

Gorontalo

Journal Of Forestry Research

Volume 5 Nomor 1 April 2022

P-ISSN 2614-2058 E-ISSN 2614-204X

PENGARUH PENAMBAHAN ENKAPSUL BIOCHAR TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT TERHADAP PERKEMBANGAN AKAR SENGON (*Falcataria moluccana*) **EFFECT OF ADDITION OF BIOCHAR ENCAPSULATIONS OF OIL PALM EMPTY FRUIT BUNCHES ON ROOT DEVELOPMENT OF SENGON (*Falcataria moluccana*)**

Eva Yunita^{1*}, Melya Riniarti¹, Wahyu Hidayat¹, Ainin Niswati², Hendra Prasetya¹, Udin Hasanudin³, Irwan Sukri Banuwa¹

¹ Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung,

² Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung,

³ Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

*E-mail: yunitae241@gmail.com

Received: 24st September 2021; Revised: 09th March 2022;

Accepted: 30th March 2022

ABSTRAK

Limbah tandan kosong kelapa sawit dengan jumlah yang banyak dapat dimanfaatkan menjadi *biochar* yang diharapkan dapat memperbaiki sifat fisik, biologi dan kimia serta menjadi pembenah tanah (*soil amendment*). Penanganan limbah yang tidak tepat akan mencemari lingkungan, upaya untuk meminimalisirnya yaitu dengan pemanfaatan menjadi *biochar*. Berat jenis *biochar* yang sangat rendah menyebabkan sulit tercampur merata dengan media tanam, cara mengatasinya dengan metode enkapsul. Pemberian aplikasi enkapsul *biochar* untuk perkembangan tanaman sengon merupakan alternatif yang baik. Serta dapat melindungi bahan aktif yang ada di *biochar* menggunakan bahan pembungkus, sehingga dapat memperbaiki kualitas dan pertumbuhan tanaman. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemberian enkapsul *biochar* tandan kosong kelapa sawit terhadap perkembangan akar sengon. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan empat perlakuan yaitu tanpa penggunaan enkapsul *biochar*, menggunakan enkapsul *biochar* dengan persentase 5%, menggunakan enkapsul *biochar* dengan persentase 10%, dan menggunakan enkapsul *biochar* dengan persentase 25%. Analisis data yang digunakan adalah analisis ragam (Anara) dan uji beda nyata terkecil (BNT). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian enkapsul *biochar* dapat meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan yang baik dibandingkan dengan tanpa penggunaan enkapsul *biochar*. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pemberian enkapsul *biochar* tandan kosong kelapa sawit dengan persentase 25% menunjukkan hasil yang paling baik pada pertumbuhan akar sengon dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

Kata kunci: Akar; enkapsul *biochar*; sengon; tandan kosong kelapa sawit

ABSTRACT

The waste of oil palm empty fruit bunches with large number can be harnessed into biochar which is expected to improve the physical, biological and chemical as well as being soil amendment. Improper handling of waste will pollute the environment, the effort to minimize it is by using it into biochar. The very low density of biochar makes it difficult to be mixed evenly

with the growing media, the way to deal with it is the encapsulation method. The application of encapsulated biochar for the development of sengon plants is a good alternative. Also it can protect the active ingredients in biochar by using wrapping materials, so it can improve the quality and growth of plants. The purpose of this study was to determine the effect of providing biochar encapsulation of Oil palm empty fruit bunches on the development of sengon roots. The study used a completely randomized design with four treatments, which were without using encapsulated biochar, using encapsulated biochar with a percentage of 5%, using encapsulated biochar with a percentage of 10%, and using encapsulated biochar with a percentage of 25%. data Analysis used analysis of variance (Anova) and the least significance difference (LSD). The results showed that the application of encapsulated biochar could increase the growth and development better than other without it. This study concluded that the application of encapsulated biochar of oil palm empty fruit bunches with a percentage of 25% showed the best results on the growth of sengon roots compared to other treatments.

Keywords: Encapsulation biochar; oil palm empty bunches; roots; sengon

PENDAHULUAN

Sengon (*Falcataria moluccana*) merupakan jenis pohon yang cepat tumbuh (Hidayat *et al.*, 2017), penggunaannya yang serbaguna dan tidak membutuhkan persyaratan tumbuh yang rumit (Utari *et al.*, 2018). Sengon memiliki daya hidup tinggi serta jangkau akar relatif luas yang dapat menembus tanah dengan baik (Mariany, 2019) dan memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi (Prayoga *et al.*, 2018). Tanaman yang tumbuh cepat banyak dikembangkan sebagai komoditas pengusaha hutan tanaman, seperti hutan tanaman industri (HTI) dan kebun rakyat dengan sistem tumpangsari (Utama *et al.*, 2019). Tanaman yang tumbuh dengan cepat membutuhkan nutrisi dalam jumlah besar pada awal pertumbuhannya, upaya untuk memenuhi kebutuhan yaitu dengan penambahan aplikasi *biochar* (Rotinsulu *et al.*, 2018).

Aplikasi *biochar* merupakan salah satu cara alternatif yang baik untuk meningkatkan kesuburan tanah, meningkatkan retensi air dan hara dalam tanah serta mampu meningkatkan ketersediaan unsur-unsur hara bagi tanaman (Hidayat *et al.*, 2020). *Biochar* juga dapat mengurangi emisi karbon yang terdekomposisi bahan organik dan pada saat dapat menjadi *soil amendment* (bahan pembenah tanah) (Ratmini *et al.*, 2018). *Biochar* adalah hasil dari pemanasan biomassa atau pirolisis pada suhu > 700 °C dalam kondisi oksigen rendah. Fungsi *biochar* yaitu dapat meningkatkan pH tanah dan membantu pertumbuhan tanaman (Ichriani *et al.*, 2018). Karakteristik *biochar* tersebut diharapkan dapat meningkatkan produktivitas dan fungsi tanah (Wijaya *et al.*, 2021). Bahan baku untuk pembuatan *biochar* pada umumnya merupakan limbah dari produksi di bidang kehutanan dan pertanian (Senatama *et al.*, 2019).

Limbah tandan kosong kelapa sawit merupakan hasil limbah industri perkebunan yang cukup tinggi (Siahaan dan Darianto, 2020), jumlahnya mencapai 21-23% dari total tandan buah segar (Kresnawaty *et al.*, 2017). TKKS dengan jumlah yang banyak memiliki potensi untuk dijadikan sebagai kompos serta diharapkan dapat memperbaiki sifat fisik, biologi dan kimia (Harahap *et al.*, 2020). Penanganan limbah secara tidak tepat dapat mencemari lingkungan, upaya untuk meminimalisir limbah tersebut yaitu dengan pemanfaatan menjadi *biochar* yang dapat meningkatkan nilai ekonomi dan cara terbaik untuk mengembalikan nutrisi ke tanah.

Rahardja *et al* (2019) mengatakan bahwa kadar abu yang tinggi 19,8% sampai 50% dapat menyebabkan berat jenis *biochar* sangat rendah, hal ini menyebabkan sulit tercampur merata dengan media tanam yang digunakan. Metode enkapsul

dapat mengatasi permasalahan yang disebabkan oleh berat jenis *biochar* (Jaynudin *et al.*, 2017).

Menurut Jaynudin *et al* (2017) metode enkapsul merupakan suatu proses perlindungan bahan aktif berupa gas, cair dan padatan menggunakan bahan pembungkus. Metode enkapsul sering kali digunakan untuk menyiasati unsur/zat yang mudah hilang/tercuci diakibatkan berat jenisnya yang sangat rendah. Pembentukan enkapsul diharapkan dapat meningkatkan berat jenis *biochar* sehingga dapat memperbaiki kualitas media tanam dan membantu pertumbuhan tanaman. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemberian enkapsul *biochar* TKKS terhadap pertumbuhan akar sengon. Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini yaitu sebagai sumber informasi untuk penelitian dimasa mendatang dan rekomendasi pemanfaatan *biochar* TKKS untuk memperbaiki pertumbuhan tanaman sengon (*Falcataria moluccana*).

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Januari-April 2021 di Rumah Kaca dan Laboratorium Silvikultur dan Perlindungan Hutan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Prosedur Penelitian

Persiapan Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan diantaranya: bak kecambah, *hands sprayer*, *polybag*, kaliper, timbangan, penggaris, pinset, skala warna daun (SWD), *cutter*, oven, gelas ukur, kaca pembesar, *thermohyrometer*, *lux meter*, laptop, kamera dan alat tulis. Bahan yang digunakan yaitu *biochar* TKKS, benih sengon, pasir dan tanah.

Penyiapan dan Pembuatan Biochar

Produksi *biochar* dari limbah TKKS menggunakan tungku komersial dengan suhu 400 °C. Menurut Nurkholifah *et al* (2020), bahan baku TKKS sebelum dimasukkan dalam tungku, terlebih dahulu membuat alas dari pelat besi dengan jarak dari permukaan tanah dan alas sekitar 20 cm. Setiap sela pembakaran dimasukkan pipa besi yang memiliki lubang-lubang kecil yang mengarah ke atas dengan fungsi untuk masuknya oksigen dari celah-celah kecil yang terdapat pada badan tungku. Setelah bahan baku dimasukkan pintu tungku ditutup menggunakan batu bata dan tanah liat. Celah-celah yang ada pada tungku dibiarkan terbuka terlebih dahulu saat awal proses pembakaran. Biarkan api menyebar ke dalam tungku dan membakar seluruh bagian secara merata. Pengaturan suhu dapat dilakukan dengan menutup atau membuka celah-celah kecil pada badan tungku. Proses pembakaran berlangsung hingga 5-7 hari dan proses pendinginan berlangsung selama 6-7 hari. Sebelum digunakan, *biochar* TKKS dihaluskan dan diayak. *Biochar* selanjutnya dihancurkan dan diayak untuk mendapatkan ukuran yang seragam dan sesuai untuk dicampurkan dengan tanah.

Pembuatan Enkapsul

Enkapsul dibuat dari *biochar* yang dicampurkan dengan tanah dan air. Ukuran enkapsul bulat dan diusahakan berukuran seragam berkisar antara 0,54-0,82 mm. Enkapsul dijemur selama dua hari agar enkapsul kering secara sempurna.

Persiapan Semai

Benih yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih sengon. Benih diskarifikasi menggunakan air hangat dengan suhu awal 80 °C, kemudian direndam selama 12 jam. Benih yang sudah diskarifikasi lalu disemaikan ke dalam bak kecambah menggunakan media pasir yang telah disterilisasi (jemur dibawah sinar matahari selama 24 jam atau satu hari). Bak kecambah ini diletakkan di dalam

rumah kaca dan kelembaban media tersebut dijaga dengan cara penyiraman air dengan *hand sprayer* setiap hari.

Persiapan Media Tumbuh

Sebelum tanah dimasukkan ke dalam *polybag* yang berukuran 10 cm x 12 cm, tanah telah dijemur terlebih dahulu untuk mensterilkan agar terhindar dari jamur. Enkapsul yang digunakan dibagi menjadi 4 dosis yang berbeda yaitu 0%, 5%, 10% dan 25%, dengan perbandingan penggunaan tanah 500 ml dan pencampuran enkapsul 10% yaitu 50 ml lalu campuran tanah dan enkapsul dimasukkan ke dalam *polybag*.

Penyapihan

Kondisi awal semai pada saat penyapihan memiliki tinggi 5 cm dengan jumlah daun 6 daun majemuk yang setiap tangkainya terdiri 11-20 daun. Penyapihan dilakukan saat bibit berumur 2 minggu yang telah memiliki minimal 3 helai daun, kondisi sehat (bebas dari hama dan penyakit), pertumbuhan yang normal, dan tinggi yang seragam. Bibit kemudian dipindahkan ke *polybag* yang berisi media tanam sesuai perlakuan. Enkapsul *biochar* diaplikasikan bersamaan dengan saat penyapihan semai.

Pemeliharaan

Pemeliharaan dilakukan untuk memberikan kondisi yang baik bagi bibit sengon dalam proses pertumbuhan. Kegiatan yang dilakukan yaitu penyiraman, pengendalian gulma dan pemberantasan hama.

Analisis Data

Rancangan percobaan yang digunakan yaitu rancangan acak lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan berbeda dengan ulangan sebanyak 20 kali. Perlakuan tersebut adalah (A) tanpa penggunaan enkapsul *biochar* (dosis 0%), (B) menggunakan enkapsul *biochar* dengan persentase 5%, (C) menggunakan enkapsul *biochar* dengan persentase 10%, dan (D) menggunakan enkapsul *biochar* dengan persentase 25%.

Analisis dilakukan pada berat kering akar, berat basah akar, panjang akar utama dan volume akar. Volume akar diukur dengan memasukkan akar yang telah dipisahkan dengan tanah ke dalam gelas ukur yang sudah diisi dengan air, untuk mengukur volume akar yaitu volume gelas ukur setelah akar dimasukkan (ml) dikurangi dengan volume gelas ukur sebelum akar dimasukkan (ml). Data yang didapat kemudian dianalisis menggunakan analisis ragam (Anara) dan kemudian dilakukan uji beda nyata terkecil (BNT). Rumus yang digunakan adalah:

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

Keterangan:

A = taraf uji α

dbg = derajat bebas galat

KTG = nilai kuadrat tengah galat

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Ragam (Anara)

Data yang telah dikumpulkan dilanjutkan dengan menganalisis data pengamatan yaitu dengan analisis ragam (Anara). Hasil analisis ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi hasil analisis ragam (Anara) seluruh variabel penelitian terhadap pertumbuhan tanaman sengon (*Falcataria moluccana*)

Perlakuan	F-hit		F-tabel 5%	F-tabel 1%
Berat Kering Akar (gram)	16,54	**	2,72	4,05
Berat Basah Akar (gram)	11,93	**	2,72	4,05

Panjang Akar Utama (cm)	3,51	*	2,72	4,05
Volume Akar (ml)	24,23	**	2,72	4,05

Keterangan :

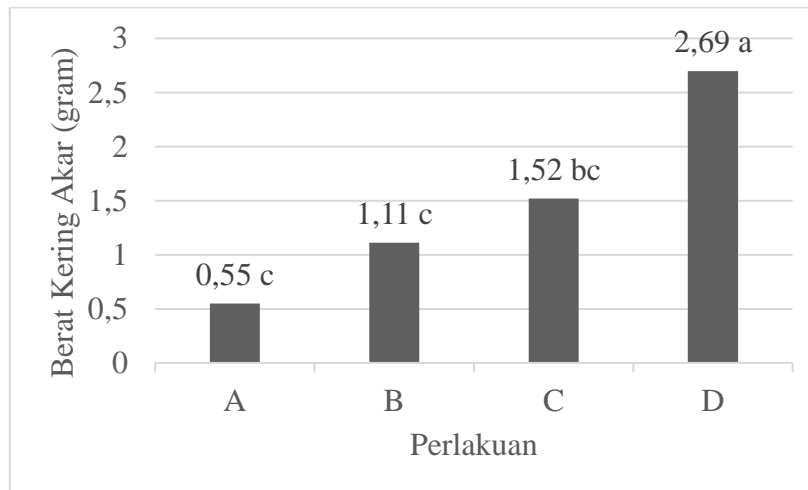
** : Pengaruh sangat nyata pada taraf 1% ($F_{\text{hit}} > F_{\text{tabel}} 1\%$)

* : Pengaruh sangat nyata pada taraf 5% ($F_{\text{hit}} > F_{\text{tabel}} 5\%$)

Setelah hasil Anara menunjukkan bahwa terdapat pengaruh sangat nyata terhadap variabel berat kering akar berat basah akar dan volume akar, serta pengaruh nyata pada panjang akar utama maka dilakukan uji lanjut.

Berat Kering Akar dan Berat Basah Akar

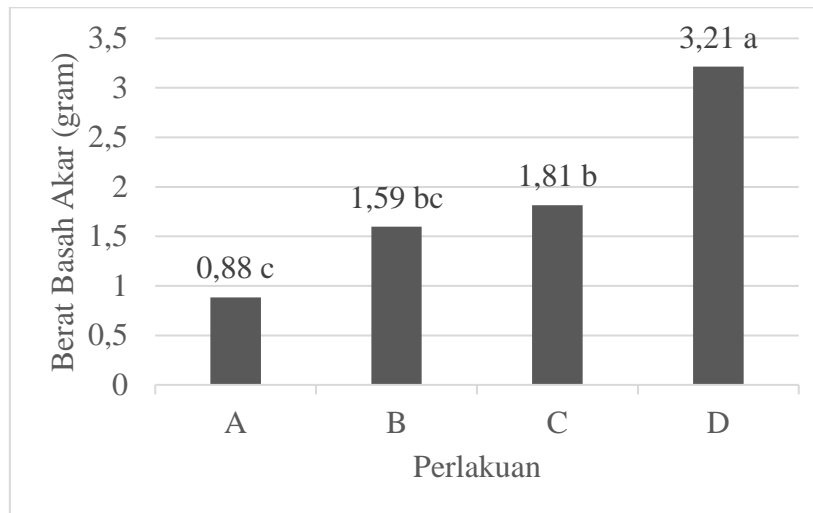
Parameter berat kering akar dan berat basah akar secara nyata dipengaruhi oleh pemberian enkapsul *biochar* yang mampu mempertahankan air sehingga meningkatkan pembentukan akar (Sukmawati *et al.*, 2020). Penelitian yang dilakukan oleh Wang *et al* (2016) mengatakan bahwa pemberian perlakuan memiliki efek yang signifikan pada pertumbuhan akar, sedangkan pada penelitian yang dilakukan Xiang *et al* (2017) peran pemberian enkapsul *biochar* dapat meningkatkan biomassa akar, volume akar dan luas permukaan. Perbedaan hasil tiap perlakuan dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Pengaruh pemberian enkapsul *biochar* terhadap berat kering akar sengan (BNT=0,836; $\alpha=0,01$).

Berat basah akar ditimbang untuk mengetahui seberapa besar air yang terkandung dalam akar. Sedangkan pada berat kering dikatakan baik ketika akar semakin tinggi hasil beratnya, dikarenakan proses fotosintesis berjalan dengan lancar dan tanaman juga menyerap semakin banyak unsur hara dan air (Krisdayani *et al.*, 2020).

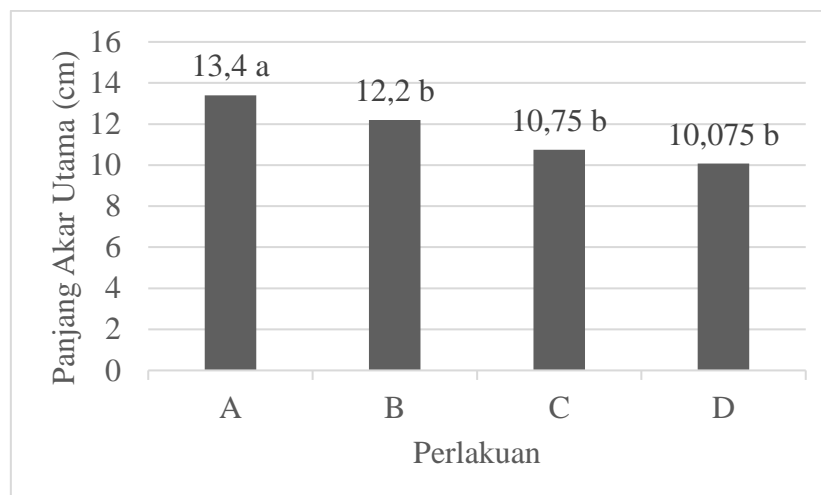
Akar merupakan suatu organ vegetatif yang penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Matt *et al.*, 2018). Hasil uji lanjut menyatakan bahwa pemberian enkapsul *biochar* dosis 25% secara nyata memiliki kemampuan untuk meningkatkan berat kering akar serta berat basah akar yang paling cepat dibandingkan dengan perlakuan yang tidak menggunakan enkapsul *biochar*, yang dapat dilihat pada (Gambar 1 dan Gambar 2). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian enkapsul *biochar* TKKS berperan dalam pengembangan morfologi akar dan meningkatkan kekurangan nutrisi dan air tanaman yang digunakan sebagai indikator perkembangan akar (Yuananto dan Utomo, 2018), serta sistem perakaran yang baik juga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman (Asmara *et al.*, 2021).



Gambar 2. Pengaruh pemberian enkapsul *biochar* terhadap berat basah akar sengon (BNT=1,055; $\alpha=0,01$).

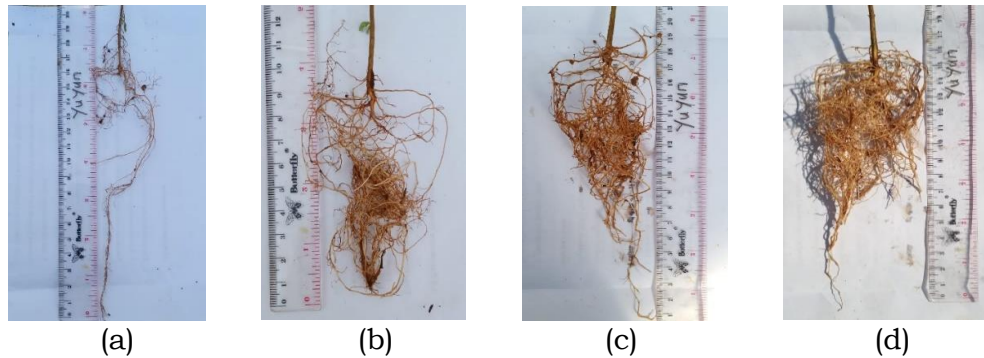
Panjang Akar Utama

Panjang akar utama menggambarkan pertumbuhan akar vertikal yang akan mendukung kekokohan dari tanaman (Riniarti *et al.*, 2021). Penambahan enkapsul *biochar* TKKS dengan persentase 25% menunjukkan hasil terkecil dibandingkan dengan tanpa penggunaan enkapsul *biochar* TKKS. Pemberian enkapsul *biochar* TKKS meningkatkan volume akar tanaman, tetapi tidak membuat akar menjadi panjang. Tanaman dengan perlakuan tanpa penggunaan *biochar*, akan cenderung memanjang namun memiliki volume yang rendah. Hal ini dikarenakan bahwa akar yang tidak menggunakan enkapsul *biochar* akan terus memanjang kebawah untuk mencari sumber makanan, tetapi tidak membuat volume akar berkembang dengan baik, sehingga tidak akan mencapai pertumbuhan yang optimal (Pujawan *et al.*, 2016). Hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh pemberian enkapsul *biochar* terhadap panjang akar utama sengon (BNT=2,970; $\alpha=0,01$).

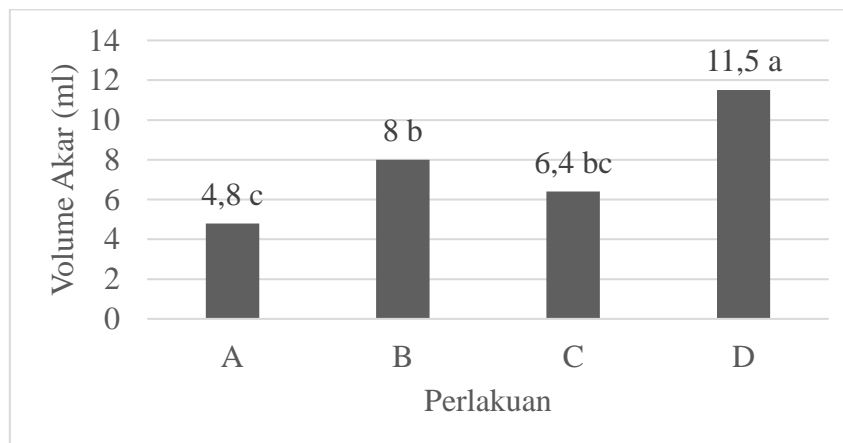
Penelitian yang dilakukan oleh Riniarti *et al* (2021) menunjukkan bahwa panjang akar utama yang menggunakan perlakuan penambahan *biochar* meranti menunjukkan paling panjang dibandingkan dengan tanpa perlakuan.



Gambar 4. Perbandingan panjang akar dan volume akar tanaman sengon yang menggunakan kapsul *biochar*. (a) tanpa penggunaan kapsul *biochar*, (b) kapsul *biochar* 5%, (c) kapsul *biochar* 10%, dan (d) kapsul *biochar* 25%.

Volume Akar

Volume akar menunjukkan bahwa penambahan kapsul *biochar* TKKS meningkatkan volume akar dibandingkan dengan tanpa penggunaan kapsul *biochar* TKKS (Gambar 4 dan Gambar 5). Pemberian kapsul *biochar* mempengaruhi morfologi dan fungsi akar tanaman (Xiang *et al.*, 2017). Menurut Sarauer *et al* (2019) perlakuan penambahan *biochar* dapat meningkatkan kualitas bibit yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dan nutrisi dalam tanah, serta memiliki efek yang baik ketika akan diterapkan ke dalam tanah yang dapat mempengaruhi ruang tumbuh tanaman (Rawat *et al.*, 2019).



Gambar 5. Pengaruh pemberian kapsul *biochar* terhadap volume akar sengon (BNT=2,175; $\alpha=0,01$).

Penambahan kapsul *biochar* mampu memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah (Tarigan *et al.*, 2021). Serta dapat memperbaiki struktur, porositas dan agregat tanah yang dapat memudahkan tanaman untuk mendapatkan nutrisi dan air yang dibutuhkan dalam pertumbuhan (Putri *et al.*, 2017) serta dapat membuat akar berkembang lebih baik (Tarigan dan Nelvia, 2020). Hal ini menyebabkan akar berkembang ke samping dan tidak ke bawah sehingga bertambahnya volume pada akar tanaman.

Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antar perlakuan. Dapat dinyatakan bahwa hasil dosis kapsul *biochar* TKKS menunjukkan pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan dengan dosis yang tanpa menggunakan kapsul *biochar* TKKS. Penambahan kapsul *biochar* pada tanah dapat meningkatkan luas permukaan tanah, sehingga meningkatkan kesuburan tanah dan ketersediaan hara (Sun *et al.*, 2020). Dari penggunaan dosis kapsul *biochar*

juga dapat memperbaiki sifat-sifat tanah yang dilihat pada kelembaban tanah dan agregasi tanah sehingga menghasilkan biomassa yang dapat memberikan nutrisi bagi tanah (Jayanudin dan Lestari, 2020).

PENUTUP

Pertumbuhan tanaman sengon meningkatkan perkembangan akar sengon dengan penambahan enkapsul *biochar* pada media tumbuh. Pemberian enkapsul *biochar* TKKS dengan persentase 25% menunjukkan hasil yang paling baik dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Korean Institute of Energy Research yang telah memberikan dana dan rekan-rekan yang sudah membantu dalam pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- 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. *Jurnal of People Forest dan Envirotmental*, 1: 11–20.
- Jaynudin, J., Rochmadi, R., Renaldi, M. K. & Pangihutan, P. 2017. Pengaruh bahan penyalut terhadap efisiensi enkapsulasi oleoresin jahe merah. *Jurnal Penelitian Kimia*, 13(2): 275-287.
- Jayanudin, J. & Lestari, R. S. D. 2020. Enkapsulasi dan karakterisasi pelepasan terkendali pupuk npk menggunakan kitosan yang ditaut silang dengan glutaraldehida. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 16(1): 110-125.
- Harahap, F. S., Walida, H., Rahmaniah., Rauf, A., Hasibuan, R. & Nasution, A. P. 2020. Pengaruh aplikasi tandan kosong kelapa sawit dan arang sekam padi terhadap beberapa sifat kimia tanah pada tomat. *Agrotechnology Research Journal*, 4(1): 1-5.
- Hidayat, W., Qi, Y., Jang, J. H., Febrianto, F., Lee, S. H., Chae, H, M., Kondo, T. & Kim, N. H. 2017. Carbonization characteristics of juvenile woods from some tropical trees planted in Indonesia. *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 62(1): 145–152.
- Hidayat, W., Riniarti, M., Prasetya, H., Niswati, N., Hasanudin, U., Banuwa, I. S., Yoo, J., Kim, S. & Lee, S. 2021. Characteristics of *biochar* produced from the harvesting wastes of meranti (*Shorea* sp.) and oil palm (*Elaeis guineensis*) empty fruit bunches. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 749: 012040, 1-7.
- Ichriani, G. I., Syehfani., Nuraini, Y. & Handayanto, E. 2018. Formulation of *biochar*-compost and phosphate solubilizing fungi from oil palm empty fruit bunch to improve growth of maize in an ultisol of central Kalimantan. *Journal of Ecological Engineering*, 19(6): 45-55.
- 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): 400-410.
- Mariany. 2019. Pengaruh luas perkebunan kelapa sawit dan produksi kayu terhadap luas lahan kritis di 10 provinsi di indonesia. *Skripsi*. Universitas Katalog Parahyangan. Bandung. 33 hlm.

- Matt, C. P., Keyes, C. R. & Dumroese, R. K. 2018. Biochar effects on the nursery propagation of 4 northern rocky mountain negative plant species. *Nativ Plants J*, 19(1): 14-26.
- Nurkholifah, V., Riniarti, M., Prasetya, H., Hasanudin, U., Niswati, A. & Hidayat, W. 2020. Karakteristik Arang Dari Limbah Kayu Karet (*Hevea brasiliensis*) dan Tandan Kosong Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*). *Seminar Nasional Konservasi 21 April 2020: Konservasi Sumberdaya Alam untuk Pembangunan Berkelanjutan*, 235-240.
- Prayoga, D., Riniarti, M. & Duryat. 2018. Aplikasi rhizobium dan urea pada pertumbuhan semai sengon laut. *Jurnal Sylva Lestari*, 6(1): 1-8.
- Pujawan, M., Afandi., Novpriansyah, H. & Manik, K. E. S. 2016. Kemantapan agregat tanah pada lahan produksi rendah dan tinggi di pt great giant pineapple. *J. Agrotek Tropika*, 4(1): 111-115.
- 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.
- Rahardja, I. B., Sukarman. & Ramadhan, A. I. 2019. Analisis kalori biodiesel cruda palm oil (cpo) dengan katalis abu tandan kosong kelapa sawit (atkks). *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2019, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta, 16 Oktober 2019*, 1-12.
- Rawat, J., Saxena, J. & Sanwal, P. 2019. *Biochar: a sustainable approach for improving plant growth and soil properties*. In *Biochar-An Imperative Amendment for Soil and the Environment*. IntechOpen. 17 hlm.
- Riniarti, M., Prasetya, H., Niswati, A., Hasanudin, U., Banuwa, I. S., Loka, A. A., Yoo, J., Kim, S., Lee, S. & Hidayat, W. 2021. Effects of meranti biochar addition on the root growth of *Falcataria moluccana* seedlings. *Advances in Engineering Research*, 202: 181-184.
- Riniarti, M., Hidayat, W., Prasetya, H., Niswati, A., Hasanudin, U., Banuwa, I. S., Yoo, J., Kim, S. & Lee, S. 2021. Using two dosages of biochar from *Shorea* to improve the growth of *Paraserianthes falcataria* seedlings. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 749: 012049, 1-7.
- Rotinsulu, J. M. & Yanarita, Y. 2018. Growth evaluation of sengon (*Paraserianthes falcataria*) in peatland using herbaceous and humic acid fertilizer. *Int J Civ Eng Technol*, 9: 560.
- Sarauer, J. L., Page-Dumroese, D. S. & Coleman, M. D. 2019. Soil greenhouse gas, carbon content, and tree growth response to biochar amendment in western united states forests. *GCB Bioenergy*, 11(5): 660-71.
- Senatama, N., Niswati, A., Yusnaini, S. & Utomo, M. 2019. Jumlah bintil akar, serapan N dan produksi tanaman kacang hijau (*Vigna radiata* L.) akibat residu pemupukan N dan sistem olah tanah jangka panjang tahun ke-31. *Journal of Tropical Upland Resources*, 1(1): 35-42.
- Siahaan, M. Y. R. & Darianto. 2020. Karakteristik koefisien serap suara material concrete foam dicampur serat tandan kosong kelapa sawit (tkks) dengan metode impedance tube. *JMEMME (Journal of Mechanical Engineering, Manufactures, Materials and Energy)*, 4(1): 85-93.
- Sukmawati., Ala, A., Baharuddin. & Gusli, S. 2020. Biochar interventions enriched with alginate-producing bacteria support the growth of maize in degraded soils. *IOP Conf, Series: Earth and Environmental Science 486 (2020)*, 1-10.
- 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): 7-11.
- Tarigan, A. D. & Nelvia. 2020. Pengaruh pemberian biochar tandan kosong kelapa sawit dan mikoriza terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata* L.) di tanah ultisol. *Jur. Agroekotek*, 12(1): 23-37.

- Tarigan, A. A. L. B., Riniarti, M., Prasetya, 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. *Jopfe Journal*, 1(1): 11-20.
- Utama, R. C., Febryano, I. G., Herwanti, S. & Hidayat, W. 2019. Saluran pemasaran kayu gergajian sengon (*Falcataria moluccana*) pada industri penggergajian kayu rakyat di Desa Sukamarga, Kecamatan Abung Tinggi, Kabupaten Lampung Utara. *Jurnal Sylva Lestari*, 7(2): 195-203.
- Utari, N., Diba, F. & Sisilia, L. 2018. Perbandingan tingkat keawetan kayu sengon (*Falcataria moluccana* l. nielsen) dan kayu sugi (*Cryptomeria japonica* d. don) dengan ekstrak limbah kulit kayu jati (*Tectona grandis* l.f.) terhadap serangan rayap tanah *coptotermes curvignathus* Holmgren. *Jurnal Tengkwang*, 8(2): 75-87.
- Wang, M., Chen, L., Liu, Z., Zhang, Z., Qin, S. & Yan, P. 2016. Isolation of a novel encapsule lyaseproducing bacillus litoralis strain and its potential to ferment sargassum horneri for biofertilizer. *Microbiologyopen*, 5: 38-49.
- Wijaya, B. A., Riniarti, M., Hidayat, W., Prasetya, H., Niswati, A., Hasanudin, U. & Banuwa, I. S. 2021. Interaksi perlakuan dosis dan suhu pirolisis pembuatan biochar kayu meranti (*Shorea* spp.) mempengaruhi kecepatan tumbuh sengon (*Paraserianthes moluccana*). *Ulin: Jurnal Hutan Tropis*, 5(2): 78-89.
- Xiang, Y., Deng, Q., Duan, H. & Guo, Y. 2017. Effects of biochar application on root traits: a metaanalysis. *GCB Bioenergy*, 9(10): 63-72.
- Yuananto, H. & Utomo, W. H. 2018. Effects of application of maize cob biochar enriched with nitric acid on organic c, nitrogen, and growth of maize on various soil acidity levels. *J Tanah dan Sumber Lahan*, 5(1): 655-62.