

Kontroversi Aplikasi dan Standar Mutu Biochar

Controversy on Biochar Application and Quality Standard

Didiek Hadjar Goenadi¹ dan Laksmi Prima Santi²

1. Pusat Penelitian Bioteknologi dan Bioindustri Indonesia, Jl. Taman Kencana No. 1 Bogor 16128. Email: admin@iribb.org
2. Chapter Member of the International Biochar Initiative & Asosiasi Biochar Indonesia.

Diterima 17 Januari 2017; Direview 17 April 2017; Disetujui dimuat 1 Juli 2017

Abstrak. Biochar merupakan material baru yang diteliti secara intensif dalam waktu sepuluh tahun terakhir di berbagai penjuru dunia. Hal ini dipicu oleh fakta bahwa tanah-tanah *Terra Preta* di wilayah Amazon, Amerika Selatan, dikenal sangat subur karena mengandung arang yang dibentuk dari pembakaran minim oksigen (pirolisis) ribuan tahun yang lalu. Dalam kondisi kemajuan teknologi seperti sekarang ini para peneliti mencoba untuk meniru dalam memperoleh material serupa yang kemudian dikenal secara luas dengan istilah biochar dan menguji manfaatnya terutama untuk perbaikan kondisi tanah agar menghasilkan pertumbuhan dan produksi tanaman yang lebih baik, sekaligus mampu menjadi penghambat lepasnya karbon ke atmosfer (*carbon sequestering*). Sebagai sebuah topik riset yang baru tentu saja dapat dipahami bahwa hal tersebut menimbulkan pro- dan kontra, khususnya yang menyangkut manfaat positif secara luas. Pihak yang pro mendasarkannya pada banyak bukti tentang manfaat aplikasi biochar terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman seperti halnya juga terhadap sifat-sifat tanah. Sebaliknya yang kontra menekankan terbatasnya data yang tersedia sejauh ini dan adanya ketidak-konsistenan hasil yang dilaporkan. Ulasan berikut ini mencoba untuk melihat dari dua sudut tersebut untuk memberikan gambaran yang sebenarnya bagi para calon peminat riset dan/atau pengguna biochar untuk kepentingan perbaikan kesehatan dan produktivitas tanah. Pada akhir diskusi disampaikan perlunya persyaratan mutu biochar untuk memperoleh hasil yang dapat diperbandingkan.

Kata kunci: Arang / Pirolisis / Pembenh Tanah / Kualitas / Produksi

Abstract. Biochar is a new material researched intensively within the last ten years in various parts of the world. This is fuelled by the fact that the lands of Terra Preta in the Amazon region of South America is known to be very fertile because it contains charcoal that was formed from the minimum oxygen combustion (pyrolysis) at times thousands of years ago. Under the conditions of technological advances like nowadays, researchers tried to replicate it in obtaining similar material which was then widely known by the term biochar and test its usefulness mainly to improved soil conditions in order to generate growth and better crop production and the same time capable of being a barrier to the release of carbon into the atmosphere (carbon sequestering). As a new research topic, it is understandable that it raises pros and cons, especially on its benefits. The pro-side emphasized on the proven beneficial application of biochar to improve growth and yield of crops as well as on soil properties. Others, rised the controversy focused on the limited data reported and somewhat inconsistency on the results. The following review is trying to look at it from the two angles to give the real picture for the prospective applicants of biochar such as researchers and users of biochar for the benefit of improving health and productivity of the soil. At the end of the discussion it is given the necessity for quality standard of biochar to obtain comparable results.

Keywords: Charcoal / Pyrolysis / Soil Conditions / Quality / Production

PENDAHULUAN

Pada saat ini perhatian yang cukup besar ditujukan terhadap teknologi pengolahan energi alternatif melalui proses pirolisis. Pirolisis merupakan dekomposisi biomass secara langsung dengan menggunakan panas dalam kondisi tanpa oksigen. Pirolisis menghasilkan produk berupa padatan (*biochar*), cair (*biooil*), dan gas (*syngas*). Sifat biochar yang lambat terdekomposisi dan dapat bertahan cukup lama di dalam tanah sampai ribuan tahun lamanya merupakan potensi yang cukup baik

untuk menyimpan karbon di dalam tanah. Secara sederhana biochar adalah produk yang kaya dengan karbon yang diperoleh dari biomas, seperti kayu, pupuk kandang, atau dedaunan dipanaskan dalam tempat tertutup dengan sedikit atau tanpa tersedia udara. Secara lebih teknis, biochar dihasilkan melalui teknologi proses yang disebut dekomposisi termal dari bahan organik di bawah kondisi pasokan oksigen yang terbatas dan pada suhu yang tergolong rendah (< 700°C). Proses ini mirip dengan pembuatan arang, yang merupakan teknologi kuno, kalau bukan yang tertua. Bagaimanapun juga proses produksi biochar berbeda

dengan produksi arang dari sisi tujuan penggunaannya di mana biochar ditujukan untuk aplikasi ke tanah sebagai bahan untuk memperbaiki produktivitas tanah, penyimpanan karbon, atau filtrasi dari perkolasi air tanah. Beragamnya sumber bahan baku dan teknik pembuatan biochar dapat mempengaruhi hasil pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Berbagai penelitian di beberapa negara telah banyak dilaporkan antara lain yang menyangkut mutu dari biochar (Lehmann dan Joseph 2010), pengaruh aplikasinya terhadap lingkungan (Mehmood *et al.* 2017), sifat-sifat tanah (Prendergast-Miller *et al.* 2014), dan terhadap keragaan tanaman (Solaiman *et al.* 2010, Jones *et al.* 2012, dan Brennan *et al.* 2014). Di Indonesia, topik ini juga sudah banyak menarik perhatian peneliti untuk mempelajari manfaat aplikasinya (Dariah dan Nurida 2012, Nurida *et al.* 2012, dan Kurniawan *et al.* 2016). Bahkan pada tahun 2012 telah dibentuk Asosiasi Biochar Indonesia (ABI) yang berpusat di Malang, Jawa Timur. Bagaimanapun juga, mengingat aspek riset bidang ini masih tergolong baru, maka dasar untuk menyusun rekomendasi aplikasinya secara luas dipandang belum memadai.

Makalah ini menyajikan ulasan mengenai pendapat para ahli dan periset yang mempunyai kepedulian terhadap perkembangan riset biochar. Ulasan masalah yang disajikan mengenai sisi positif dan negatif manfaat, dampak, dan hasil aplikasi biochar sebagai pembenah tanah. Ulasan disampaikan dengan tujuan memberikan gambaran yang sebenarnya bagi para calon peminat riset dan/atau pengguna biochar untuk kepentingan perbaikan kesehatan dan produktivitas tanah serta menampilkan dua sisi pandang terhadap aplikasi biochar, baik yang pro maupun yang kontra. Lingkup ulasan mencakup: (i) pendapat kelompok pro-biochar, (ii) pendapat kelompok yang kontra biochar, serta (iii) perlunya standar acuan mutu biochar sebagai sebuah produk teknologi.

PENDAPAT KELOMPOK PRO-BIOCHAR

Kumpulan artikel yang dihimpun oleh Lehmann dan Joseph (2010) menyajikan aspek-aspek sebagai berikut: pengertian dasar, sifat-sifat fisik, mikrokimia, organo-kimia, kandungan hara dan manfaatnya, sifat-sifat biologi, klasifikasi dan metode uji, teknologi produksi, sistem biochar, perubahan biochar dalam tanah, kemantapan biochar di dalam tanah, aplikasi ke tanah, emisi dari gas rumah kaca bukan CO₂ dari

tanah, pengaruh terhadap transformasi hara, pengaruhnya terhadap pencucian hara, jerapan oleh senyawa organik, prosedur uji untuk menentukan jumlahnya di dalam tanah, perhitungan dan perdagangan gas rumah kaca, keekonomian produksi, penggunaan, dan penurunan gas rumah kaca, penilaian dan implementasi sosio-ekonomi skala kecil, konsep esensial untuk pemasarannya, dan kebijakan tentang ancaman perubahan iklim dan peran biochar.

Para penulis dalam edisi tersebut di atas sebagian besar menyadari keterbatasan data yang tersedia dan oleh karenanya mereka mengidentifikasi berbagai hal yang masih memerlukan riset lanjutan. Di antara topik riset yang diusulkan adalah menyangkut mekanisme biochar mempengaruhi proses di dalam tanah dan informasi tentang perubahan sifat fisik biochar sejalan dengan waktu dan pengaruh perubahannya terhadap fungsinya. Para peneliti juga menyadari bahwa perkembangan teknologi biochar masih dalam tahap awal sehingga memerlukan banyak konfirmasi, walaupun di antara riset yang dilaporkan menunjukkan hasil yang positif. Untuk menyebutkan contoh tentang hal ini adalah yang telah dilakukan di Pusat Penelitian Bioteknologi dan Bioindustri Indonesia (PPBBI) antara lain pengujian sifat retensi air, kemampuan menaikkan kemantapan agregat tanah, sebagai tempat kolonisasi bakteri dan fungi bermanfaat, serta dampak terhadap pertumbuhan akar tanaman menunjukkan hasil yang baik (Santi 2017). Selain itu telah dilakukan pula riset dasar di PPBBI mengenai komposisi gugus fungsional biochar untuk mengetahui potensinya sebagai pemantap agregat tanah dan kemampuan meretensi air (Santi dan Goenadi 2012).

Kegunaan biochar terkait dengan mekanisme proses yang terjadi di dalam tanah adalah: (i) meningkatkan kapasitas memegang air (Santi dan Goenadi 2010, Sutono dan Nurida 2012, Sukartono dan Utomo 2012, Yu *et al.* 2013), (ii) menurunkan pencucian nutrisi (Novak *et al.* 2009, Yao *et al.* 2012, Widowati *et al.* 2014), (iii) meningkatkan kapasitas tukar kation (Steiner *et al.* 2007, Chen *et al.* 2008, Van Zwieten *et al.* 2010), (iv) menurunkan *run-off* nitrogen (Clough *et al.* 2013, Knowles *et al.* 2011, Gao dan DeLuca 2016), dan (v) meningkatkan biomassa dan produksi tanaman (Rondon *et al.* 2007, Van Zwieten *et al.* 2008, Kimetu *et al.* 2008, Filiberto dan Gaunt 2013, Santi 2017). Beberapa pengujian untuk menetapkan karakter fisik dan kimia biochar asal cangkang sawit telah dilakukan oleh Santi dan Goenadi (2010, 2012). Hasil penetapan tersebut menunjukkan bahwa biochar

Tabel 1. Karakteristik fisik-kimia biochar asal cangkang kelapa sawit dibandingkan dengan kompos dan gambut

Table 1. Physico-chemical characteristics of oil palm kernel originated biochar, compost, and peat

Jenis analisis	Biochar	Kompos	Gambut
N (%)	1,32	1,38	1,10
P (%)	0,07	1,08	0,08
K (%)	0,08	0,19	0,18
C-total (%)	25,62	22,38	33,51
KTK (cmol kg ⁻¹)	4,58	60,80	103,50
Bobot jenis (g ml ⁻¹)	0,68	0,42	0,25
Kerapatan partikel (g ml ⁻¹)	1,85	1,45	1,45
Ruang pori total	63,30	71,20	82,40
Kapasitas memegang air (%)	25,30	9,70	10,10

Sumber : Santi dan Goenadi (2010)

Tabel 2. Karakteristik sifat fisik-kimia biochar

Table 2. Physical-chemical characteristic of biochar

Karakteristik	Sekam padi	Kulit buah kakao	Tempurung kelapa	Tempurung kelapa sawit	Sampah organik kota	Ranting legume pohon	Cangkang kelapa sawit
pH	8,30	10,80	9,90	8,20	9,60	9,40	8,15
C-total (%)	30,76	33,04	80,59	49,18	31,41	18,11	25,62
N (%)	0,05	0,83	0,34	1,61	1,67	0,58	1,32
P (%)	0,23	0,33	0,10	0,25	0,72	0,10	0,07
K (%)	0,06	11,25	8,40	0,04	0,93	1,11	0,08
KTK (cmol kg ⁻¹)	td	td	11,78	td	23,87	7,05	4,58
Kapasitas memegang air (%)	40,0	50,5	td	62,6	td	td	25,30

Sumber: dirangkum dari Nurida (2014)

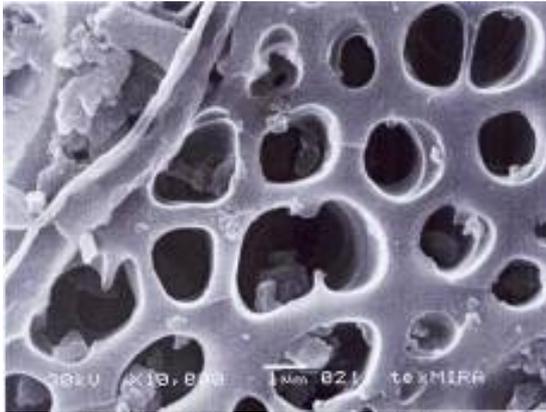
asal cangkang kelapa sawit memiliki nilai kapasitas tukar kation (KTK) yang rendah serta kapasitas air tersedia yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan kompos, gambut, dan zeolit (Tabel 1). Hasil ini mendukung penelitian yang dilakukan oleh Liang *et al.* (2006) yang mengatakan bahwa pada beberapa teknik produksi biochar secara pirolisis, maka produk segar biochar akan memiliki nilai KTK yang relatif rendah. Sementara itu biochar berumur tua yang berada di dalam tanah seperti tanah hitam (*dark earth*) di Amazonian memiliki KTK tinggi. Lebih lanjut menurut Liang *et al.* (2006), dengan adanya area permukaan yang lebih luas maka biochar memiliki kapasitas menahan air yang cukup tinggi pula. Sementara itu, hasil pembacaan dengan *spektroskopi fourier transform infrared* (FTIR) diketahui bahwa biochar asal cangkang kelapa sawit ini memiliki pita-pita intensif pada rentang 3.413-3.400 cm⁻¹ yang mencirikan pita regangan O-H (hidroksil) dan N-H (amina). Pada wilayah 1.170-950 cm⁻¹, biochar menunjukkan karakteristik penyerapan

pada 1.034 cm⁻¹ yang mencirikan vibrasi O-CH₃. Gugus-gugus fungsional O-H, N-H, dan O-CH₃ sebagaimana halnya dengan gugus fungsional yang sama pada bahan organik berperan dalam agregasi tanah sebagai perekat antar partikel primer tanah melalui ikatan elektrostatis (Santi dan Goenadi 2012).

Karakterisasi biochar asal cangkang kelapa sawit yang telah dilakukan oleh Santi dan Goenadi (2010) pada Tabel 1 di atas selanjutnya dikompilasi oleh Nurida (2014) dengan membandingkan data dari karakter fisik-kimia biochar beberapa sumber bahan baku lainnya dari hasil riset yang dilakukan di Indonesia dan disajikan pada Tabel 2.

Analisis *scanning electron microscopy* (SEM) telah dilakukan untuk melihat struktur mikro biochar asal cangkang kelapa sawit. Struktur mikro biochar dengan pembesaran 10.000 kali menunjukkan keporian yang relatif sarang (*porous*). Lubang pori terlihat tunggal dan ganda. Pada beberapa bagian pori yang letaknya berdampingan, sekat pori ada yang runtuh sehingga

membentuk pori yang lebih besar. Ukuran lubang pori bervariasi antara 2-5 μm (Gambar 1).



Sumber: Santi dan Goenadi (2010)

Gambar 1. Struktur mikro (keporian) biochar asal cangkang kelapa sawit

Figure 1. *Microstructure of oil palm kernel originated biochar*

Struktur pori serta luas permukaan yang dimiliki biochar diyakini dapat memberikan manfaat terhadap penyehatan tanah dan penyediaan nutrisi bagi tanaman karena kapasitasnya dalam menyerap senyawa organik terlarut, gas, dan nutrisi anorganik (Chan dan Xu 2009). Di lain pihak biochar dapat berfungsi sebagai habitat bagi biota tanah (Lehmann *et al.* 2011), bakteri (Kim *et al.* 2007, Santi dan Goenadi 2010), fungi (Thorn dan Lynch 2007), aktinomisetes (Lal 2006), dan mikoriza (Warnock *et al.* 2007).

Penggunaan biochar untuk meningkatkan kesehatan dan produktivitas serta sequestrasi karbon tergolong cukup prospektif. Hal ini didasarkan pada fakta bahwa penambahan biochar ke tanah mampu mengubah sifat fisik tanah yaitu mempengaruhi kedalaman tanah, tekstur, struktur (Kolb 2007), porositas dan konsistensi melalui perubahan luas permukaan (Troeh dan Thompson 2005), distribusi ruang pori, kerapatan dan pemampatan (Paul 2007). Pengaruh biochar terhadap sifat fisik tanah kemudian mempengaruhi secara langsung terhadap pertumbuhan tanaman karena kedalaman penetrasi akar dan ketersediaan udara dan air di dalam zona perakaran sangat ditentukan oleh perbaikan horizon tanah (Brady dan Weil 2008). Kehadiran biochar dalam tanah akan secara langsung mempengaruhi tanah dalam merespon air, agregasi, kemudahan olah, dinamika mengembang

dan mengkerut dan permeabilitas, serta kapasitas mengikat kation dan tanggap terhadap perubahan suhu. Selain itu, secara tidak langsung perubahan sifat fisik ini akan mempengaruhi sifat kimia tanah seperti misalnya reaksi kimia dan perubahan habitat mikroba yang terlindungi. Selain itu, keberadaan pori makro dan mikro menentukan sifat aerasi dan hidrologi tanah (Troeh dan Thompson 2005).

Bagaimanapun juga pengaruh biochar terhadap transformasi hara tanah belum cukup dipelajari. Beberapa aspek penting yang perlu ditentukan antara lain adalah: (i) mekanisme biochar mempengaruhi mineralisasi dan imobilisasi N pada berbagai ekosistem (Clough *et al.* 2013, Shenbagavalli dan Mahimairaja 2012), (ii) jerapan NH_4 oleh biochar akan mengurangi ketersediaan N atau memusatkan N untuk kebutuhan tanaman dan mikroba (Islam *et al.* 2007, Dharmakeerthi *et al.* 2012), dan (iii) mekanisme stimulasi biochar dalam meningkatkan P tanah (Deb *et al.* 2016, Dume *et al.* 2017). Di pihak lain beberapa penelitian sudah membuktikan bahwa permukaan negatif biochar secara langsung menjerap kation, meningkatkan kapasitas menyimpan air tanah, dan meningkatkan biomas mikroba dan siklus hara (Kim *et al.* 2007, Chan dan Xu 2009, dan Prendergast-Miller *et al.* 2014).

PENDAPAT KELOMPOK YANG KONTRA BIOCHAR

Kelompok yang dapat dikatakan kontra biochar diantaranya diwakili oleh Verheijen *et al.* (2010) dengan melakukan review terhadap berbagai hasil riset yang dapat dijumpainya. Review ini dikemas dalam tulisan dengan judul *Biochar Application to Soils* dan diterbitkan oleh *JRC Scientific and Technical Reports*. Tim Reviewer ini mencoba menganalisis secara kritis dari sisi ilmiah dalam rangka memberikan saran untuk penggunaan biochar secara luas. Peneliti dari kelompok ini berpendapat bahwa data yang diperoleh sejauh ini dalam pengujian biochar dianggap belum memadai karena masih tergolong penelitian awal dan memerlukan bukti-bukti yang valid untuk berbagai lingkungan agroklimat. Penggunaan biochar dengan dosis yang tepat dalam tujuannya untuk memperbaiki kualitas tanah dari tinjauan fisik, biologi, dan kimia masih memerlukan kajian lanjut mengingat sangat banyak variabel yang perlu dikaji lebih dalam terkait

interaksinya dengan jenis tanah, lingkungan, bahan baku biochar serta jenis tanaman uji.

Hal-hal yang disoroti adalah yang bersifat negatif seperti: (i) penggunaan biochar yang terkait dengan kondisi di wilayah Amazon, (ii) kehilangan tanah akibat erosi, (iii) pemadatan tanah selama aplikasi, (iv) risiko kontaminasi, (v) pengambilan residu tanaman, (vi) aspek kesehatan dan bahaya api, dan (vii) pengurangan tingkat kehidupan cacing. Argumentasi yang disampaikan masing-masing adalah sebagai berikut: (i) kesuburan tanah di wilayah Amazon tidak hanya karena penambahan arang tetapi juga input lainnya dan arang yang diaplikasikan relative seragam asal bahan dan proses produksinya, (ii) aplikasi sebar di permukaan tanah akan menyebabkan arang hilang tererosi oleh angin dan/atau air, (iii) aplikasi arang secara tidak tepat akan menciptakan pemadatan tanah, (iv) adanya kandungan logam berat Cu, Zn, Cr, dan Ni yang cukup tinggi di dalam biochar yang dihasilkan dari limbah endapan (Bridle dan Pritchard 2004), (v) pengambilan residu tanaman untuk bahan baku arang akan mengancam permukaan tanah terhadap erosi oleh air dan/atau angin, (vi) pengendalian debu arang ketika aplikasi lapang dan transportasi sangat perlu diperhatikan, dan (vii) aplikasi dosis tinggi (> 67 ton arang asal kotoran ayam/ha) terbukti menurunkan kemampuan hidup cacing tanah. Beberapa aspek lainnya yang menyangkut manfaat penggunaan biochar dan mekanismenya juga menjadi perhatian para peneliti yang kontra biochar, khususnya dilandasi oleh kurang data riset dan publikasi yang tersedia.

Beberapa penelitian lain yang telah dilakukan untuk menjawab potensi biochar sehubungan dengan kontroversi yang disampaikan oleh Verheijen *et al.* (2010), pada umumnya mendukung asumsi positif dari pemanfaatan biochar, seperti Zagal *et al.* (2013) dan Carter *et al.* (2013). Bagaimanapun juga, kelompok ini meminta perhatian semua pihak untuk mengumpulkan data yang menyeluruh sebelum merekomendasikan penggunaan biochar dalam skala luas. Berdasarkan dua sisi pandangan berbeda yang diuraikan di atas maka penelitian tentang biochar ini perlu terus diintensifkan dan diperluas guna memperoleh dukungan data yang konsisten sebagai landasan untuk rekomendasinya dalam skala luas. Hal ini tentu berimplikasi terhadap makin beragamnya alternatif jenis produk pembenah tanah yang tersedia bagi pengguna.

STANDARDISASI MUTU BIOCHAR

Seperti halnya produk-produk yang digunakan dalam bidang pertanian dan industri harus memenuhi standar mutu tertentu. Tujuannya adalah memenuhi keinginan pelanggan tentang sifat-sifat produk yang dibelinya dan menentukan pilihan jenis produk yang mana yang tepat untuk memenuhi tujuan aplikasinya. Dengan kata lain, klasifikasi produk diperlukan sebagai referensi jaminan mutu bagi pelanggan karena perbedaan kelas yang dibuat akan terkait erat dengan karakter dari barang termaksud. Ketika sistem klasifikasi sudah dikembangkan, satu perangkat standar dapat dibuat. Standar ini selanjutnya bisa diformalkan melalui sebuah forum internasional atau asosiasi standar negara. Sebagai contoh adalah berkembangnya berbagai sistem klasifikasi kompos di berbagai negara. Bagaimanapun juga, sistem klasifikasi harus bersifat terbuka dan mengakomodasi kemungkinan perubahan sesuai dengan perkembangannya.

Hal yang harus diperhatikan dalam penggunaan biochar sebagai pembenah tanah adalah bahwa tidak semua biochar karakternya sama. Sifat kimia dan fisik biochar sangat dipengaruhi oleh tipe bahan yang digunakan dan kondisi proses pirolisis yaitu temperatur dan waktu proses (Uzun *et al.* 2006). Sebagai contoh biochar yang dibuat dari kotoran ternak memiliki kadar nutrisi yang lebih tinggi apabila dibandingkan dengan biochar yang dibuat dari potongan kayu (Chan *et al.* 2007). Namun demikian, biochar yang dibuat dari potongan kayu memiliki gugus aromatik yang lebih banyak sehingga lebih stabil dalam jangka waktu yang lebih lama. Dalam hal proses secara fisika, biochar yang dihasilkan pada temperatur 700°C akan mempunyai kapasitas jerapan yang lebih besar dan mikro-porositas yang lebih tinggi daripada biochar yang dihasilkan pada temperatur 400°C. Untuk tujuan seperti itulah *International Biochar Initiative (IBI)*, sebuah organisasi nir-laba yang berpusat di Westerville, Ohio, AS, mencoba secara rutin melakukan perbaikan terhadap skema standar mutu biochar. Standar mutu yang dikembangkan ini dari tahun ke tahun dievaluasi oleh sebuah komisi penasehat yang beranggotakan para peneliti biochar dari berbagai negara, termasuk Indonesia. Tujuan utama yang paling penting yang mendorong pengelolaan biochar untuk perbaikan kualitas tanah antara lain adalah (Joseph *et al.* 2009):

1. Meningkatkan kapasitas menahan air dan sifat fisik lainnya dari tanah.
2. Meningkatkan sumber karbon yang stabil.
3. Jerapan/pengkomplekan bahan organik tanah dan senyawa beracun.
4. Jerapan dan reaksi dengan gas-gas di antara tanah contohnya NO₂.
5. Pengikatan nutrisi dan penambahan (dalam kasus biochar mengandung abu mineral tinggi).
6. Peningkatan pertumbuhan dari mikroba bermanfaat.

Kualitas biochar sangat ditentukan oleh sumber asal bahan baku. Sehubungan dengan kandungan logam berat dalam biochar telah pula diteliti di Pusat Penelitian Bioteknologi dan Bioindustri Indonesia (Santi 2015, *unpublished*). Dalam hal ini penulis membandingkan sumber biochar asal cangkang kelapa sawit dan potongan kayu (*wood chip*) termasuk nilai pH dari masing-masing sumber tersebut. Standardisasi yang ditetapkan oleh *International Biochar Initiative* (IBI) digunakan sebagai acuan untuk menetapkan kelayakan kedua jenis biochar tersebut di atas sebagai pembenah tanah. Dalam standardisasi, IBI menetapkan salah satu komponen penilaiannya adalah ambang batas kandungan logam berat yang masih diperbolehkan (Tabel 3). Berdasarkan hal tersebut diketahui bahwa kandungan logam berat dari biochar asal cangkang kelapa sawit dan potongan kayu (*wood chips*) masih berada jauh di bawah ambang batas standardisasi

logam berat untuk biochar yang ditetapkan oleh IBI. Sementara itu beberapa hasil penelitian mengenai karakterisasi pH biochar juga disampaikan bahwa di alam, biochar yang digunakan sebagai pembenah tanah memiliki pH alkalin atau rata-rata nilai pH adalah lebih besar dari 7 (Lehmann 2007).

Para peneliti dan pengguna menggunakan satu terminologi yang berbeda-beda di dalam membahas biochar. Terdapat berbagai nama untuk produk bahan organik yang telah diproses secara pirolisis (karbonisasi) atau gasifikasi (oksidasi sebagian), dan penggunaan untuk tujuan pertanian dan industri (seperti karbon amorf, arang, arang hitam, karbon aktif, biochar dan Agrichar). Salah satu terminologi adalah yang diusulkan oleh Fitzer *et al.* (1995). Menurut Fitzer *et al.* (1995) dalam klasifikasi bahan organik terkarbonisasi dikenal tujuh jenis, yaitu C amorf, char (arang), arang pseudomorf, charcoal, C aktif, lapisan grafen, dan grafit. Perbedaan istilah terjadi untuk 'char' yang merupakan sisa pembakaran biomasa dari pembakaran alami dan arang (*charcoal*) yang ditujukan untuk bahan bakar/energi.

Komisi Penasehat IBI pada tahun 2014 telah sepakat dengan definisi biochar sebagai berikut: Biochar adalah arang hitam yang mengandung bahan karbon organik tinggi dan sangat tahan terhadap dekomposisi yang diproduksi secara pirolisis dari tanaman dan limbah kayu sebagai bahan baku (IBI 2015). Dengan demikian, sebagai pembenah tanah, biochar menciptakan kumpulan karbon tanah rekalsitran yang bersifat karbon negatif, yang berfungsi sebagai suatu pelepasan bersih karbon dioksida atmosfer

Tabel 3. Kandungan logam berat dan pH dalam biochar

Table 3. Heavy metal and pH in biochar

Peubah	Standardisasi IBI ^{*)}	Biochar cangkang kelapa sawit ^{**)}	Biochar potongan kayu ^{**)}
 mg kg ⁻¹ berat kering		
Arsenic (As)	12-100	0,23	ttd ^{***)}
Cadmium (Cd)	1,40-39	ttd	ttd
Chromium (Cr)	64-1200	ttd	ttd
Lead (Pb)	70-500	8,70	3,60
Mercury (Hg)	1-17	ttd	ttd
Nickel (Ni)	47-600	2,81	2,66
Selenium (Se)	1-36	ttd	ttd
Zinc (Zn)	200-7000	29,70	3,66
pH	6-10	7,50	9,60

Sumber : ^{*)} IBI (2005), ^{**) Santi (2015) unpublished, ^{***)} ttd = tidak terdeteksi}

yang disimpan dalam cadangan karbon yang sangat rekalsitran. Kapasitas retensi hara dari tanah yang diberi biochar tidak saja mengurangi kebutuhan pupuk secara total, tetapi juga dampaknya terhadap iklim dan lingkungan dari lahan pertanian.

Selain hal tersebut di atas, definisi yang lebih mendasar pernah diberikan oleh FAO (1983) dan Clarke (2001) ketika ditujukan sebagai bahan bakar atau pereduksi. Keduanya mendefinisikan bahwa arang (char) adalah produk dekomposisi padat dari sebuah bahan organik alami atau sintetik, sedang charcoal adalah arang yang diperoleh dari pirolisis kayu dan beberapa bahan organik alami terkait. Bagaimanapun juga belum ada klasifikasi untuk arang.

Untuk memberikan pedoman tentang standar produk biochar, IBI telah mengeluarkan standar mutu biochar. Versi mutakhir (Versi 2.0) diterbitkan bulan Oktober 2014. Revisi kebijakan dalam versi terbaru ini mencakup: (i) kebutuhan uji untuk biochar yang melapuk (disetujui oleh 86% anggota), (ii) waktu uji untuk biochar pasca-proses (disepakati oleh 93% anggota), (iii) provisi untuk abu biomasa karbon yang tinggi (disepakati oleh 82% anggota), dan (iv) prosedur pengambilan contoh biochar (disepakati oleh 93% anggota). Keputusan ini diambil setelah proses setahun lebih yang melibatkan aspirasi publik, informasi dari webinar, dua putaran sekelompok ahli biochar, dan pemilihan suara oleh anggota resmi IBI. Sejak tanggal 29 Mei 2013, IBI secara resmi meluncurkan Program Sertifikasi Biochar IBI, yang dikembangkan untuk mendorong pertumbuhan industri biochar. Melalui program ini produsen biochar dapat mensertifikasi produknya sesuai dengan standar mutu dan aman diaplikasikan ke dalam tanah. Setelah mendapat sertifikat IBI, maka label IBI *Certified* dapat dipasang pada labelnya. Standardisasi Biochar oleh IBI berfungsi sebagai landasan untuk Program Sertifikasi Biochar IBI dan persetujuan mendapatkan sertifikasi ini membutuhkan syarat yaitu bahwa biochar lolos uji persyaratan yang dispesifikasikan oleh Standar Biochar IBI. Program ini dengan mudah dapat diakses oleh perusahaan melalui <http://www.biochar-international.org/certification>, yang memungkinkan produsen biochar berpartisipasi untuk mendaftar, mengajukan, dan menyerahkan dokumentasinya secara *on-line*. Mengingat saat ini di Indonesia belum ditetapkan standar mutu biochar untuk pertanian dan perkebunan, oleh sebab itu sebagai pedoman standardisasi untuk

produk biochar di dalam negeri dapat digunakan acuan yang ditetapkan oleh IBI.

Pada bulan November 2015 revisi kecil dilakukan terhadap versi sebelumnya dan masuk ke dalam Versi 2.1. Revisinya menyangkut kejelasan asal rantai pasokan, yaitu deskripsi jenis bahan baku, laju konversi bahan baku, dan lokasi panennya. Apabila lokasi panen bahan bakunya tidak diketahui secara tepat, maka diperlukan tambahan informasi tentang keabsahan panen yang dilakukan, yaitu berupa: (a) alamat lokasi fasilitas pengumpulan, (b) bukti-bukti pembelian, dan (c) pernyataan dari pemohon bahwa biochar yang diusulkan berasal dari bahan baku yang dipanen secara legal. Namun, jika dapat diperoleh rekomendasi dari lembaga pensertifikasi independen lainnya, seperti *Forest Stewardship Council*, *Sustainable Forestry Initiative*, *American Tree Farm System*, *Canadian Standards Association*, atau *Roundtable on Sustainable Biomaterials*, maka pemohon dibebaskan dari tiga persyaratan tersebut di atas.

PENUTUP

Sebagai sebuah produk baru, aplikasi biochar untuk perbaikan sifat-sifat tanah dan keragaan tanaman mendapatkan tanggapan yang berbeda dari para peneliti. Tingkat riset dan pengembangan biochar masih tergolong dini, sehingga saat ini tidak cukup untuk membangun sebuah formulasi kebijakan aplikasinya untuk skala luas. Sejalan dengan waktu, perkembangan riset biochar dalam lima tahun terakhir telah cukup maju dan bukti-bukti tentang peran biochar dalam memacu pertumbuhan tanaman telah banyak diperoleh. Sifat fisiko-kimia biochar telah mulai banyak dibuktikan, sehingga dapat menjawab beberapa keraguan akan fungsi dan manfaat dari biochar, tidak menimbulkan dampak negatif terhadap tanaman, karena perannya dalam imobilisasi hara yang selanjutnya dapat diambil oleh akar serta meningkatkan kapasitas menahan air yang lebih baik. Bagaimanapun juga, riset di bidang mutu dan konsistensi manfaat biochar terhadap tanaman di berbagai tipe agroklimat masih perlu diintensifkan. Mengingat mutu biochar sangat erat ditentukan oleh bahan baku dan proses produksinya, maka diperlukan suatu standar mutu untuk menjamin dampak positif penggunaannya. Standar mutu biochar seperti yang diterbitkan oleh IBI sangat diperlukan untuk menjamin manfaat bagi pengguna di berbagai bidang aplikasi, khususnya di

bidang pertanian. Namun, berhubung di Indonesia belum tersedia standar termaksud, maka prinsip-prinsip yang dipakai oleh IBI dapat digunakan sebagai dasar penyusunan standar nasional industri (SNI) biochar untuk diusulkan ke Badan Standardisasi Nasional (BSN).

DAFTAR PUSTAKA

- Brady, N.C. dan R.R. Weil. 2008. An Introduction to the Nature and Properties of Soil. 14th edition, Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ. 1089 pp.
- Brennan, A., E.M. Jimenez, M. Puschenreiter, J.A. Albuquerque, dan C. Switzer. 2014. Effects of biochar amendment on root traits and contaminant availability of maize plants in a copper and arsenic impacted soil. *Plant and Soil*. 379(1):351-360.
- Bridle, T.R. dan D. Pritchard. 2004. Energy and nutrient recovery from sewage sludge via pyrolysis. *Water Sci. Technol.* 50: 169-175.
- Carter, S., S. Shackley, S.P. Soji, B.S. Tan, dan S. Haefele. 2013. The impact of biochar application on soil properties and plant growth of pot grown lettuce (*Lactuca sativa*) and cabbage (*Brassica chinensis*). *Agron.* 3:404-418.
- Chan, K.Y., L. Van Zwieten, I. Meszaros, A. Downie, dan S. Joseph. 2007. Agronomic values of green waste biochar as a soil amendment. *Australian J. Soil Res.* 45: 629-634.
- Chan, K.Y. dan Z. Xu. 2009. Biochar: Nutrient properties and their enhancement. p. 67-84. *In* J. Lehmann and S. Joseph (Eds). *Biochar Environmental Management*. Earthscan, London.
- Chen, B., D. Zhou, dan L. Zhu. 2008. Transitional adsorption and partition of nonpolar and polar aromatic contaminants by biochars of pine needles with different pyrolytic temperatures. *Environmental Science & Technology*. 42: 5137-5143.
- Clarke, K. 2001. Alternatives Reductants of Silicon Smelting. Investigation Report CET/IR289, CSIRO, Sydney, Australia.
- Clough, T.J., L.M. Condon, C. Kammann, dan C. Müller. 2013. A Review of Biochar and Soil Nitrogen Dynamics. *Agronomy*. 3(3): 275-293.
- Dariah, A. dan N.L. Nurida. 2012. Pemanfaatan biochar untuk meningkatkan produktivitas lahan kering beriklim kering. *Buana Sains*. 12(1):33-38.
- Deb, D., M. Kloft, J. Lässig, dan S. Walsh. 2016. Variable effects of biochar and P solubilizing microbes on crop productivity in different soil conditions. *Agroecol Sustain Food Sys.* 40 (2): 145-168.
- Dharmakeerthi, R.S., J.A.S. Chandrasiri, dan V.U. Edirimanne. 2012. Effect of rubber wood biochar on nutrition and growth of nursery plants of *Hevea brasiliensis* established in an Ultisol. *Springerplus*. 1(1):84.
- Dume, B., D. Ayele, A. Regassa, dan G. Berecha. 2017. Improving available phosphorus in acidic soil using biochar. *J. Soil Sci Environ Manag.* 8(4):87-94.
- FAO. 1983. Simple technology for charcoal making. *FAO Forestry Paper* 41. FAO, Rome, Italy.
- Filiberto, D.M. dan J.L. Gaunt. 2013. Practicality of Biochar Additions to Enhance Soil and Crop Productivity. *Agriculture*.3: 715-725.
- Fitzer, E., K.H. Kochling, H.P. Boem, dan H. Marsh. 1995. Recommended terminology for the description of carbon as a solid. *Pure Appl. Chem.*67:473-506.
- Gao, S. dan T.H. DeLuca. 2016. Influence of biochar on soil nutrient transformations, nutrient leaching, and crop yield. *Adv. Plants Agric. Res.* 4(5):1-16.
- International Biochar Initiative (IBI). 2005. Standardized Product Definition and Product Testing Guidelines for Biochar That Is Used in Soil. <http://www.biochar-international.org/characterizationstandard>. (30 June 2017).
- Islam, A., D. Chen, dan R.E. White. 2007. Heterotrophic and autotrophic nitrification in two acid pasture soils. *Soil Biol. Biochem.* 39:972-975.
- Jones, D.L., J. Rousk, G. Edwards-Jones, T.H. DeLuca, dan D.V. Murphy. 2012. Biochar-mediated changes in soil quality and plant growth in a three year field trial. *Soil Biol. Biochem.* 45:113-124.
- Joseph, S., C. Peacocke, J. Lehmann, dan P. Munroe. 2009. Developing a biochar classification and test methods. p.:107-126. *In* J. Lehmann and S. Joseph (Eds.): *Biochar for Environmental Management*. Earthscan Pub. Co. London, UK.
- Kim, J.S., G. Sparovek, R.M. Longo, W.J. De Melo, dan D. Crowley. 2007. Bacterial diversity of terra preta and pristine forest soil from the Western Amazon. *Soil Biol. Biochem.* 39: 684-690.
- Kimetu, J.M., J. Lehmann, S. Ngose, D.N. Mugendi, J. Kinyangi, S. Riha, L. Verchot, J.W. Recha, dan A. Pell. 2008. Reversibility of productivity decline with organic matter of differing quality along a degradation gradient. *Ecosystems*. 11:726-739.
- Knowles, O.A., B.H. Robinson, A. Contangelo, dan L. Clucas. 2011. Biochar for the mitigation of nitrate leaching from soil amended with biosolids. *Science of the Total Environment*. 409: 3206-3210.
- Kolb, S. 2007. Understanding the Mechanisms by which a Manure-Based Charcoal Product Affects Microbial Biomass and Activity. PhD thesis. University of Wisconsin, Green Bay, US.
- Lal, R. 2006. *Encyclopedia of Soil Science*, Second Edition, Vol I, Vol II. Taylor & Francis, Boca Raton, FL.
- Lehmann, J. 2007. Bioenergy in the black. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 5:381-387.

- Kurniawan, A., B. Haryono, M. Baskara, dan S.Y. Tyasmoro. 2016. Pengaruh penggunaan biochar pada media tanam terhadap pertumbuhan bibit tebu (*Saccharum officinarum* L.). *J. Prod. Tanaman*. 4(2):153-160.
- Lehmann, J. dan S. Joseph. 2010. *Biochar for Environmental Management*. 2nd Ed. Earthscan Pub. Co. London, UK. 416 pp.
- Lehmann, J., M.C. Rillig, J. Thies, C. A. Masiello, W.C. Hockaday, dan D. Crowley. 2011. Biochar effects on soil biota- A review. *Soil Biol. Biochem.* 43. 1812-1836.
- Liang, B., J. Lehmann, D. Solomon, J. Kinyangi, J. Grossman, B. O'Neill, J.O. Skjemstad, J. Theis, F.J. Luizao, J. Petersen, dan E.G. Neves. 2006. Black carbon increases Cation Exchange Capacity in Soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70:1719-1730.
- Mehmood, K., E.C. Garcia, M. Schirrmann, B. Ladd, C. Kammann, N. Wrage-Monnig, C. Siebe, J.M. Estavillo, T. Fuertes-Mendizabal, M. Cayuela, G. Sigua, K. Spokas, A.L. Cowie, J. Novak, J.A. Ippolito, dan N. Borchard. 2017. Biochar research activities and their relation to development and environmental quality. A meta-analysis. *Agron. Sustain. Dev.* 37(22): 1-15.
- Nurida, N.L., A. Rachman, dan Sutono. 2012. Potensi pembenah tanah biochar dalam pemulihan sifat tanah terdegradasi dan peningkatan hasil jagung pada Typic Kanhapludults Lampung. *Buana Sains* 12(1):69-74.
- Nurida, N.L. 2014. Potensi Pemanfaatan Biochar untuk Rehabilitasi Lahan Kering di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan Edisi Khusus*:57-68.
- Novak, J.M., W.J. Busscher, D.L. Laird, M. Ahmedna, D.W. Watts, dan M.A.S. Niandou. 2009. Impact of biochar amendment on fertility of a southeastern coastal plain. *Soil Sci.* 174:105-111.
- Paul, E.A. 2007. *Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry*. 3th (ed). Elsevier. Amsterdam, The Netherlands. 515 pp.
- Prendergast-Miller, M.T., M. Duvall, dan S.P. Sohi. 2014. Biochar-root interactions are mediated by biochar nutrient content and impacts on soil nutrient availability. *Eu. J. Soil Sci.* 65:173-185.
- Rajkovich, S., A. Enders, K. Hanley, C. Hyland, A.R. Zimmerman, dan J. Lehmann. 2011. Corn growth and nitrogen nutrition after additions of biochars with varying properties to a temperate soil. *Biol Fert Soils* 48:271-284.
- Rondon, M., J. Lehmann, J. Ramirez, dan M. Hurtado. 2007. Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with biochar addition. *Biol Fert Soil.* 43:699-708.
- Thorn, R.G. dan M.D.J. Lynch. 2007. Fungi and eukaryotic algae. pp. 145-162. *In* E.A. Paul (3th ed). *Soil Biology and Biochemistry*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands,
- Santi, L.P. dan D.H. Goenadi. 2010. Pemanfaatan *bio-char* sebagai pembawa mikroba untuk pemantap agregat tanah Ultisol dari Taman Bogo-Lampung. *Menara Perkebunan* 78(2): 11-22.
- Santi, L.P. dan D.H. Goenadi. 2012. Pemanfaatan biochar asal cangkang kelapa sawit sebagai bahan pembawa mikroba pemantap agregat. *In* Handayanto (Ed). *Proceeding Seminar Nasional Biochar*, Malang 26-27 Juni 2012. Buana Sains. Tribuana Press. 12(1):7-14.
- Santi, L.P. 2015. Karakteristik biochar asal kayu tanaman kehutanan. Pusat Penelitian Bioteknologi dan Bioindustri Indonesia. (*unpublished*).
- Santi, L.P. 2017. Pemanfaatan arang pirolisis asal cangkang kelapa sawit untuk retensi hara dan karbon pada media tanah Typic Hapludult. *Jurnal Tanah dan Iklim* 41(1): 9-16.
- Shenbagavalli, S. dan S. Mahimairaja. 2012. Characterization and effect of biochar on nitrogen and carbon dynamics in soil. *Int J Adv Biol Res.* 2(2): 249-255.
- Steiner, C., W.G. Teixeira, J. Lehmann, T. Nehls, J.L.V. de Macedo, W.E.H. Blum, dan W. Zech. 2007. Long term effects of manure, charcoal, and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. *Plant and Soil.* 291:275-290.
- Sukartono dan W.H. Utomo. 2012. Peranan biochar sebagai pembenah tanah pada pertanaman jagung di tanah lempung berpasir (*sandy loam*) semiarid tropis Lombok Utara. *Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Kelaman: Buana Sains*. Tribhuana Press. 12(1):91-98.
- Sutono dan N.L. Nurida. 2012. Kemampuan biochar memegang air pada tanah bertekstur pasir. *Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Kelaman: Buana Sains*. Tribhuana Press. 12(1):45-52.
- Troeh, F.R. dan L.M. Thompson. 2005. *Soil and Soil Fertility*. Blackwell Publishing, Iowa, US. 498pp.
- Uzun, B.B., A.E. Putun, dan E. Putun. 2006. Fast pyrolysis of soyben cake: Product yields and compositions. *Biores Technol.* 97:569-576.
- Van Zwieten, L., S. Kimber, K. Sinclair, K.Y. Chan, dan A. Downie. 2008. Biochar: Potential for climate change mitigation, improved yield and soil health. P.: 30-33. *In* S. Boschma, L. Serafin, and J. Ayres (Eds.). *Proceedings of the New South Wales Grassland Conference*. Tamworth, NSW, Australia.
- Van Zwieten, L., S. Kimber, S. Morris, K.Y. Chan, A. Downie, J. Rust, S. Joseph, dan A. Cowie. 2010. Effect of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. *Plant and Soil* 327: 235-246.
- Verheijen, F., S. Jeffery, A.C. Bastos, M. van der Velde, dan I. Diafas. 2010. *Biochar Application to Soils: A Critical Scientific Review of Effects on Soil Properties, Processes and Function*. European Commission, Joint Research Centre Institute for Environment and Sustainability. 166 pp.

- Warnock, D.D., J. Lehmann, T.W. Kuyper, dan M.C. Rillig. 2007. Mycorrhizal responses to biochar in soil-concepts and mechanisms. *Plant and Soil*. 300: 9-20.
- Widowati, Asnah dan W.H. Utomo. 2014. The use of biochar to reduce nitrogen and potassium leaching from soil cultivated with maize. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*. 2(1):211-218.
- Yao, Y., B. Gao, M. Zhang, M. Inyang, dan A.R. Zimmerman. 2012. Effect of biochar amendment on sorption and leaching of nitrate, ammonium, and phosphate in a sandy soil. *Chemosphere* 89:1467-1471.
- Yu, O.Y., B. Raichle, dan S. Sink. 2013. Impact of biochar on the water holding capacity of loamy sand soil. *Int J Energy Environ Eng*. 4:1-9.
- Zagal, E., C. Cordova, S.P. Soji, dan D.S. Powelson. 2013. Free and intra-aggregate organic matter as indicators of soil quality change in volcanic soils under contrasting crop rotations. *Soil Use & Manag*. 29:531-539.