunan, S., Siswanto, B., Handayanto, E.. 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.
- Tarigan, A.D., Nelvia. 2020. Pengaruh pemberian biochar tandan kosong kelapa sawit dan mikoriza terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis (*Zea mays*) di tanah ultisol. *Jurnal Agroekotek*. 12(1): 23-37.
- 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.
- Warisno, K. Dahana. 2009. *Investasi Sengon*. Buku. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 122 hlm.

- 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., Prasetia, 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 (*Falcataria moluccana*). *ULIN: Jurnal Hutan Tropis*. 5(2): 78-89.
- Zulius, A. 2017. Rancang bangun monitoring pH air menggunakan *soil moisture* sensor di SMKN 1 Tebing Tinggi Kabupaten Empat Lawang. *Jurnal Sistem Komputer Musiwaras*. 2(1): 37-43.