

BIOCHAR YANG DIPRODUKSI DENGAN TUNGKU DRUM TERTUTUP *RETORT* MEMBERIKAN PERTUMBUHAN TANAMAN YANG LEBIH TINGGI

Syahrinudin^{1*}, Arya Wijaya¹, Tunggul Butarbutar², Wahjuni Hartati¹, Ibrahim¹ dan Maurit Sipayung³

¹Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman, Samarinda,

²GIZ-Forclime, Samarinda, ³Sinarmas Forestry-SRH Sebulu, Samarinda

*E-mail: syahri@ymail.com

ABSTRACT

Interests on biochar application for the improvement of soil properties and fertility are increasing worldwide nowadays and numerous of production techniques are now available. This research was aimed at the investigation (a) on the characteristics biochar produced by 3 (three) different techniques, i.e: (1) traditional soil pit, (2) retort closed drum and (3) open drum kilns, as well as (b) on growth (height, leaf number and survival) response of *Shorea leprosula* seedling to 20%v biochar application on bioassay trial in the nursery. Bioassay trial was carried out in nursery of Forestry Faculty of Mulawarman University, Samarinda, Indonesia and was in accordance with Completely Randomized Design (CRD). Among 3 production techniques, retort closed drum kiln production technique was the most promising for further development and adoption providing not only that the biochar produced gave better properties and soil improvement capacity but also higher production recovery and less time and labour involvement. Furthermore, even though it was not statistically significant, biochar produced by retort closed drum gave better growth (height and leaf number) rate to *S. leprosula* seedlings in bioassay trial compared to those given by biochar produced by other techniques and without biochar treatments.

Keywords: Biochar; production technique; retort closed drum; biochar properties; growth rate; *Shorea leprosula*

ABSTRAK

Penggunaan *biochar* sebagai bahan pembenah tanah berkembang luas akhir-akhir ini dan berbagai teknik pembuatan *biochar* telah tersedia mulai dari yang menggunakan tungku tradisional sampai yang modern. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh teknik pembuatan *biochar* terhadap karakteristik *biochar* yang dihasilkan dan pertumbuhan (pertambahan tinggi, jumlah daun dan persentase hidup) anakan *Shorea leprosula* pada percobaan bioassay di persemaian. Adapun teknik pembuatan *biochar* dalam penelitian ini terdiri dari (1) tungku tanah tradisional, (2) tungku *retort* dengan drum tertutup dan (3) tungku drum terbuka. Penelitian ini dilaksanakan di Persemaian Fakultas Kehutanan, Universitas Mulawarman, Samarinda, Kalimantan Timur mengikuti kaidah Rancangan Acak Lengkap. Berdasarkan ketiga teknik pembuatan *biochar* dalam penelitian ini, teknik pembuatan *biochar* dengan tungku drum tertutup (*retort*) lebih prospektif untuk dikembangkan lebih lanjut karena tidak hanya menghasilkan *biochar* yang memiliki sifat dan daya benah yang lebih tinggi, melainkan juga rendemen lebih tinggi dan penanganan saat pembuatan *biochar* lebih mudah. Selain itu, meskipun tidak didukung oleh hasil uji statistik, media tanam dengan perlakuan 20%v *biochar* yang diproduksi dengan teknik tungku drum tertutup (*retort*) memberikan pertumbuhan (tinggi dan jumlah daun) tanaman yang lebih besar.

Kata kunci: *Biochar*; teknik produksi; *retort* drum tertutup; karakteristik *biochar*; pertumbuhan; *Shorea leprosula*

PENDAHULUAN

Biochar adalah bahan pembenah tanah hasil pirolisis bahan organik yang dapat memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah seperti bahan organik pada umumnya namun mempunyai kelebihan karena resisten terhadap dekomposisi, sehingga pengaruh positif pemberian biochar ke dalam tanah bersifat permanen karena dapat bertahan ratusan bahkan hingga ribuan tahun. Selain itu, aplikasi biochar ke dalam tanah juga meningkatkan sequestrasi/simpanan karbon ekosistem daratan karena bahan organik yang dikonversi menjadi biochar karbonnya akan tetap tersimpan di dalam tanah.

Penggunaan biochar yang berkembang luas akhir-akhir ini dipicu oleh tanah-tanah antropik berwarna gelap yang kaya akan kandungan bahan

organik dan memiliki kesuburan tinggi (dikenal dengan *Terra preta*) yang ditemukan di Amazon (Lehmann *et al.* 2003).

Pada umumnya biochar diproduksi secara termal, pirolisis, yaitu pembakaran rendah atau tanpa oksigen pada kisaran temperatur 350 sampai dengan 800 °C (Antal & Gronli 2003). Biochar mengandung sejumlah besar senyawa aromatik yang kaya akan karbon (70-80%), memiliki afinitas terhadap unsur hara sangat tinggi dan resisten terhadap pelapukan (Lehmann *et al.* 2006). Biochar kian menarik perhatian secara global dewasa ini karena di satu sisi biochar dapat meningkatkan serapan karbon tanah (Lehmann 2007; Lu *et al.* 2014; Luo *et al.* 2014) dan di sisi lain meningkatkan kualitas dan kesuburan tanah (Glaser *et al.* 2002; Steiner *et al.* 2007). Sejumlah studi menunjukkan bahwa aplikasi biochar dapat

meningkatkan kualitas tanah dan pertumbuhan tanaman (Glaser *et al.* 2002; Lehmann 2007). Penambahan biochar ke dalam tanah dapat meningkatkan luas permukaan tanah, retensi air dan nutrisi tanaman (Liang *et al.* 2006; Chan *et al.* 2007) dan juga meningkatkan aktivitas dan biomassa mikrobiologi tanah (Thies & Rillig 2009; Lehmann *et al.* 2011). Sedangkan efek negatif penambahan biochar ke dalam tanah menyangkut peningkatan pH pada tanah-tanah alkalin (Novak *et al.* 2009) dan kemungkinan terjadinya immobilisasi N oleh mikroorganisme tanah (Lehmann *et al.* 2003).

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).

Selain meningkatkan serapan karbon dan kesuburan tanah (Ogawa *et al.* 2006; Chan *et al.* 2007), biochar yang digunakan sebagai pembenah tanah dapat menyerap herbisida (Jones *et al.* 2011) dan insektisida yang diberikan secara berlebihan atau bahkan senyawa-senyawa toksik alami yang dihasilkan dari dekomposisi bahan organik (Yelverton *et al.* 1996). Aplikasi biochar dalam dosis tinggi dapat meningkatkan retensi air dan hara tanaman secara langsung melalui peningkatan luas permukaan tanah (Lehmann 2007) dan secara tidak langsung melalui peningkatan bahan organik tanah oleh peningkatan pertumbuhan tanaman (Blanco-Canqui & Lal 2004).

Respon pertumbuhan dan produksi tanaman bervariasi tergantung pada karakteristik kimia dan fisika dari biochar yang aplikasikan dan karakteristik tanah yang mendapat perlakuan biochar yang bersangkutan. Pada umumnya respon positif kualitas tanah dan produksi tanaman diperoleh dari pengaplikasian biochar pada tanah-tanah yang berkembang lanjut dan miskin kandungan unsur hara seperti halnya Ultisols dan Oxisols (Glaser *et al.* 2002). Peningkatan produksi tanaman pada aplikasi biochar merupakan akibat langsung dari aplikasi biochar yang berupa peningkatan kandungan unsur hara media tanam dan akibat tidak langsung yang berupa perbaikan sifat tanah yang diberikan oleh biochar sebagai bahan pembenah tanah (Glaser *et al.* 2002; Peng *et al.* 2011). Meskipun aplikasi biochar dapat meningkatkan suplai unsur hara tanaman yang merupakan pengaruh langsung

dari pengaplikasian biochar, pengaruh tidak langsungnya terhadap kesuburan tanah dipandang lebih penting berdasarkan besaran dan lamanya waktu dari pengaruh aplikasi biochar tersebut. Biochar yang umumnya memiliki pH alkalin memungkinkan memberikan efek pengapuran (Oguntunde *et al.* 2008) dan luas permukaan biochar yang sangat tinggi dapat meningkatkan KTK tanah (Oguntunde *et al.* 2004; Liang *et al.* 2006). Selain itu, morfologi biochar yang memiliki banyak pori memungkinkan peningkatan kemampuan tanah dalam menahan air, menurunkan kerapatan lindak tanah, memodifikasi penyebaran pori, serta peningkatan ketersediaan unsur hara tanaman melalui pengaruhnya terhadap modifikasi kekerasan media tanam dan penurunan laju pencucian (Chan *et al.* 2007; Oguntunde *et al.* 2008; Asai *et al.* 2009).

Aplikasi biochar memicu peningkatan biomassa, aktivitas dan komposisi mikroorganisme tanah yang berasosiasi dengan peningkatan kualitas tanah dan produksi tanaman (Lehmann *et al.* 2011; Rex *et al.* 2015). Hal ini disinyalir berkaitan dengan perubahan nilai pH tanah, agregasi nutrisi tanaman pada C-biochar di dalam tanah (Castaldi *et al.* 2011), immobilisasi substansi toksin seperti halnya logam-logam berat serta peningkatan sumber C oleh aplikasi biochar (Rees *et al.* 2015; Rizwan *et al.* 2016). Selain itu didapati bahwa biochar memberikan kondisi lingkungan yang mendukung perkembangan mikoriza lebih baik (Sun *et al.* 2015; Micken *et al.* 2016).

Berbagai teknik pembuatan *biochar* telah tersedia mulai dari yang menggunakan tungku tradisional sampai yang modern. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh teknik pembuatan *biochar* terhadap karakteristik biochar yang dihasilkan dan pertumbuhan anakan *Shorea leprosula* pada percobaan bioassay di persemaian. Adapun teknik pembuatan biochar dalam penelitian ini terdiri dari (1) tradisional dengan tungku tanah, (2) *retort* dengan drum tertutup dan (3) drum terbuka.

METODE

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Persemaian Fakultas Kehutanan, Universitas Mulawarman, Samarinda, Kalimantan Timur. Penelitian ini dilaksanakan selama 8 bulan meliputi persiapan dan pembuatan *biochar* selama 2 bulan dan uji tanaman di persemaian selama 6 bulan.

B. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Anakan tanaman meranti tembaga (*S. leprosula*) sebagai objek pengamatan,
2. Kayu bakar, untuk bahan baku pembuatan *biochar*,
3. Tanah, untuk bahan campuran media tanam,
4. Kantong plastik (*polybag*), untuk tempat media tanam.

Sedangkan alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Drum tertutup (*retort*, Gambar 1a), untuk memproduksi *biochar* secara tertutup tanpa udara,
2. Drum terbuka (Gambar 1b), untuk memproduksi *biochar* secara terbuka,
3. Tungku pembakaran (Gambar 1c), untuk memproduksi *biochar* secara konvensional,

4. Perangkat penghancur arang, untuk menghancurkan arang hingga melewati saringan 5 mm,
5. Ayakan tanah ukuran 5 mm, untuk menyaring arang yang telah dihancurkan,
6. Skop/cangkul, untuk membantu proses pengangkutan arang,
7. Ember plastik, untuk pencampuran tanah dan arang dengan perbandingan yang telah ditentukan,
8. Kamera, untuk dokumentasi proses-proses penting dalam penelitian,
9. Mistar (penggaris), untuk mengukur tinggi tanaman uji,
10. Buku dan alat tulis, untuk mencatat data dalam proses penelitian,
11. Komputer, untuk pengolahan data.



Gambar 1. Metoda pembuatan *biochar*; A = teknik drum tertutup (*retort*), B = teknik drum terbuka, dan C = teknik tradisional.

C. Rancangan Penelitian dan Pengolahan Data

Uji tanaman dalam penelitian ini mengikuti kaidah Rancangan Acak Lengkap dengan 4 perlakuan yang diulang sebanyak 3 kali, dimana masing-masing ulangan terdiri dari 20 anakan. Parameter yang diamati berupa persentase hidup anakan, tinggi anakan dan jumlah daun. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap parameter yang diamati, dilakukan uji sidik ragam dengan bantuan perangkat lunak SPSS. Untuk karakteristik *biochar* yang dihasilkan oleh masing-masing teknik pembuatannya, data disajikan dan dianalisis secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Biochar

Rendemen (hasil produksi) dan karakteristik *biochar* banyak dipengaruhi oleh kondisi pembuatan *biochar* (pyrolysis) terutama menyangkut temperatur dan lama pemanasan (Uzun *et al.* 2006; Tsai *et al.* 2007) selain karakteristik kimia, fisik dan biologi bahan baku (Lehmann 2007; Chan and Xu 2009; Basta *et al.* 2011).

Rendemen produksi *biochar* dengan metode drum tertutup atau *retort* dalam penelitian ini berkisar antara 30-35%, nilai ini jauh lebih tinggi bila dibandingkan dengan metode drum terbuka

dan konvensional. Selain itu, metode ini menghasilkan arang sempurna, tanpa abu dan sangat mudah untuk dihancurkan. Beberapa sifat

penting biochar yang diproduksi dengan metoda ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Beberapa sifat penting biochar yang diproduksi dengan tungku drum tertutup (*retort*)

Parameter	Satuan	Biochar	
		Tongkol Jagung	Eucalyptus
Kerapatan lindak	g cm ⁻³	0,33	0,46
Kerapatan Jenis	g cm ⁻³	1,62	1,63
Porositas	m ³ m ⁻³	0,79	0,72
Bahan mudah menguap	%	29,3	26,3
Total karbon	%	68,8	56,2
Total nitrogen	%	0,9	0,5
Total P	ppm	1780,4	1659,1
pH H ₂ O	-	9,3	8,1

Sumber: Kanouo *et al.* (2017)

Berbeda dengan dua metode lainnya, metode ini dapat menggunakan berbagai bahan baku tidak hanya berupa limbah kayu tetapi juga limbah kulit, daun bahkan limbah ternak tetapi akan diperlukan lebih banyak bahan untuk pemicu hingga terjadinya gas yang dapat dimanfaatkan untuk pembakaran secara *retort* (Adam 2009; Sparrevik *et al.* 2014). Pada prinsipnya dalam metode ini, gas-gas hasil pyrolysis disirkulasikan kebagian ruang pembakaran dan digunakan untuk pembakaran bahan baku itu sendiri (Bailis 2009) yang berarti mengurangi bahan bakar external yang diperlukan untuk produksi biochar (Adam 2009; Sparrevik *et al.* 2014) dan juga mengurangi besaran emisi yang dilepaskan ke udara terutama CO, CH₄ dan aerosols.

Metode produksi drum terbuka memiliki beberapa persoalan, seperti besarnya emisi yang dilepas dan rendahnya rendemen arang hayati yang dihasilkan. Pada waktu pembakaran berlangsung perlu adanya pengawasan, karena api dapat menyala dan menyebabkan seluruh bahan baku menjadi abu sebagai akibat dari kurang terbatasnya udara yang masih dapat masuk ke dalam tungku pembuatan biochar dengan metode ini. Selain itu metoda ini dapat menghasilkan biochar yang kurang matang akibat pemadaman nyala api yang terlalu dini atau pemuatan bahan baku yang berlebihan. Oleh karena itu diperlukan adanya pengontrolan yang seksama dalam proses pembuatan biochar dengan metode ini. Namun demikian pengembangan metode ini dengan adaptasi terhadap metode Flame Curtain Kiln (Cornelissen *et al.* 2016; Smebye *et al.* 2017) dipandang menjanjikan.

Kelebihan menggunakan metode konvensional adalah kapasitas produksi yang tinggi dan dapat disesuaikan dengan keperluan serta tidak memerlukan bahan lain untuk memicu

pembakaran. Metode ini juga lebih murah daripada metode yang lain karena tidak menggunakan alat produksi. Kekurangan dari metode ini adalah proses produksi yang memerlukan waktu lebih lama. Satu kali produksi rata-rata memerlukan waktu 5 sampai 7 hari serta rendemen relatif rendah yakni berkisar antara 10-20% (Pennise *et al.* 2001; Sparrevik *et al.* 2014). Emisi dan pollutan yang dilepaskan juga cukup banyak (Pennise *et al.* 2001), terlihat dari asap yang keluar dari ventilasi udara selama proses produksi berlangsung.

B. Persentase Hidup Tanaman

Pengaruh penting *biochar* terhadap kemampuan bertahan hidup (*survival*) tanaman terutama melalui kemampuannya dalam meningkatkan daya tahan tanaman terhadap salinitas (Akhtar *et al.* 2015; Kim *et al.* 2016; Farhangi-Abriz dan Torabian 2017), daya tahan terhadap penyakit (Mehari *et al.* 2015; Huang *et al.* 2015), daya tahan terhadap kekeringan (Kammann *et al.* 2011; Haider *et al.* 2014; Ali *et al.* 2017; Egamberdieva *et al.* 2017) dan daya tahan terhadap logam berat dan senyawa beracun (Zheng *et al.* 2012; Gartler *et al.* 2013; Rees *et al.* 2015; Rizwan *et al.* 2015;).

Persentase hidup anakan meranti tembaga (*S. leprosula*) dihitung dari keseluruhan jumlah anakan yang hidup dibandingkan dengan jumlah anakan saat ditanam pada awal penelitian. Tabel 2 menampilkan persentase hidup pada akhir penelitian.

Tabel 2. Persentase hidup anakan *S. leprosula* pada umur enam bulan setelah tanam

Perlakuan	Anakan Hidup	Persentase Hidup (%)
M0	59	98
M1	60	100
M2	59	98
M3	60	100

Keterangan: M0 = media tanam tanah 100%, M1 = media tanam tanah 80% dan arang hasil produksi drum tertutup 20%, M2 = media tanam tanah 80% dan arang hasil produksi drum terbuka 20%, M3 = media tanam tanah 80% dan arang hasil produksi konvensional 20%.

Perlakuan 20% biochar pada media tanam tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap persentase hidup tanaman hingga akhir penelitian. Semua perlakuan, termasuk kontrol (tanpa biochar), memberikan persentase hidup yang sangat tinggi yaitu berkisar antara 98% hingga 100%. Hal ini mengindikasikan rendahnya faktor pembatas daya tahan hidup (*survival*) tanaman pada media kontrol yang digunakan dalam penelitian ini. Tanah yang digunakan sebagai media tanam kontrol dan media campuran perlakuan biochar dalam penelitian ini berupa *top soil* di bawah tegakan hutan sekunder muda di Hutan Pendidikan Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman (HPFU). Lapisan tanah atas atau *top soil* merupakan tanah yang memiliki tingkat kesuburan jauh lebih baik dari pada tanah lapisan di bawahnya. Pada lapisan ini terjadi pencampuran bahan organik dan bahan mineral tanah sehingga biasanya berwarna lebih gelap dari pada lapisan tanah di bawahnya. Selain itu, aktivitas biologi tanah pada lapisan ini juga tinggi karena bersinggungan langsung dengan lapisan bahan organik atau serasah yang berada di atasnya yang berfungsi sebagai sumber makanan dan energi bagi organisme di dalam tanah. Akibatnya lapisan ini memiliki KTK, kation basa, ketersediaan nutrisi dan reaksi tanah yang relatif lebih tinggi bila dibandingkan dengan lapisan di bawahnya (Syahrudin 1997; 2005; Ruhayat 1989). Tingginya persentase hidup tanaman dipterokarpa muda pada media tanam berupa tanah atas dan campuran tanah atas dengan *biochar* juga dilaporkan oleh Marjenah *et al.* (2016).

Media yang baik sanggup memberikan sumberdaya yang diperlukan tanaman untuk pertumbuhan seperti ketersediaan unsur hara, air, udara dan sekaligus berfungsi sebagai tempat penjangkaran akar untuk menopang pertumbuhan batang dan tajuk tanaman. Selain media yang baik, hal lain yang menyebabkan tingginya persentase hidup meranti tembaga (*S. leprosula*) adalah faktor lingkungan di atas permukaan tanah seperti halnya cahaya, temperatur dan

kelembaban udara serta lamanya penyinaran juga turut menentukan.

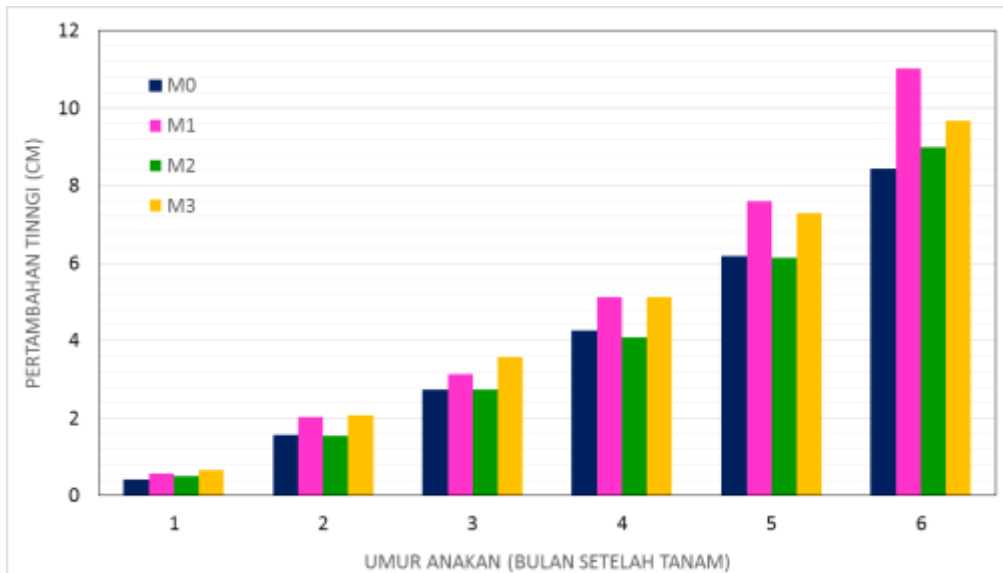
C. Pertambahan Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman merupakan indikator pertumbuhan tanaman yang paling mudah diukur terutama pada tanaman muda. Pada penelitian ini, pertambahan tinggi tanaman digunakan untuk mengevaluasi pengaruh perlakuan pada media tanam terhadap produktivitas tanah dan tanaman. Pertambahan tinggi tanaman selama penelitian berlangsung ditampilkan pada Gambar 2.

Rataan pertumbuhan tinggi tanaman meningkat sejalan dengan umur tanaman hingga akhir pengamatan (6 bulan setelah penanaman). Perbedaan antara tinggi tanaman yang mendapat perlakuan biochar dengan tinggi tanaman pada media kontrol (media tanpa biochar) juga meningkat seiring dengan bertambahnya umur tanaman. Pada akhir masa pengamatan, enam bulan setelah tanam, rata-rata tinggi tanaman pada semua media yang mendapat perlakuan biochar lebih tinggi dari pada tanaman pada media tanam tanpa biochar. Biochar memodifikasi kondisi lingkungan media tanam melalui perbaikan aerasi, ketersediaan air (Abel *et al.* 2013; Herath *et al.* 2013; Pratiwi *et al.* 2016), reaksi tanah, aktivitas mikroorganisme di dalam tanah dan ketersediaan nutrisi tanaman (Major *et al.* 2010; Dharmakeerthi *et al.* 2012) sehingga memungkinkan perakaran tanaman untuk memanfaatkan sumberdaya lingkungan secara optimal yang pada gilirannya akan meningkatkan pertumbuhan tanaman.

Pada usia enam bulan setelah penanaman, pertambahan tinggi tanaman terbaik diberikan oleh perlakuan M1 (media tanam tanah 80% v dan arang hasil produksi drum tertutup 20% v) dengan rata-rata pertambahan tinggi anakan *S. leprosula* sebesar 11,03 cm, sedangkan rata-rata pertambahan tinggi terendah diberikan oleh perlakuan M0 (media tanam tanah 100%) dengan rata-rata pertambahan tinggi sebesar 8,43 cm. Rataan pertambahan tinggi anakan pada perlakuan M3 (media tanam tanah 80% v dan arang hasil produksi konvensional 20% v) dan M2 (media tanam tanah 80% v dan arang hasil produksi drum

tertutup 20%v) masing-masing sebesar 9,68 cm dan 8,98 cm.



Gambar 2. Pertambahan tinggi anakan meranti tembaga (*S. leprosula*) selama penelitian berlangsung; M0 = media tanam tanah 100%, M1 = media tanam tanah 80% dan arang hasil produksi drum tertutup 20%, M2 = media tanam tanah 80% dan arang hasil produksi drum terbuka 20%, M3 = media tanam tanah 80% dan arang hasil produksi konvensional 20%.

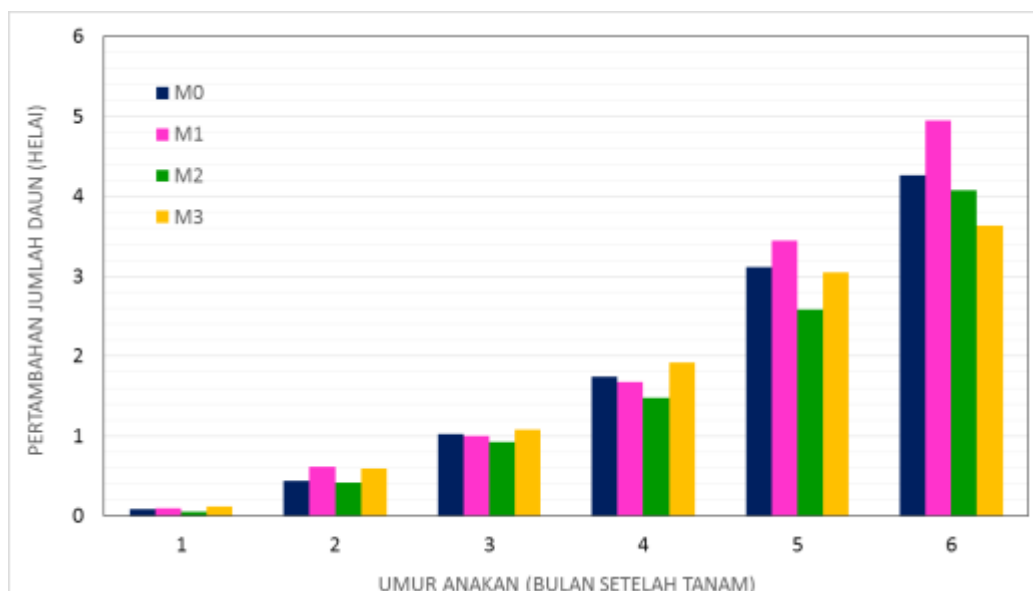
Pertambahan tinggi anakan meranti tembaga (*S. leprosula*) memberikan respon terbaik terhadap perlakuan M1 (media tanam tanah 80%v dan arang hasil produksi drum tertutup 20%v) mengindikasikan bahwa biochar yang diproduksi dengan teknik drum tertutup (*retort*) memiliki sifat-sifat pembenah tanah yang lebih baik dibandingkan dengan biochar yang diproduksi dengan 2 teknik lainnya. Produksi biochar dengan menggunakan metode drum tertutup (*retort*) menghasilkan biochar yang masak seluruhnya, porositas dan kemampuan menahan air tinggi, KTK dan daya pengapuran relatif tinggi serta kandungan bahan mudah menguap rendah (Kanouo et al. 2017), sedangkan produksi biochar dengan metode drum terbuka dan konvensional menghasilkan biochar yang tidak masak seluruhnya, sehingga daya benahnya relatif kurang efektif terutama berkaitan dengan kandungan bahan mudah menguap (*volatile matter*) yang diduga relatif tinggi (Sun et al. 2015).

Meskipun terdapat perbedaan pertumbuhan tinggi akibat dari perlakuan pemberian biochar dalam penelitian ini, tetapi secara statistik tidak memberikan pengaruh yang nyata, oleh karenanya tidak dilakukan uji beda nilai tengah atau rataan.

D. Jumlah Daun

Hasil pengamatan terhadap jumlah daun tanaman selama penelitian berlangsung disajikan

pada Gambar 3. Penerapan perlakuan biochar memberikan peningkatan biomassa tanaman, pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah daun tanaman dibanding dengan tanaman yang tidak mendapat perlakuan biochar (Carter et al. 2013; Cornelissen et al. 2013; William and Qureshi 2015; Liu et al. 2016). Namun demikian hingga akhir penelitian berlangsung meskipun semua perlakuan biochar memberikan pertumbuhan tinggi tanaman yang lebih besar, hanya biochar yang diproduksi dengan drum tertutup (*retort*) (perlakuan M1) yang memberikan jumlah daun lebih besar dibandingkan dengan kontrol (media tanam tanpa perlakuan biochar) dalam penelitian ini. Seperti halnya terhadap pertambahan tinggi tanaman, perlakuan biochar dalam penelitian ini secara statistik tidak memberikan pengaruh yang nyata, oleh karenanya tidak dilakukan uji beda nilai tengah atau rataan perlakuan.



Gambar 3. Pertambahan jumlah daun anakan meranti tembaga (*S. leprosula*) selama penelitian berlangsung; M0 = media tanam tanah 100%, M1 = media tanam tanah 80% dan arang hasil produksi drum tertutup 20%, M2 = media tanam tanah 80% dan arang hasil produksi drum terbuka 20%, M3 = media tanam tanah 80% dan arang hasil produksi konvensional 20%.

Fenomena yang menarik dalam penelitian ini bahwa perlakuan pemberian 20%v *biochar* yang diproduksi dengan metode drum terbuka (M2) dan konvensional (M3) meski memberikan pertumbuhan tinggi yang lebih besar dari pada pertumbuhan tinggi tanaman pada media tanam tanpa *biochar*, pertambahan jumlah daunnya justru lebih kecil. Apakah hal ini berkenaan dengan efisiensi penggunaan energi dalam proses fotosintesa ataukah efisiensi dalam hal penggunaan dan alokasi hasil fotosintesa masih belum bisa terjawabkan dengan data yang ada.

KESIMPULAN

Diantara ketiga teknik pembuatan *biochar* dalam penelitian ini, teknik pembuatan *biochar* dengan drum tertutup (*retort*) lebih prospektif untuk dikembangkan lebih lanjut karena tidak hanya menghasilkan *biochar* yang memiliki sifat dan daya benih yang lebih tinggi, melainkan juga rendemen lebih tinggi dan penanganan saat pembuatan *biochar* lebih mudah. Selain itu, meskipun tidak didukung oleh hasil uji statistik, media tanam dengan perlakuan 20%v *biochar* yang diproduksi dengan teknik drum tertutup (*retort*) memberikan pertumbuhan (tinggi dan jumlah daun) tanaman yang lebih besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari *Biochar Program* yang didanai oleh GIZ-Forclime bekerjasama dengan Sinarmas Forestry-SRH Sebulu Kalimantan Timur.

KONFLIK KEPENTINGAN

Semua penulis menyatakan tidak terdapat konflik kepentingan berkenaan dengan penelitian dan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abel S, Peters A, Trinks S, Schonsky H, Facklam M, Wessolek G. 2013. Impact of biochar and hydrochar addition on water retention and water repellency of sandy soil. *Geoderma* 202:183–191.
- Adam JC. 2009. Improved and more environmentally friendly charcoal production system using a low-cost retort-kiln (Eco-charcoal). *Renewable Energy* 34(8):1923–1925.
- Akhtar SS, Andersen MN, Liu F. 2015. Biochar mitigates salinity stress in potato. *J Agron Crop Sci* 201:368–378.
- Ali S, Rizwan M, Qayyum MF, Ok YS, Ibrahim M, *et al.* 2017. Biochar soil amendment on alleviation of drought and salt stress in plants: a critical review. *Environ Sci Pollut Res* 24:12700–12712. doi: 10.1007/s11356-017-8904-x
- Antal MJ & Gronli M. 2003. The art, science, and technology of charcoal production. *Ind. Eng. Chem. Res.* 42:1619–1640. doi:10.1021/ie0207919
- Asai H, Samson BK, Stephan HM, Songyikhangsuthor K, Homma K, Kiyono Y, Inoue Y, Shiraiwa T & Horie T. 2009. Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos. *Field Crops Res.*, 111(1-2), 81–84.

- Bailis R. 2009. Modeling climate change mitigation from alternative methods of charcoal production in Kenya. *Biomass Bioenergy* 33(11):1491–1502.
- Basta AH, Fierro V, El-Saied H, Celzard A. 2011. Effect of deashing rice straws on their derived activated carbons produced by phosphoric acid activation. *Biomass Bioenergy* 35:1954–1959. doi:10.1016/j.biombioe.2011.01.043.
- Blanco-Canqui H, Lal R. 2004. Mechanisms of carbon sequestration in soil aggregates. *Crit Rev Plant Sci* 23:481–504
- Carter S, Shackley S, Sohi S, Suy TB & Haefele S. 2013. The impact of biochar application on soil properties and plant growth of pot grown lettuce (*Lactuca sativa*) and cabbage (*Brassica chinensis*). *Agronomy* 2013, 3(2), 404-418; doi:10.3390/agronomy3020404.
- Castaldi, S., M. Riondino, S. Baronti, F.r. Esposito, R. Marzaioli, F.a. Rutigliano, F.p. Vaccari & F. Miglietta. Impact of biochar application to a mediterranean wheat crop on soil microbial activity and greenhouse gas fluxes. *Chemosphere* 85 (2011): 1464-471.
- Chan KY, Van Zwieten L, Meszaros I, Downie A, Joseph S. 2007. Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment. *Aust J Soil Res* 45:629–634
- Chan KY & Xu ZH. 2009. Nutrient properties and their enhancement. In: Lehmann J, Joseph S (eds) *Biochar for environmental management: science and technology*. Earthscan, London, pp 67–84.
- Cornelissen G, Martinsen V, Shitumbanuma V, Alling V, Breedveld GD, Rutherford DW, et al. 2013. Biochar effect on maize yield and soil characteristics in five conservation farming sites in Zambia. *Agronomy* 3: 256-274. doi:10.3390/agronomy3020256.
- Cornelissen G, Pandit NR, Taylor P, Pandit BH, Sparrevik M, Schmidt HP. 2016. Emissions and Char Quality of Flame-Curtain "Kon Tiki" Kilns for Farmer-Scale Charcoal/Biochar Production. *PLoS ONE* 11(5): e0154617. doi:10.1371/journal.pone.0154617.
- Dharmakeerthi RS, Chandrasiri JAS & Edirimanne VU. 2012. Effect of rubber wood biochar on nutrition and growth of nursery plants of *Hevea brasiliensis* established in an Ultisol. *Springer Plus*, 1:84.
- Egamberdieva D, Reckling M, Wirth S. 2017. Biochar-based Bradyrhizobium inoculum improves growth of lupin (*Lupinus angustifolius* L.) under drought stress. *Eur J Soil Biol* 78:38–42.
- Farhangi-Abriz S and Torabian S. 2017. Biochar Increased Plant Growth-Promoting Hormones and Helped to Alleviate Salt Stress in Common Bean Seedlings. *J Plant Growth Regul.* doi: 10.1007/s00344-017-9756-9.
- Gartler J, Robinson B, Burton K, Clucas L. 2013. Carbonaceous soil amendments to biofortify crop plants with zinc. *Sci Total Environ* 465:308–313. doi:10.1016/j.scitotenv.2012.10.027.
- Gaskin JW, Steiner C, Harris K, Das KC, Bibens B. 2008. Effect of low-temperature pyrolysis conditions on biochar for agricultural use. *T Asabe* 51:2061–2069
- Glaser B, Lehmann J, & Zech W. 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal: A review. *Biol. Fertil. Soils* 35:219–230. doi:10.1007/s00374-002-0466-4
- Haider G, Koyro H-W, Azam F, Steffens D, Müller C, Kammann C. 2014. Biochar but not humic acid product amendment affected maize yields via improving plant-soil moisture relations. *Plant Soil* 395:141–157. doi: 10.1007/s11104-014-2294-3.
- Herath H, Camps-Arbestain M, Hedley M. 2013. Effect of biochar on soil physical properties in two contrasting soils: an Alfisol and an Andisol. *Geoderma* 209–210:188–197.
- Huang W, Ji H, Gheysen G, Debode J & Kyndt T. 2015. Biochar-amended potting medium reduces the susceptibility of rice to root-knot nematode infections. *BMC Plant Biology* 15:267-281. doi: 10.1186/s12870-015-0654-7.
- Jones DL, Edwards-Jones G, Murphy DV. 2011. Biochar mediated alterations in herbicide breakdown and leaching in soil. *Soil Biol Biochem* 43:804–813
- Kammann CI, Linsel S, Gößling JW & Koyro H-W. 2011. Influence of biochar on drought tolerance of *Chenopodium quinoa* Willd and on soil-plant relations. *Plant Soil* 345:195–210. doi: 10.1007/s11104-011-0771-5.
- Kanouo BMD, Allaire SE & Munson AD. 2017. Quality of Biochars Made from Eucalyptus Tree Bark and Corn cob Using a Pilot-Scale Retort Kiln. *Waste Biomass Valor.* doi: 10.1007/s12649-017-9884-2.
- Kim HS, Kim KR, Yang JE, Ok YS, Owens G, Nehls T, Wessolek G, Kim KH. 2016. Effect of biochar on reclaimed tidal land soil properties and maize (*Zea mays* L.) response. *Chemosphere* 142:153–159.
- Lehmann J, da Silva JP, Steiner JrC, Nehls T, Zech W, & Glaser B. 2003. Nutrient availability and leaching in an archaeological anthrosol and a ferralsol of the central Amazon basin: Fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant Soil* 249:343–357. doi:10.1023/A:1022833116184

- Lehmann J, Gaunt J, & Rondon M. 2006. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems: A review. *Mitig. Adapt. Strategies Glob. Change* 11:395–419. doi:10.1007/s11027-005-9006-5
- Lehmann J, Rillig MC, Thies J, Masiello CA, Hockaday WC, & Crowley D. 2011. Biochar effects on soil biota: A review. *Soil Biol. Biochem.* 43:1812–1836. doi:10.1016/j.soilbio.2011.04.022
- Lehmann J. 2007. A handful of Carbon. *Nature* 477:143–144. doi:10.1038/447143a.
- Liang B, Lehmann J, Solomon D, Kinyangi J, Grossman J, O’Neill B, Skjemstad JO, Thies J, Luizão FJ, Petersen J & Neves EG. 2006. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 70, 1719-1730, doi:10.2136/sssaj2005.0383
- Liu A, Tian D, Xiang Y, Mo H. 2016. Biochar improved growth of an important medicinal plant (*Salvia miltiorrhiza* Bunge) and inhibited its cadmium uptake. *J Plant Biol Soil Health* 3(2): 1-6.
- Lu WW, Ding WX, Zhang JH, Li Y, Luo JF, Bolan N & Xie ZB. 2014. Biochar suppressed the decomposition of organic carbon in a cultivated sandy loam soil: A negative priming effect. *Soil Biol. Biochem.*, 76, 12-21, doi:10.1016/j.soilbio.2014.04.029
- Luo F, Song J, Xia WX, Dong MG, Chen MF & Soudek P. 2014. Characterization of contaminants and evaluation of the suitability for land application of maize and sludge biochars. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.*, 21, 8707-8717, doi:10.1007/s11356-014-2797-8
- Major J, Rondon M, Molina D, Riha SJ, Lehmann J. 2010. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol. *Plant Soil* 333:117–128.
- Marjenah, Kiswanto, Purwanti S, Sofyan FPM. 2016. The effect of biochar, cocopeat and saw dust compost on the growth of two dipterocarps seedlings. *Nusantara Bioscience* 8(1): 39-44.
- Mehari ZH, Elad Y, Rav-David D, Graber ER & Harel YM. 2015. Induced systemic resistance in tomato (*Solanum lycopersicum*) against *Botrytis cinerea* by biochar amendment involves jasmonic acid signalling. *Plant Soil* 395:31–44. doi: 10.1007/s11104-015-2445-1.
- Mickan BS, Abbott LK, Stefanova K & Solaiman ZM. 2016. Interactions between biochar and mycorrhizal fungi in a water-stressed agricultural soil. *Mycorrhiza* 26:565–574. doi: 10.1007/s00572-016-0693-4.
- Novak JM, Busscher WJ, Laird DL, Ahmedna M, Watts DW & Niandou MA. 2009. Impact of biochar amendment on fertility of a southeastern coastal plain soil. *Soil Sci.* 174:105–112. doi:10.1097/SS.0b013e3181981d9a
- Ogawa M, Okimori Y, Takahashi F. 2006. Carbon sequestration by carbonisation of biomass and forestation: three case studies. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 11:429–444
- Oguntunde PG, Abiodun BJ, Ajayi AE, & van de Giesen N. 2008. Effects of charcoal production on soil physical properties in Ghana. *J. Plant Nutrition Soil Sci.*, 171, 591- 596, doi:10.1002/jpln.200625185
- Oguntunde PG, Fosu M, Ajayi AE & van de Giesen N. 2004. Effects of charcoal production on maize yield, chemical properties and texture of soil. *Biol. Fert. Soils*, 39, 295-299, doi:10.1007/s00374-003-0707-1
- Pennise DM, Smith KR, Kithinji JP, Rezende ME, Raad TJ, Zhang J, *et al.* 2001. Emissions of greenhouse gases and other airborne pollutants from charcoal making in Kenya and Brazil. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres.* 106(D20): 24143–24155.
- Pratiwi EPA & Shinogi Y. 2016. Rice husk biochar application to paddy soil and its effects on soil physical properties, plant growth, and methane emission. *Paddy Water Environ* (2016) 14:521–532. doi: 10.1007/s10333-015-0521-z.
- Rees F, Germain C, Sterckeman T, Morel J-L. 2015. Plant growth and metal uptake by a non-hyperaccumulating species (*Lolium perenne*) and a Cd-Zn hyperaccumulator (*Nocca caerulea*) in contaminated soils amended with biochar.
- Rizwan M, Ali S, Qayyum MF, Ibrahim M, Zia-ur-Rehman M, *et al.* 2015. Mechanisms of biochar-mediated alleviation of toxicity of trace elements in plants: a critical review. *Environ Sci Pollut Res* (2016) 23:2230–2248. doi: 10.1007/s11356-015-5697-7.
- Ruhyat D. 1989. Die Entwicklung der Standurlichen Naehrstoffvorraete bei Naturnaehere Walderwirtschaftung und in Plantagenbetrieb, Ostkalimanatan-Indonesien. *Diss. Forst. Univ. Goettingen.*
- Smebye AB, Sparrevik M, Schmidt HP, Cornelissen G. 2017. Life-cycle assessment of biochar production systems in tropical rural areas: Comparing flame curtain kilns to other production methods. *Biomass and Bioenergy* 101: 35-43. doi: 10.1016/j.biombioe.2017.04.001.
- Sparrevik M, Adam C, Martinsen V, Cornelissen G. 2014. Emissions of gases and particles from charcoal/biochar production in rural areas using medium-sized traditional and improved “retort” kilns. *Biomass Bioenergy* 72(1): 65-73.

- Steiner C, Teixeira WG, Lehmann J, Nehls T, Macêdo JLV, Blum WEH and 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, doi:10.1007/s11104-007-9193-9
- Sun D, Meng J, Liang H, Yang E, Huang Y, *et al.* 2015. Effect of volatile organic compounds absorbed to fresh biochar on survival of *Bacillus mucilaginosus* and structure of soil microbial communities. *J Soils Sediments*) 15:271–281. doi: 10.1007/s11368-014-0996-z.
- Syahrinudin. 1997. The role of undergrowth on timber estate of *Eucalyptus deglupta* in East Kalimantan. M.Sc. thesis submitted to Forestry and Ecology Faculty, Goettingen University. Goettingen.
- Syahrinudin. 2005. The potential of oil palm and forest plantations for carbon sequestration on degraded lands in Indonesia. Ecology and Development Series 28. Cuvillier Verlag. Goettingen. Pp 107.
- Thies J, & Rillig MC. 2009. Characteristics of biochar: Biological properties. In: J. Lehmann and S. Joseph, editors, *Biochar for environmental management: Science and technology*. Earthscan, London. p. 85–105.
- Tsai WT, Lee MK, Chang YM. 2007. Fast pyrolysis of rice husk: product yields and composition. *Bioresour Technol* 98(1):22–28. doi:10.1016/j.biortech.2005.12.005.
- Uzun BB, Putun AE, Putun E. 2006. Fast pyrolysis of soybean cake: product yields and composition. *Bioresour Technol* 97(4):569–576. doi:10.1016/j.biortech.2005.03.026.
- William K & Qureshi RA. 2015. Evaluation of biochar as fertilizer for the growth of some seasonal vegetables. *J. Bioresource Manage.* 2(1): 41-46.
- Yelverton FH, Weber JB, Peedin G, Smith WD. 1996. Using activated charcoal to inactive agricultural chemical spills. *NC Coop Ext Ser Pub AG-442:1–4*
- Zheng RL, Cai C, Liang JH, Huang Q, Chen Z, Huang YZ, Sun GX. 2012. The effects of biochars from rice residue on the formation of iron plaque and the accumulation of Cd, Zn, Pb, As in rice (*Oryza sativa* L.) seedlings. *Chemosphere* 89:856–862. doi:10.1016/j.chemosphere.2012.05.008.