

POTENSI *BIOCHAR* DARI LIMBAH BIOMASSA PERKEBUNAN KARET SEBAGAI AMELIORAN DAN MENGURANGI EMISI GAS RUMAH KACA

Potency of Biochar from Biomass Waste of Rubber Plantation as Ameliorant and Its Function to Reduce Emission of Glass House Gas

Jamin Saputra dan Risal Ardika
Balai Penelitian Sembawa, Pusat Penelitian Karet
Jl. Palembang - Betung Km. 29 Po. Box. 1127 Palembang 30001

Terima tgl 15 Desember 2011 / Disetujui tgl 22 Maret 2012

Abstrak

Pemanasan global disebabkan oleh meningkatnya gas rumah kaca seperti CO₂, metan, NO₂ dan lain-lain. Aktivitas pertanian berkontribusi terhadap emisi gas rumah kaca, salah satu emisi yang bersumber dari aktivitas pertanian yakni NO₂. Upaya yang dapat dilakukan dalam mengurangi emisi NO₂ ini dengan meningkatkan efisiensi pemupukan khususnya pupuk nitrogen (N). *Biochar* merupakan hasil pembakaran tanpa oksigen dari limbah pertanian seperti kayu. Hasil-hasil penelitian menunjukkan bahwa *biochar* berfungsi sebagai amelioran yang mampu meningkatkan kesuburan lahan pertanian. Aplikasi *biochar* (arang) + 0,5 dosis rekomendasi meningkatkan kandungan nitrogen pada daun karet sebesar 4,13 % N dibandingkan dengan aplikasi tanpa *biochar* dan aplikasi dosis pemupukan sesuai rekomendasi yakni 2,80 % N. Sejalan dengan peningkatan efisiensi pemupukan nitrogen, maka hal ini akan mengurangi emisi NO₂ dan meningkatkan pertumbuhan tanaman yang akan meningkatkan pengikatan CO₂ melalui proses fotosintesis. Limbah biomassa berbasis kebun karet dinilai potensial sebagai bahan baku pembuatan *biochar*. Potensi limbah kebun karet dalam kegiatan peremajaan mencapai 5 % per tahun (34 juta m³), hal ini menunjukkan tingginya potensi pemanfaatan limbah biomassa kebun karet untuk dijadikan bahan baku pembuatan *biochar*.

Kata kunci: *biochar*, tunggul karet, amelioran, emisi gas rumah kaca.

Abstract

Global warming is caused by the increasing glass house gases such as CO₂, methane, NO₂ and others. Agricultural activities contribute to glass house gas emission, one of which is NO₂. Effort that can be done to reduce the emission of NO₂ is that by increasing the efficiency of fertilization, especially fertilizer of nitrogen (N). Biochar is a product of combustion without oxygen from agriculture wastes such as timber. Research results revealed that biochar can function as ameliorant to improve the fertility of agricultural land. Application of biochar (charcoal) + half recommended dose of fertilizer, improved nitrogen content in leaf as much as 4.13% N compared to that without biochar application and application of full recommended dose of fertilizer, i.e. 2.80% N. In line with the increasing efficiency of nitrogen fertilization, this will reduce emission of NO₂, and improve plant growth which in turn will increase CO₂ fixation through photosynthesis process. Waste of rubber-farm-based biomass is considered to have potency as the main material of biochar production. The potency of rubber farm waste in rubber replanting program reaches 5% per year (34 millions m³). This shows that waste of rubber farm biomass is a big potency as the main material of biochar production.

Keywords: biochar, rubber stump, ameliorant, emission of glass house gas

Pendahuluan

Pemanasan global (*global warming*) terjadi ketika peningkatan gas rumah kaca (GRK) terus bertambah di atmosfer. Gas yang dikategorikan sebagai GRK adalah gas yang berpengaruh, baik secara langsung atau tidak langsung terhadap efek rumah kaca. Gas-gas itu antara lain karbon dioksida (CO₂), gas

metan (CH_4), dinitrogen oksida (N_2O), karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x) dan sulfur dioksida (SO_2). Konsentrasi gas-gas ini dalam skala global secara kumulatif dipengaruhi langsung oleh aktivitas manusia, walaupun kebanyakan dari gas-gas tersebut terjadi secara alamiah.

Aktivitas pertanian berkontribusi terhadap emisi gas metana (CH_4). Gas metana ini dihasilkan oleh sawah tanaman padi dan fermentasi pencernaan dan kotoran ternak. Di samping gas metan, pertanian juga menghasilkan emisi GRK lainnya. Tanah pertanian banyak menghasilkan N_2O , pembakaran padang savana dan residu pertanian menghasilkan emisi seperti CO_2 , N_2O dan NO_x . Pertanian padi terutama yang selalu tergenang merupakan sumber dari tiga macam GRK yaitu karbondioksida (CO_2), metana (CH_4), dan dinitrogen oksida (N_2O). Karbondioksida merupakan komponen terbesar yang diemisikan dari lahan pertanian.

Hasil kajian menunjukkan pada lahan sawah, emisi N_2O berkisar 0,52-0,88 kg per hektar per musim tanam pada penggunaan pupuk urea 259 kg per hektar (Setyanto, 2008). Luas panen padi di Indonesia pada tahun 2008 tercatat sebesar 12,3 juta hektar yang tersebar di 29 provinsi (Kementrian Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia, 2009), jadi emisi N_2O dari penggunaan pupuk urea pada lahan sawah yang dihasilkan pada tahun 2008 sebesar 6.393 - 10.824 ton.

Biochar merupakan substansi arang kayu yang berpori (*porous*), sering juga disebut *charcoal* atau *agri-char*. Karena berasal dari makhluk hidup, kita sebut arang-hayati. Karbon hitam (C), disebut sebagai arang hayati/*biochar* (Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, 2009). *Biochar* merupakan hasil pembakaran tanpa oksigen dari limbah pertanian dan kehutanan seperti potongan-potongan kayu, tunggul, tempurung kelapa, tandan kosong kelapa sawit, tongkol jagung, sekam padi, kulit biji kacang-kacangan, kulit kayu, sisa usaha perikanan, dan bahan

organik daur ulang lainnya. Perkebunan karet memiliki potensi yang besar dalam menyediakan bahan baku pembuatan *biochar*. Pada saat peremajaan batang karet dimanfaatkan untuk furnitur sedangkan ranting dan tunggul belum dimanfaatkan secara maksimal.

Aplikasi *biochar* dapat meningkatkan efisiensi pemupukan dan meningkatkan ketersediaan air di dalam tanah. Hidayati (2008), melaporkan terjadi peningkatan kandungan nitrogen pada daun karet dengan aplikasi *biochar* (setara 1 ton/ha) + 0,5 dosis rekomendasi. Peningkatan efisiensi pemupukan nitrogen ini akan mengakibatkan penurunan emisi N_2O . Selain dari peningkatan efisiensi pemupukan nitrogen, aplikasi *biochar* juga meningkatkan ketersediaan air sehingga mampu mengoptimalkan pertumbuhan tanaman. Dengan pertumbuhan optimal ini maka pengikatan CO_2 melalui proses fotosintesis akan berlangsung optimal sehingga secara tidak langsung *biochar* mampu menurunkan emisi gas CO_2 .

Dalam makalah ini akan dibahas peran *biochar* baik sebagai amelioran maupun dalam mengurangi emisi gas rumah kaca serta potensi bahan baku *biochar* dari limbah biomassa perkebunan karet berdasarkan hasil studi pustaka dari penelitian yang telah dilakukan.

Fungsi *Biochar* sebagai Amelioran Tanah

Amelioran adalah bahan yang dapat meningkatkan kesuburan tanah baik melalui perbaikan sifat fisik maupun kimia (Kartikawati dan Setyanto, 2011). Di dalam tanah, *biochar* menyediakan habitat yang baik bagi mikroba tanah, tapi tidak dapat dikonsumsi mikroba seperti bahan organik lainnya. Dalam jangka panjang *biochar* tidak mengganggu keseimbangan karbon-nitrogen, bahkan mampu menahan dan menjadikan air dan nutrisi lebih tersedia bagi tanaman. Di samping mengurangi emisi dan menambah pengikatan gas rumah kaca, kesuburan tanah dan produksi tanaman pertanian juga dapat

ditingkatkan. Dua hal utama potensi *biochar* untuk bidang pertanian adalah afinitasnya yang tinggi terhadap unsur hara dan persistensinya. *Biochar* lebih persisten dalam tanah, sehingga semua manfaat yang berhubungan dengan retensi hara dan kesuburan tanah dapat berjalan lebih lama dibanding bahan organik lain yang biasa diberikan (Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, 2009).

Aplikasi *biochar* ke tanah meningkatkan ketersediaan kation utama dan fosfor, total nitrogen dan kapasitas tukar kation tanah. Ketersediaan hara yang cukup tinggi bagi tanaman merupakan dampak dari bertambahnya nutrisi secara langsung dari *biochar* dan meningkatnya retensi hara, disamping perubahan dinamika mikroba tanah. Hidayati (2008) melaporkan aplikasi *biochar* + 0,5 dosis rekomendasi meningkatkan kandungan nitrogen pada daun karet sebesar 4,13 % N dibandingkan dengan aplikasi tanpa *biochar* dan aplikasi dosis pemupukan sesuai rekomendasi yakni 2,80 % N. Hal ini menunjukkan peningkatan efisiensi pemupukan nitrogen (urea) sebesar 32%.

Keuntungan jangka panjang dari aplikasi *biochar* bagi ketersediaan hara tanaman berhubungan dengan stabilitas karbon organik yang lebih tinggi dibandingkan dengan organik yang biasa digunakan dalam budidaya pertanian. Pengaruh *biochar* terhadap produktivitas tanaman bergantung pada jumlah penggunaannya. Penelitian menunjukkan, pemberian 0,4 – 8,0 ton karbon (*biochar*) per hektar meningkatkan produktivitas tanaman sebesar 20 – 220 %, bergantung dengan komoditas yang dibudidayakan (Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, 2009).

Biochar adalah bahan yang menjanjikan untuk amelioran tanah terdegradasi karena sifat kimianya (Amonette dan Joseph, 2009), sifat hara (Chan dan Xu, 2009) dan biologis (Thies dan Rillig, 2009) serta stabilitas pada tanah (Lehmann, *et al.*, 2009).

Biochar adalah produk yang kaya akan karbon yang diperoleh saat biomassa dipanaskan dalam wadah tertutup dengan

udara yang terbatas dengan maksud yang diterapkan untuk tanah meningkatkan produktivitas tanah, penyimpanan karbon atau remediasi (Lehmann dan Joseph, 2009). Kimetu, *et al.*, (2008) melaporkan bahwa penerapan *biochar* memiliki dampak terbesar pada peningkatan produktivitas dan konsentrasi karbon organik tanah.

Fungsi *Biochar* dalam Mengurangi Dampak Pemanasan Global

Penyerapan karbon pada dasarnya adalah proses transformasi CO₂ atmosfer menjadi biomassa melalui fotosintesis dan penggabungan biomassa ke dalam tanah sebagai humus. Secara global, tanah memiliki kapasitas untuk menarik CO₂ secara substansial dari atmosfer oleh fotosintesis di tanaman (Izaurrealde, *et al.*, 2001).

Aplikasi *biochar* ke dalam tanah merupakan pendekatan baru dan untuk menjadikan suatu penampung (*sink*) bagi CO₂ atmosfer jangka panjang dalam ekosistem darat. Dalam proses pembuatannya, sekitar 50% dari karbon yang ada dalam bahan dasar akan terkandung dalam *biochar*, dekomposisi biologi biasanya kurang dari 20% setelah 5-10 tahun, sedangkan pada pembakaran hanya 3% karbon yang tertinggal (Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, 2009).

International Biochar Initiative (2011a), melaporkan *biochar* dapat menyimpan karbon dalam tanah selama ratusan bahkan ribuan tahun. *Biochar* juga meningkatkan kesuburan tanah, merangsang pertumbuhan tanaman, yang kemudian mengkonsumsi CO₂ lebih dalam efek umpan balik. Energi yang dihasilkan sebagai bagian dari produksi *biochar* dapat menggantikan energi karbon positif dari bahan bakar fosil. Efek tambahan dari penambahan *biochar* ke tanah akan mengurangi emisi gas rumah kaca dan meningkatkan penyimpanan karbon dalam tanah. Adapun prosesnya sebagai berikut:

- *Biochar* mengurangi kebutuhan pupuk, sehingga mengurangi emisi dari produksi pupuk.
- *Biochar* meningkatkan kehidupan mikroba

tanah, sehingga penyimpanan lebih banyak karbon di tanah.

- *Biochar* mengurangi emisi gas rumah kaca (NO_2) melalui peningkatan efisiensi pemupukan khususnya pupuk N.
- Mengubah limbah pertanian menjadi *biochar* dapat mengurangi metana yang dihasilkan oleh dekomposisi alami dari limbah.

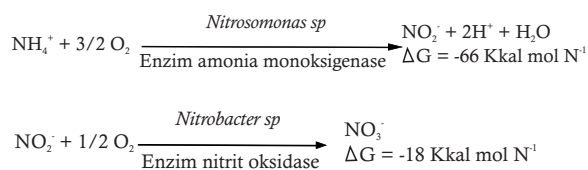
Sejalan dengan *International Biochar Initiative*, Gaunt dan Cowie (2009) melaporkan bahwa *biochar* dapat mengurangi jumlah emisi melalui mekanisme berikut:

- Menghindari emisi dari dekomposisi biomassa, melalui pengurangan potensi emisi metana ketika biomassa dibiarkan membusuk atau terdekomposisi.
- Menghindari emisi N_2O dan CH_4 dari tanah, dengan meningkatnya efisiensi pemupukan khususnya N maka akan mengurangi emisi N_2O , NO_2 dan CH_4 .
- Pengurangan pupuk dan input pertanian, dengan meningkatnya efisiensi pemupukan maka emisi yang dihasilkan dari proses pembuatan pupuk tersebut akan berkurang.
- Peningkatan hasil - hasil pertanian, dengan meningkatnya hasil pertanian maka transformasi CO_2 dari atmosfer menjadi biomassa meningkat.

Peningkatan emisi nitro-oksida (N_2O) di lahan persawahan ditentukan oleh: a) proses denitrifikasi pada kondisi tanah anaerobik dan proses nitrifikasi pada kondisi tanah aerobik, yang laju reaksinya tergantung pada perubahan kondisi tanah, dan b) proses pelepasan nitro-oksida dari tanah ke udara yang dipengaruhi oleh proses difusi dalam tanah dan kapasitas tanah untuk konsumsi nitro-oksida, yang ditentukan oleh beberapa faktor antara lain: tapak produksi dalam profil tanah, tekstur tanah, dan kandungan air tanah. Denitrifikasi merupakan proses tahap akhir dalam siklus hara nitrogen dalam suasana anaerobik yang mengembalikan nitrogen terfiksasi ke atmosfer dalam bentuk N_2 .

Gas nitro-oksida juga dapat dihasilkan dari proses nitrifikasi, yang merupakan proses aerobik baik dilakukan oleh jasad renik autotrop maupun heterotrop di dalam tanah.

Proses nitrifikasi berlangsung dua tahap secara terpisah, yaitu: a) oksidasi amonia menjadi nitrit dengan hasil antara berupa hidroksida amin, yang dilakukan oleh bakteri pengoksidasi ammonia seperti *Nitrosomonas sp.*, dan b) oksidasi nitrit menjadi nitrat dilakukan oleh bakteri pengoksidasi nitrit seperti *Nitrobacter sp.* (Wihardjaka, 2004). Tahapan reaksi nitrifikasi menurut Spotte (1979) dalam Pranoto (2007) yaitu :



Potensi Sumber Bahan Baku *Biochar*

Penanganan kayu dan tunggul yang dihasilkan dalam program peremajaan dan perluasan kebun karet masih menjadi masalah serius. Saat ini limbah kayu dan tunggul belum dimanfaatkan secara maksimal dan secara konvensional biasanya dilakukan pembakaran yang tidak terkontrol sehingga menimbulkan pencemaran lingkungan, di samping itu bila tidak ditangani dengan baik dapat menimbulkan penyakit terutama jamur akar putih (Situmorang, 2004). Limbah biomassa berbasis kebun karet dinilai potensial sebagai bahan baku pembuatan *biochar*. Suwardin, *et al.*, (2010) melaporkan potensi limbah kebun karet dalam kegiatan peremajaan mencapai 5 % per tahun (34 juta m^3), hal ini menunjukkan tingginya potensi pemanfaatan limbah biomassa kebun karet untuk dijadikan bahan baku pembuatan *biochar*.

Setiap tahunnya limbah kehutanan, perkebunan, pertanian dan peternakan yang mengandung karbon mencapai ratusan juta ton dan sering menjadi masalah dalam hal pembuangannya.

Limbah jenis ini merupakan bahan sangat potensial diubah menjadi *biochar* dalam berbagai tingkat teknologi produksi. Sebagai gambaran sederhana, dari 50 juta ton produksi gabah tiap tahunnya ikut dihasilkan sekitar 60 juta ton merupakan "limbah" (jerami dan

sekam padi) yang dapat diproses menjadi *biochar* (Gani, 2010).

Pembuatan *Biochar*

Biochar dapat diproduksi melalui sistem pirolisis atau gasifikasi. Pada sistem pirolisis, *biochar* diproses tanpa oksigen dan menggunakan sumber panas dari luar. Sistem gasifikasi menghasilkan *biochar* dalam jumlah yang kecil dan proses pembuatannya menggunakan sumber panas langsung dari udara yang dialirkan. Produksi *biochar* akan lebih optimal pada kondisi tanpa oksigen (Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, 2009).

Beberapa teknik pembuatan *biochar* telah tersedia dari yang tradisional sampai maju. Cara mana yang terbaik tergantung pada ketersediaan sumber daya dan skala usaha.

Bahan dasar yang digunakan akan mempengaruhi sifat-sifat *biochar* itu sendiri dan mempunyai efek yang berbeda-beda terhadap produktivitas tanah dan tanaman. Bahan baku pembuatan *biochar* umumnya adalah residu biomassa pertanian atau kehutanan, termasuk potongan kayu, tempurung kelapa, tandan kelapa sawit, tongkol jagung dan sekam padi atau kulit buah kacang-kacangan, kulit-kulit kayu, sisa-sisa usaha perikanan, serta bahan organik daur-ulang lainnya. Bila limbah tersebut mengalami pembakaran dalam keadaan tanpa oksigen akan dihasilkan 3 substansi, yaitu: a) metana dan hidrogen yang dapat dijadikan bahan bakar, b) bio-oil yang dapat diperbaharui, dan

c) arang hayati (*biochar*).

Pada kondisi produksi terkontrol, karbon biomassa diikat dalam *biochar* dengan hasil samping berupa bioenergi dan *bio-product* lainnya. *Biochar* dapat dihasilkan dari sistem pirolisis atau gasifikasi. Kedua sistem produksi tersebut dapat dijalankan melalui unit-unit yang mobil atau menetap. Sistem pirolisis dan gasifikasi skala kecil yang dapat digunakan di lapang atau industri kecil mempunyai kapasitas 50-1.000 kg/hari. Pada tingkat lokal atau regional, unit-unit pirolisis dan gasifikasi dapat dioperasikan oleh operasi atau industri yang besar, dan dapat memproses sampai 4.000 kg biomassa per jam (Gani, 2010).

Kesimpulan

Peningkatan emisi gas rumah kaca sudah menjadi perhatian dunia dan upaya meminimalisir dampaknya telah banyak dilakukan namun belum mampu memberikan hasil yang nyata sehingga perlu lebih banyak lagi alternatif lain dalam menangani masalah tersebut.

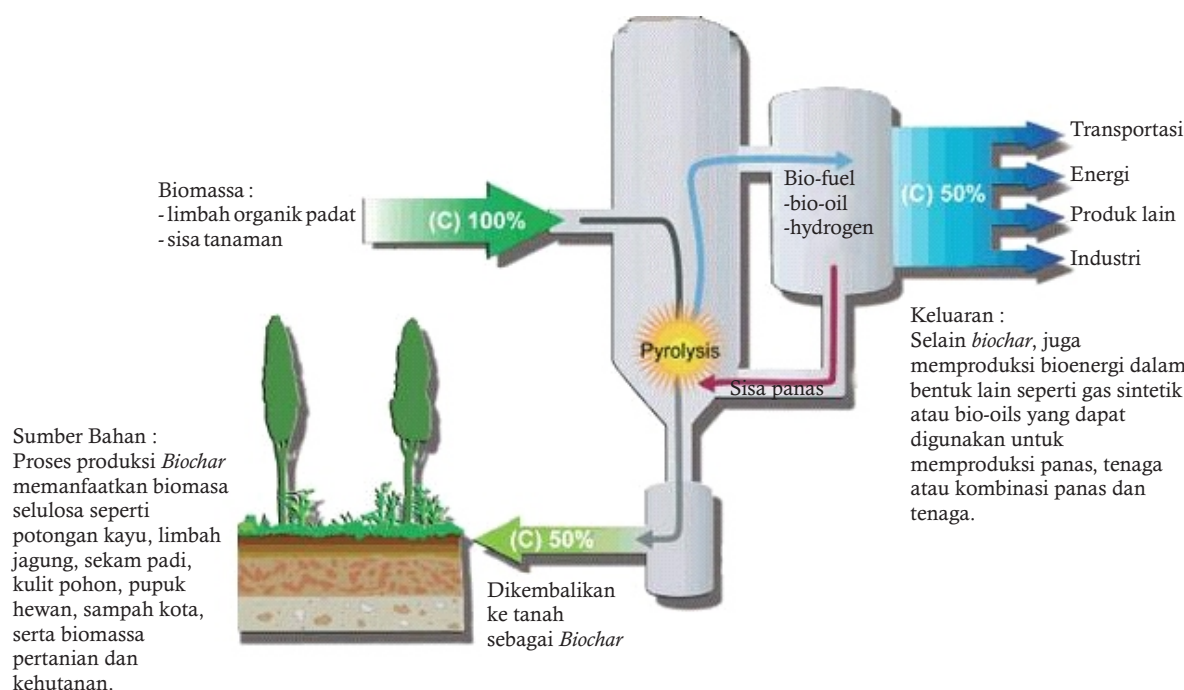
Dari hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan, bahwa *biochar* merupakan salah satu alternatif dalam peningkatan produktivitas lahan-lahan pertanian serta mendukung terwujudnya pertanian yang berkelanjutan. Peran *biochar* dalam menurunkan emisi gas rumah kaca sangat besar melalui mekanisme-mekanisme, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Perkebunan karet berpotensi besar dalam menyediakan bahan baku pembuatan *biochar*

Tabel 1. Potensi biomassa pembuatan *biochar* dari berbagai industri berbasis agroindustri

| No | Jenis industri | Kapasitas pabrik | Potensi biomassa |
|----|-----------------------|-----------------------------------|--|
| 1. | Penggergajian kayu | 1.000-3.000 m ³ /th | 0,6 m ³ limbah kayu /m ³ |
| 2. | Pabrik <i>plywood</i> | 40.000-120.000 m ³ /th | 0,8 m ³ limbah kayu/m ³ <i>plywood</i> |
| 3. | Pabrik gula | 1.000-4.000 TCD | 0,3 ton bagase/ton gula |
| 4. | Penggilingan padi | <0,7 t/jam >0,7 t/jam | 280 kg sekam/ton padi |
| 5. | Pabrik CPO | 20-60 ton TBS/jam | 0,2 ton tandan kosong/ton TBS 0,2 serabut/ton TBS 70 kg cangkang/ton TBS |

Sumber: Suwardin, *et al*, (2010)



Gambar 1. Proses produksi *biochar* dari limbah biomassa (International Biochar Initiative, 2011b)

melalui limbah biomassa pada saat peremajaan yang selama ini penanganannya kurang optimal.

Daftar Pustaka

- Amonette, J. E. and S. Joseph. 2009. Characteristics of biochar: microchemical properties. J. Lehmann and S. Joseph (Eds). *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. Earthscan, London.
- Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. 2009. *Biochar penyelamat lingkungan*. Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Vol. 31 No: 6.
- Chan, K. and Z. Xu. 2009. Biochar: nutrient properties and their enhancement. J. Lehmann and S. Joseph (Eds). *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. Earthscan, London.
- Gani, A. 2010. Multiguna arang - hayati biochar. *Sinar Tani Edisi 13 – 19 Oktober 2010*.
- Gaunt, J. and A. Cowie. 2009. Biochar, greenhouse gas accounting and emissions trading. J. Lehmann and S. Joseph (Eds). *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. Earthscan, London.
- Hidayati, U. 2008. Pemanfaatan arang cangkang kelapa sawit untuk memperbaiki sifat fisika tanah yang mendukung pertumbuhan tanaman karet. *Jurnal Penelitian Karet*, 2008, 26(2): 166-175.
- International Biochar Initiative. 2011a. How much carbon can biochar systems offset- and when?. <http://www.biochar-international.org>. Didownload 20 April 2011.
- International Biochar Initiative. 2011b. *Biochar Technology*. <http://www.biochar-international.org>. Didownload 20 April 2011.
- Izaurrealde, R. C., N. J. Rosenberg, and R. Lal. 2001. Mitigation of climatic change by soil carbon sequestration: issues of science, monitoring, and degraded lands. *Advances in Agronomy* 70, 1-75.

- Kartikawati, R. dan P. Setyanto. 2011. Ameliorasi tanah gambut meningkatkan produksi padi dan menekan emisi gas rumah kaca. Sinar Tani, 2 Maret 2011.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia. 2009. Emisi gas rumah kaca dalam angka. Asisten Deputi Urusan Data dan Informasi Lingkungan Kementerian Negara Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Kimetu, J. M., J. Lehmann, S. O. Ngoze, D. N. Mugendi, J. Kinyangi, S. J. Riha, L. Verchot, J. W. Recha, and A. N. Pell. 2008. Reversibility of soil productivity decline with organic matter of differing quality along a degradation gradient. *Ecosystems* 11, 726-739.
- Lehmann, J., C. Czimczik, D. Laird, and S. Sohi. 2009. Stability of biochar in soil. J. Lehmann and S. Joseph (Eds). *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. Earthscan, London.
- Lehmann, J. and S. Joseph. 2009. Biochar for environmental management: an introduction. J. Lehmann and S. Joseph (Eds). *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. Earthscan, London.
- Pranoto, S. H. 2007. Isolasi dan seleksi bakteri nitrifikasi dan denitrifikasi sebagai agen bioremediasi pada media pemeliharaan udang vaname *Litopenaeus vannamei*. Skripsi. Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Setyanto, P. 2008. Perlu inovasi teknologi mengurangi emisi gas rumah kaca dari lahan pertanian. Sinar Tani, 23-29 April 2008.
- Situmorang, A. 2004. Status dan manajemen pengendalian penyakit jamur akar putih di perkebunan karet. Dalam Prosiding Pertemuan Teknis: Strategi Pengelolaan Penyakit Tanaman Karet untuk Mempertahankan Potensi Produksi Mendukung Industri Perkaretan Indonesia tahun 2020. Balai Penelitian Sembawa, Palembang.
- Suwardin, D., M. Purbaya, A. Vachlepi, M. Solichin, dan A. Anwar. 2010. Pemanfaatan limbah kebun dan pabrik karet sebagai sumber bioenergi untuk substitusi penggunaan energi fosil minimal 25%. Laporan Akhir Kegiatan Penelitian 2010. Balai Penelitian Sembawa, Pusat Penelitian Karet, Palembang.
- Thies, J. and M. Rillig. 2009. Characteristics of biochar: biological properties. J. Lehmann and S. Joseph (Eds). *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. Earthscan, London.
- Wihardjaka, A. 2004. Mewaspada emisi gas nitro-oksida dari lahan persawahan. <http://www.litbang.deptan.go.id/berita/one/148/>. Didownload 18 April 2011.