

Pengaruh Biochar pada Simbiosis Rhizobium dan Akar Sengon Laut (*Paraserianthes falcataria*) dalam Media Tanam

Effects of Biochar on Symbiosis of Rhizobium and Roots of Paraserianthes falcataria in Growth Media

Aulia Asmara Loka Br Tarigan¹, Melya Riniarti¹, Hendra Prasetya¹, Wahyu Hidayat¹, Ainin Niswati², Irwan Sukri Banuwa¹, dan Udin Hasanudin³

¹Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Lampung

²Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung

³Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung
Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung

ABSTRACT. *Paraserianthes falcataria* is a plant that is mutually symbiotic with Rhizobium. Rhizobium is a bacterium that infects plant roots and functions in nitrogen fixation. The presence of rhizobium is indicated by the appearance of a nodule. The development of nodules is influenced by the growing medium. The conditions in the planting medium can be improved with biochar to increase room for the root growth and absorption of nutrients, one of which is nitrogen. The purpose of this study was to find out the effect of biochar on the planting medium of *Paraserianthes falcataria* seedlings on the symbiosis of rhizobium and roots seen from nodule roots. Using a completely randomized design (CRD) for 4 months. With three treatments which were the control or without biochar (K), meranti 5% or using 5% of biochar (M5), and Meranti 10% or using 10% of biochar (M10). The observing parameters are the number of root nodules, percent of effective root nodules, and leaf color. The result showed that application of biochar in growth media had a positive effect on each parameter, increasing the number of root nodules (61-75%), percent of effective root nodules (527-2381%), and leaf color (16-22%) compared to control.

Keywords: *biochar; Paraserianthes falcataria; rhizobium; nodule*

ABSTRAK. Sengon laut (*Paraserianthes falcataria*) merupakan tanaman yang bersimbiosis secara mutualisme dengan Rhizobium. Rhizobium adalah bakteri yang menginfeksi akar tanaman yang berfungsi dalam fiksasi nitrogen. Adanya rhizobium ditunjukkan dengan timbulnya tonjolan berupa bintil pada akar. Perkembangan bintil dipengaruhi oleh media tanam. Kondisi pada media tanam dapat dibenah dengan biochar untuk meningkatkan ruang tumbuh akar dan penyerapan unsur hara salah satunya nitrogen. Tujuan dalam penelitian ini adalah mengetahui pengaruh biochar pada media tanam bibit sengon laut (*Paraserianthes falcataria*) terhadap simbiosis rhizobium dan akar yang dilihat dari akar bintil (nodul) akar. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dilakukan selama 6 bulan. Perlakuan yang diteliti yaitu Kontrol atau 100% tanah (K), Meranti 5% atau penambahan biochar 5% (M5), dan Meranti 10% atau penambahan biochar 10% (M10). Parameter yang diamati adalah jumlah bintil akar, persen bintil efektif dan warna daun. Hasil menunjukkan dibandingkan dengan kontrol terjadi peningkatan pada jumlah bintil (61-75%), persen bintil efektif (527-2381%) dan warna daun (16-22%) dengan aplikasi biochar pada media tanam bibit sengon laut.

Kata kunci: *biochar; Paraserianthes falcataria; rhizobium, nodul*

Penulis untuk korespondensi: melya.riniarti@fp.unila.ac.id

PENDAHULUAN

Sengon laut (*Paraserianthes falcataria*) merupakan tanaman jenis legum dan pertumbuhannya cepat (*fast growing*) (Sari dan Prayudyaningsih 2018; Ramdhan et al. 2018). Sengon laut merupakan tumbuhan yang bersimbiosis dengan Rhizobium (Prayoga et al. 2018; Sari dan Prayudyaningsih 2019). Sengon laut memiliki beberapa kelebihan seperti pengelolaan relatif mudah, kayu serbaguna, membantu menyuburkan tanah, dan keuntungan tinggi (Istikorini dan Sari, 2020). Sengon laut juga menjadi salah satu pohon alternatif yang dapat diusahakan secara ekstensif untuk tujuan rehabilitasi lahan-lahan marginal (kritis) (Hardiatmi, 2011).

Sari dan Prayudyaningsih (2020) menyatakan rhizobia merupakan salah satu kelompok mikroorganisme yaitu bakteri tanah yang bersimbiosis dengan tanaman legum dan mampu menyediakan hara, khususnya unsur nitrogen, untuk dimanfaatkan secara langsung oleh tanaman dalam proses metabolisme. Bakteri yang bersimbiosis dengan bintil akar tanaman legum ini telah terbukti dapat memacu pertumbuhan tanaman, khususnya pada lahan marginal (Widawati et al., 2015). Rhizobium menginfeksi tanaman menimbulkan tonjolan berupa bintil pada akar yang menjadi tempat fiksasi nitrogen (Luo dan Lu, 2014). Fiksasi nitrogen yaitu mengubah nitrogen bebas (N_2) menjadi amonia (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-) yang dimanfaatkan langsung oleh inangnya (Sari dan Prayudyaningsih, 2018).

Nitrogen merupakan salah satu unsur hara makro yang berarti dibutuhkan banyak oleh tanaman untuk penyusunan enzim dan protein serta pembentukan klorofil (Armiadi, 2009). Nitrogen disediakan oleh tanah atau media tanam. Tanaman yang kekurangan unsur N akan berpengaruh pada hasil fotosintesis tanaman dan secara langsung mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Penggunaan tanah (*top soil*) saja sebagai media tanam juga kurang memenuhi unsur hara, selain itu mudah memadat (Agustin et al. 2014) yang akan mempengaruhi pertumbuhan akar.

Pertumbuhan akar yang baik dipengaruhi oleh baik tidaknya media yang digunakan. Media tanam berfungsi menjadi tempat berjangkar akar, penyedia air dan unsur hara, penyedia oksigen pada proses fisiologi akar serta kehidupan dan aktivitas mikroba tanah (Nursyamsi dan Tikupadang, 2014). Sofyan et al. (2014) menyatakan media tanam yang baik mempunyai sifat ringan, murah, mudah didapat, gembur dan subur. Sengon dapat dengan mudah beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang bervariasi (Sukarman et al. 2012). Walaupun demikian, pada kondisi tanah yang miskin unsur hara dapat menghambat pertumbuhan tanaman sengon laut (Sari dan Prayudyaningsih, 2018).

Salah satu cara meningkatkan kualitas media tanam adalah dengan pembenah tanah (*soil conditioner*) (Dariah et al. 2015) salah satu contohnya adalah biochar (arang/karbon aktif) (Cho et al. 2017). Biochar merupakan turunan biomassa berupa padatan, berpori, kaya akan karbon yang diperoleh dari proses pirolisis (IBI 2015; Cho et al. 2017; Prasad et al. 2019). Zhang dkk (2012) menyatakan biochar sebagai pembenah tanah dapat meningkatkan kualitas fisik dan kimia tanah, penyerapan karbon meningkat dan filtrasi penyerapan air tanah terutama tanah pertanian. Cho et al. (2017) menambahkan, penambahan biochar telah disarankan untuk mengurangi dampak negatif limbah biomassa hutan dari proses penjarangan, pemanenan maupun produksi.

Pengolahan limbah menjadi biochar dapat membantu pengurangan lahan pembuangan limbah dan efektif untuk menyelesaikan masalah limbah industri dalam segi biaya dan masalah lingkungan (Abnisa et al. 2013; Kresnawaty et al. 2017). Beberapa jenis kayu sudah banyak digunakan diantaranya pinus, akasia, dan sengon, namun kayu meranti masih jarang diolah menjadi biochar (Achmad, 2011) walaupun limbahnya cukup tinggi. Ahmad et al. (2020) menyatakan serbuk gergaji kayu meranti mudah terurai secara hayati, tekstur relatif keras dan kaya akan karbon (C).

Sun et al. (2020) dalam penelitiannya menggunakan biochar pada bibit black locust (*Robinia pseudoacacia*) menunjukkan peningkatan penyerapan N dan bintil (nodul) (98–1103%) pada bibit jika dibandingkan dengan media kontrol. Ditambahkan oleh Robertson et al. (2012), dilakukan penambahan biochar pada media tanam bibit pinus (*Pinus contorta*) menghasilkan peningkatan bintil akar dibandingkan media tanpa biochar. Selain karbon, biochar juga dikatakan dapat membantu meningkatkan penyerapan NH_3^- and NH_4^+ untuk meningkatkan

unsur N yang dapat diserap oleh tanaman serta menginduksi perkembangan bakteri nitrogen untuk meningkatkan produktivitas tanah (Steiner et al. 2010; Saletnik et al. 2019).

Penggunaan biochar sebagai pembenah tanah dalam meningkatkan interaksi rhizobium-legum yang ditandai dengan bintil akar untuk diketahui hubungannya merupakan suatu hal yang menarik. Maka, penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh biochar meranti pada media tanam bibit sengon laut (*Paraserianthes falcataria*) terhadap simbiosis rhizobium dan akar yang dilihat dari akar bintil (nodul) akar..

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan selama 6 bulan dari bulan Februari-Agustus 2020, berlokasi di Rumah Kaca dan Laboratorium Silvikultur dan Perlindungan Hutan Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *biochar* dari kayu meranti, benih Sengon laut (*Paraserianthes falcataria*), pasir, dan tanah (*top soil*). Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah bak kecambah, *polybag*, *cutter*, Bagan Warna Daun (BWD) 6 skala warna, buku dan alat tulis.

Penelitian dilaksanakan dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Perlakuan yang diuji pada 3 media tanam yaitu K (100% tanah) : tanpa penambahan biochar ; M5 (biochar meranti 5%) : tanah ditambah 5% biochar ; dan M10 (biochar meranti 10%) : tanah ditambah 10% biochar. Total tanaman yang diteliti adalah 30 individu, masing-masing perlakuan terdiri dari 10 ulangan dengan masing-masing ulangan 1 individu tanaman.

Proses dimulai dengan pembuatan biochar. Biochar diproduksi dari limbah kayu meranti dengan menggunakan tungku komersial dengan suhu 600°C. Kayu meranti yang sudah diolah menjadi biochar selanjutnya dihancurkan dan diayak untuk mendapatkan ukuran yang seragam dan sesuai untuk dicampurkan dengan tanah. Selanjutnya dilakukan proses penyemaian benih. Biji sengon laut diskarifikasi terlebih dahulu dengan air panas bersuhu 80°C. Biji direndam dan didiamkan selama ± 24 jam (Alghofar et al. 2017). Media tanam kecambah yang digunakan adalah pasir yang lebih dulu dikeringanginkan. Benih yang sudah terendam ditanam di bak kecambah berukuran 30cm x 22 cm.

Pengambilan tanah untuk media tanam dilakukan pada tanah *top soil* (0-20cm) di permukaan tanah. Tanah yang akan digunakan terlebih dahulu dikeringanginkan kemudian diayak supaya memudahkan pencampuran dan memiliki ukuran yang seragam. Biochar yang akan digunakan yaitu biochar meranti ditimbang sebesar dosis yang ditetapkan yaitu 0%, 5%, dan 10%. Penimbangan dilakukan dengan perbandingan berat dimana pada penelitian ini volume *polybag* sebesar 220 g. Tanah dan biochar yang sudah dicampur sesuai dosis dimasukkan ke *polybag* dan dibasahi sedikit untuk memudahkan penanaman. Semai sengon laut yang telah berumur 1-2 bulan yang memiliki bagian pohon yang lengkap (akar, daun, dan batang) selanjutnya disapih. Penyapihan ke *polybag* dilakukan pada sore hari untuk mengurangi penguapan berlebihan. Pemeliharaan yang dilakukan adalah dengan penyiraman, penyiangan dan pemeliharaan dari hama serta pengecekan kondisi tanaman.

Parameter data yang diamati dalam penelitian ini adalah jumlah bintil, persen bintil efektif dan warna daun. Tanaman pada umur 4 bulan dibongkar. Akar yang dipisahkan dari bagian tajuk dengan cara dipotong kemudian dibersihkan dari tanah sampai bersih. Akar dibersihkan dengan air mengalir. Bintil akar yang ada pada akar bibit sengon laut dipisahkan (diambil) sambil dihitung jumlahnya. Bintil-bintil tersebut kemudian dibelah untuk menentukan bintil yang efektif. Bintil yang dibelah yang berwarna merah muda termasuk dalam bintil efektif. Jumlah bintil berwarna merah muda terhadap keseluruhan jumlah bintil yang ada digunakan untuk menghitung persen bintil akar efektif (Sari dan Prayudyaningsih, 2018; Ceng dan Febryano, 2012).

Pengamatan warna daun dilakukan dengan mencocokkan warna pada skala yang digunakan. Jika berada diantara dua skala dapat ditentukan dengan nilai tengahnya (Menteri Pertanian, 2006). Data yang ditemukan akan dianalisis homogenitas dengan Uji Bartlett. Nilai yang homogen dilanjutkan dengan analisis sidik ragam (Anova) dan uji beda nyata (BNT) pada taraf 1%.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan data yang telah dilakukan dilanjutkan dengan analisis data pengamatan, dimulai dengan uji homogen dan dilanjutkan dengan analisis ragam (ANOVA). Hasil analisis ragam disajikan pada Tabel 1.

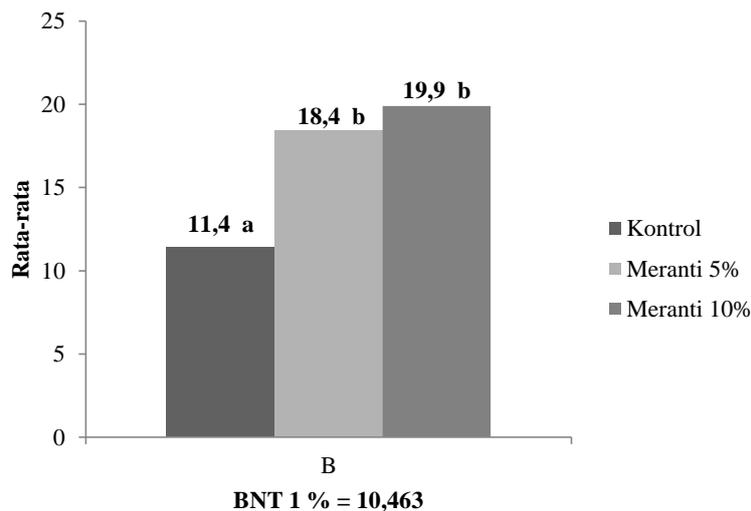
Tabel 1. Rekapitulasi analisis ragam untuk seluruh parameter penelitian bibit sengon laut (*Paraserianthes falcataria*) dengan penambahan biochar meranti

Perlakuan	B	%BE	WA	F 0,05	F 0,01
Aplikasi Biochar Meranti	*	**	**	3,35	5,49

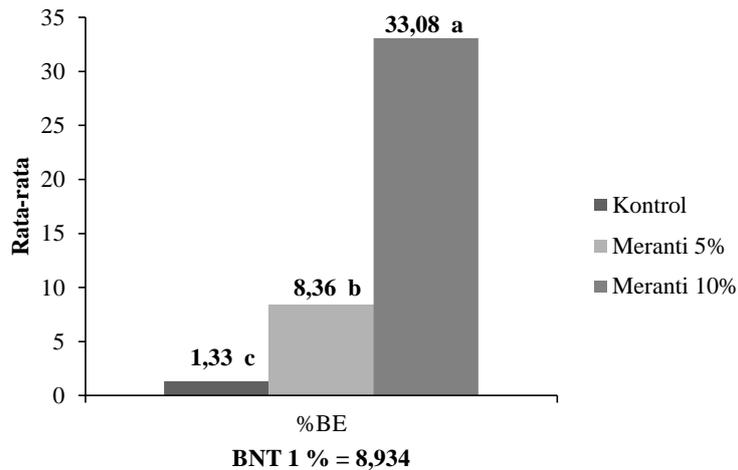
Keterangan :

- B = jumlah bintil
- %BE = persen bintil efektif
- WA = warna daun
- * = berbeda nyata pada taraf 5%
- ** = berbeda nyata pada taraf 1%

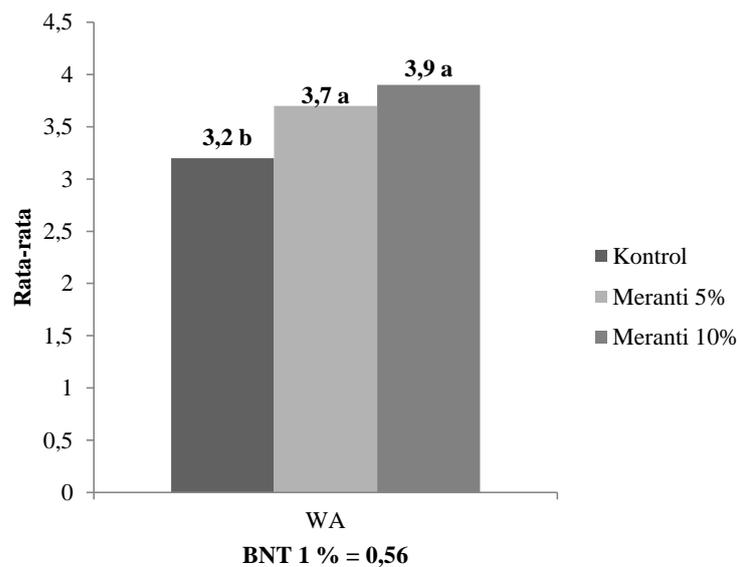
Hasil analisis ragam menunjukkan penambahan biochar pada media tanam berpengaruh sangat nyata dan nyata terhadap setiap parameter. Parameter jumlah bintil pada analisis ragamnya menunjukkan berpengaruh nyata pada taraf 5%, selain itu semua pada taraf 1% (sangat nyata). Selanjutnya untuk mengetahui perlakuan yang memberikan pengaruh paling nyata maka dilakukan Uji Beda Nyata (BNT). Hasil analisis uji BNT disajikan pada Gambar 2 sampai Gambar 4.



Gambar 2. Uji BNT jumlah bintil aplikasi biochar pada media tanam sengon laut



Gambar 3. Uji BNT persen bintil efektif dengan aplikasi biochar pada media tanam bibit sengon laut



Gambar 3. Uji BNT warna daun penambahan biochar pada media tanam sengon laut

Hasil uji BNT menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara perlakuan dengan penambahan biochar dan tanpa biochar (100% tanah). Dapat dinyatakan bahwa aplikasi biochar pada media tanam semai sengon laut berpengaruh baik terhadap parameter jumlah bintil akar, persen bintil efektif dan warna daun. Perbandingan dengan kontrol pada uji BNT menunjukkan perbedaan signifikan. Namun antara dua dosis penambahan biochar tidak ada perbedaan.

Biochar merupakan produk sampingan biomassa berwujud padat (*solid*) kaya akan karbon yang sedang mendapatkan minat besar dalam pemanfaatan pengelolaan lingkungan dan pertanian (kehutanan) (Prasad et al. 2019). Biochar adalah produk stabil yang digunakan sebagai amandemen tanah dalam sistem pertanian dan hutan (Sun et al. 2020). Penambahan biochar pada tanah dapat meningkatkan dapat meningkatkan luas permukaan tanah dan

porositas dan menurunkan berat jenis, sehingga meningkatkan konduktivitas hidrolik dan kapasitas retensi air, kesuburan tanah, ketersediaan hara, dan sifat biologis, fisika dan kimia tanah (Heiskanen et al. 2013; Cho et al. 2017; Aung et al. 2018; Sun et al. 2020).

Pada persemaian, biochar bermanfaat untuk media pertumbuhan media yang standar, peningkatan produktivitas tanaman, mengurangi ketergantungan pada media tidak dapat diperbarui dan penyerapan karbon untuk proyek restorasi (Matt et al. 2017). Xiang et al. (2017) menyatakan biochar kemungkinan dapat mempengaruhi morfologi dan fungsi akar tanaman karena bersentuhan langsung dengan akar dalam media tanamnya. Quilliam et al. 2012 menambahkan efek positif dari biochar pada media tanam terhadap mikroorganisme tanah misalnya peningkatan fiksasi N_2 oleh rhizobia pada legum dan meningkatkan kolonisasi mikoriza pemacu pertumbuhan tanaman di rhizosfer.

Simbiosis antara tanaman inang dengan bakteri Rhizobium merupakan interaksi kompleks. Rhizobium menginfeksi tanaman inang melalui saluran (benang) di ujung sel rambut akar atau celah antara dua sel tumbuhan. Kemudian duplikat sel bakteri dilepaskan benang infeksi ke dalam sel bintil tanaman melalui endositosis. Setelah proliferasi dan diferensiasi, mereka berubah menjadi bakteroid memperbaiki N_2 sebagai amonia (Luo dan Lu, 2014). Dalam proses ini timbul tonjolan yang disebut bintil akar atau nodul. Nitrogen dengan karbon, hidrogen, oksigen, merupakan unsur besar penyusun tanaman.

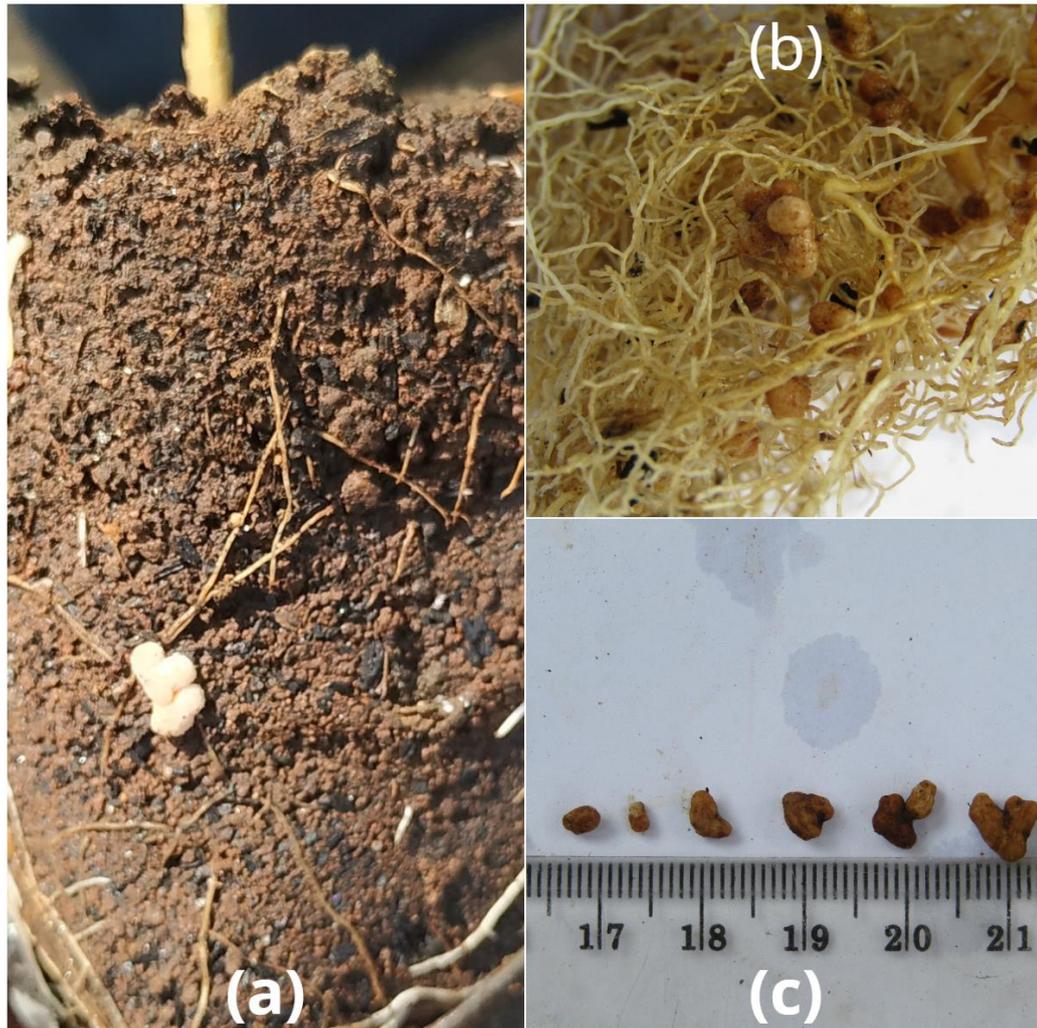
Aplikasi biochar meranti pada media tanam sengon laut terlihat meningkatkan perkembangan bintil akar tanaman. Peningkatan terjadi pada setiap parameter yang diamati bila dibandingkan dengan media tanam tanpa biochar (100% tanah). Biochar meranti meningkatkan jumlah bintil yang ditemukan sebesar 61-75% dibandingkan dengan media tanah. Pada parameter persen bintil efektif sangat berbeda jauh antara setiap perlakuan, terlebih biochar meranti dosis 10% dengan kontrol. Parameter ini juga yang menunjukkan perbandingan antara penambahan dosis 5% dan 10% biochar meranti. Dibandingkan tanah saja bintil efektif yang dihasilkan meningkat 527-2381% dengan menggunakan biochar. Pada media tanam dengan tanah saja sebagian besar sampel tanaman tidak ditemukan bintil efektif sama sekali (0).

Perbedaan warna yang terlihat pada bintil yang telah dibelah yaitu antara bintil efektif dan bintil tidak efektif ditunjukkan pada Gambar 4. Gambar 5 menunjukkan bintil yang ditemukan pada media tanam yang dibongkar, setelah dibersihkan dan dipisahkan dari akar memiliki bentuk dan ukuran yang beragam. Bintil yang ditemukan kemudian dibelah untuk menentukan bintil yang masih aktif (bintil efektif)



Gambar 4. Perbedaan warna pada bintil akar yang telah dibelah

Ket. : (a) : bintil berwarna kemerah-merahan (bintil efektif)
(b) : bintil berwarna menghitam (bintil tidak efektif)



Gambar 5. (a) bintil yang ditemukan di media tanam; (b) bintil yang menempel pada akar setelah dibersihkan; (c) bintil setelah dipisahkan dari akar memiliki ukuran yang beragam.

Kandungan N pada tanaman akan mempengaruhi kandungan klorofil pada daun yang akan meningkatkan proses fotosintesis (Sari dan Prayudyaningsih, 2015). Hal ini berhubungan dengan parameter warna daun. Pada data ditunjukkan bahwa biochar membantu peningkatan nilai warna daun. Peningkatan terjadi pada penambahan biochar meranti sebesar 16-22% dibanding dengan media tanam menggunakan tanah saja. Warna daun pada media dengan penambahan biochar berwarna lebih hijau yang berarti jumlah klorofil lebih tinggi. Jumlah klorofil secara langsung mempengaruhi proses dan hasil fotosintesis pada tanaman. Penambahan biochar menunjukkan pengaruhnya pada warna daun berhubungan dengan jumlah bintil akar. Jumlah bintil akar sengon laut yang semakin meningkat akan mempengaruhi perubahan nitrogen alam dan penyerapan hara yang lebih banyak diantaranya unsur N.

Sumber N pada tanah biasanya terbatas sehingga diperlukan perlakuan untuk menambah jumlah N yang dapat diserap. Biochar dengan sifat intrinsiknya dapat mempengaruhi interaksi mikroba dengan tanaman (Quilliametal et al. 2013) salah satunya rhizobium yang membantu pengolahan nitrogen alam menjadi amonia yang dapat dimanfaatkan tanaman. Quilliametal et al. (2013) menyatakan bahwa fiksasi bisa juga menurun pada dosis tertentu. Pengukuran skala warna daun digunakan untuk menentukan kandungan N pada tanaman yang dilakukan secara manual menggunakan bagan warna daun (BWD) atau *leaf color chart* (LCC). Skala ini biasanya digunakan pada tanaman pertanian seperti jagung dan padi untuk membantu mengetahui jumlah pupuk N yang diperlukan.

SIMPULAN DAN SARAN

Aplikasi biochar meningkatkan interaksi antara Rhizobium dengan akar sengon laut yang ditandai dengan meningkatnya jumlah bintil akar dan persentase bintil efektif. Warna daun juga lebih hijau dibandingkan dengan tanaman kontrol. Penambahan biochar meningkatkan jumlah bintil (61-75%), persen bintil efektif (527-2381%) dan warna daun (16-22%) dibandingkan dengan kontrol (tanah saja).

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada *Korean Institute of Energy Research* yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abnisa, F., Arami-Niya, A., Daud, W. W., & Sahu, J. N. 2013. Characterization of bio-oil and bio-char from pyrolysis of palm oil wastes. *BioEnergy Research*, 6 (2), 830-840.
- Achmad, A. 2011. Pembuatan, Pencirian, dan Uji Daya Adsorpsi Arang Aktif dari Kayu Meranti Merah (*Shorea sp.*). Skripsi tidak diterbitkan. Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- Agustin, A. D., Riniarti, M & Duryat, D. 2014. Pemanfaatan Limbah Serbuk Gergaji dan Arang Sekam Padi sebagai Media Sapih untuk Cempaka Kuning (*Michelia champaca*). *Jurnal Sylva Lestari*, 2 (3), 49-58.
- Ahmad, M. A., Yusop, M. F. M., & Tan, S. H. 2020. Activated carbon from meranti wood sawdust waste prepared by microwave heating for dye removal. *Advances in Waste Processing Technology* (pp. 61-87). Springer. Singapore. 221 hlm.
- Alghofar, W. A., Purnamaningsih S. L. & Damanhuri. 2017. Pengaruh suhu air dan lama perendaman terhadap perkecambahan dan pertumbuhan bibit sengon (*Paraserianthes falcataria* L. Nielsen). *Jurnal Produksi Tanaman*, 5 (10).
- Armidi, A. 2009. Penambatan Nitrogen secara Biologis pada Tanaman Leguminosa. *WARTAZOA*, 19 (1), 23-30.
- Asmarahman, C., & Febryano, I. G. 2012. Pemanfaatan Rhizobium untuk Meningkatkan Pertumbuhan Semai Sengon (*Paraserianthes falcataria*) pada Media Tanah Bekas Tambang Semen. *Jurnal Tengawang*, 2 (1), 38-46.
- 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.
- 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.
- Dariah, A., Sutono, S., Nurida, N. L., Hartatik, W. & Pratiwi, E. 2015. Makalah Review : Pembenah tanah untuk meningkatkan produktivitas lahan pertanian. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 9 (2), 67-84.
- Febriani, W., Riniarti, M. & Duryat, D. 2016. Penggunaan Berbagai Media Tanam dan Inokulasi Spora Untuk Meningkatkan Kolonisasi Ektomikoriza dan Pertumbuhan *Shorea javanica*. *Jurnal Sylva Lestari*, 5 (3), 87-94.
- Hardiatmi, J. S. 2010. Investasi Tanaman Kayu Sengon dalam Wanatani Cukup Menjanjikan. *INNOFARM: Jurnal Inovasi Pertanian*, 9 (2), 17-21.
- Heiskanen, J., Tammeorg, P., & Dumroese, R. K. 2013. Growth of Norway spruce seedlings after transplanting into silty soil amended with biochar: A bioassay in a growth chamber. *J. For. Sci*, 59 (3), 125–129.

International Biochar Initiative (IBI). 2015. Standardized Product Definition and Product Testing Guidelines for Biochar That Is Used in Soil V 2.1. International Biochar Initiative. http://www.biochar-international.org/sites/default/files/IBI_Biochar_Standards_V2.1_Final.pdf diakses pada 16 September 2020.

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.

Kresnawaty, I., Putra, S. M., Budiani, A., & Darmono, T. W. 2018. Konversi Tandan Kosong Kelapa Sawit (Tkks) menjadi Arang Hayati dan Asap Cair. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 14 (3), 171-179.

Luo, L., & Lu, D. 2014. Immunosuppression during Rhizobium-legume symbiosis. *Plant signaling & behavior*, 9 (3), e28197 1-3.

Matt, C.P., Keyes, C. R., & Dumroese, R. K. 2018. Biochar Effects On The Nursery Propagation of 4 Northern Rocky Mountain Native Plant Species. *Native Plants Journal*, 19 (1), 14–26.

Nursyamsi, N., & Tikupadang, H. 2014. Pengaruh Komposisi Biopotting Terhadap Pertumbuhan Sengon Laut (*Paraserianthes Falcataria* L. Nietsen) Di Persemaian. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 3 (1), 65-73.

Prasad, M., Chrysargyris, A., McDaniel, N., Kavanagh, A., Gruda, N. S., & Tzortzakis, N. 2020. Plant nutrient availability and ph of biochars and their fractions, with the possible use as a component in a growing media. *Agronomy*, 10(1), 10.

Prayoga, D., Riniarti, M. & Duryat, D. 2018. The application of rhizobium and urea on *Paraserianthes falcataria* seedling growth. *Jurnal Sylva Lestari*, 6 (1), 1-8.

Quilliam, R. S., DeLuca, T. H., & Jones, D. L. 2013. Biochar application reduces nodulation but increases nitrogenase activity in clover. *Plant and soil*, 366 (1-2), 83-92.

Ramadhan, D., Riniarti, M., & Santoso, T. 2018. Pemanfaatan Cocopeat sebagai Media Tumbuh Sengon Laut (*Paraserianthes falcataria*) dan Merbau Darat (*Intsia palembanica*). *Jurnal Sylva Lestari*, 6 (2), 22-31.

Robertson, S. J., Rutherford, P. M., Lopez-Gutierrez, J. C., & Massicotte, H. B. 2012. Biochar enhances seedling growth and alters root symbioses and properties of sub-boreal forest soils. *Canadian Journal Of Soil Science*, 92 (2), 329-340.

Saletnik, B., Zagula, G., Bajcar, M., Tarapatsky, M., Bobula, G., & Puchalski, C. 2019. Biochar as a multifunctional component of the environment—a review. *Applied Sciences*, 9 (6), 1139.

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.

Sari, R. & Prayudyaningsih, R. 2019. The role of indigenous Rhizobia on *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen seedlings in nickel post mining lands. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 308 (1), p. 012039.

Sari, R., & Prayudyaningsih, R. 2020. Isolasi dan Potensi Bakteri Fiksasi Nitrogen Simbiotis dari Bintil Akar *Falcataria moluccana* (Miq.) Barneby & J.W.Grimes untuk Mendukung Reklamasi Lahan Bekas Tambang Nikel. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 9 (2), 111-120.

Sofyan, S. E., Riniarti, M, & Duryat, D. 2014. Pemanfaatan Limbah Teh, Sekam Padi, Dan Arang Sekam Sebagai Media Tumbuh Bibit Trembesi (*Samanea Saman*). *Jurnal Sylva Lestari*, 2 (2), 61-70.

Steiner, C., Das, K. C., Melear, N., & Lakly, D. 2010. Reducing nitrogen loss during poultry litter composting using biochar. *Journal of environmental quality*, 39 (4), 1236-1242.

Sukarman, S., Kainde, R., Rombang, J. & Thomas, A. 2012. Pertumbuhan bibit sengon (*Paraserianthes falcataria*) pada berbagai media tumbuh. *Eugenia*, 18 (3), 215-221.

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.

Widawati, S., Suliasih, S., & Saefudin, S. 2015. Isolasi dan uji efektivitas Plant Growth Promoting Rhizobacteria di lahan marginal pada pertumbuhan tanaman kedelai (*Glycine max* L. Merr.) var. Wilis. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*,1 (1), 59-65.

Xiang, Y., Deng, Q., Duan, H., & Guo, Y. 2017. Effects of biochar application on root traits: a meta-analysis. *GCB bioenergy*, 9 (10), 1563-1572.

Zhang, A., Bian, R., Pan, G., Cui, L., Hussain, Q., Li, L., Zheng, J., Zheng, J., Zhang, X., Han, X. & Yu, X. 2012. Effects of biochar amendment on soil quality, crop yield and greenhouse gas emission in a Chinese rice paddy: a field study of 2 consecutive rice growing cycles. *Field Crops Research*, 127, 153-160.