

## Pengaruh Biochar Berbasis *Biofertilizer* untuk Meningkatkan Produksi Sawi (*Brassica juncea L.*)

### The Effect of Biochar Based Biofertilizer to Increase Mustard (*Brassica juncea L.*) Yield Plantation

Suseno Ari Wibowo<sup>1\*</sup>, Eko Chandra Wiguna<sup>1</sup>, Buana Susilo<sup>1</sup>,  
Lengga Nurullah Dalimartha<sup>1</sup>, Endry Nugroho Prasetyo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> PT Gudang Garam Tbk. Direktorat Produksi Gempol Desa Sumberuko, Kecamatan Gempol, Kab. Pasuruan

<sup>2</sup>Departemen Biologi FIPIA-ITS, Kampus ITS Keputih Sukolilo Surabaya 60111

\*Corresponden author: suseno.wibowo@gudanggaramtbk.com

**Abstract:** Mustard high-yield plantation are mostly supported by utilization of inorganic fertilizer. However, this could increase soil acidity and give negative impact to the environment. Biochar, a soil amendment, has potential as a valuable tool for the agricultural with ability to help build soil, conserve water, and sequester carbon. Further, biochar could be as well combined with biofertilizer to increase soil nutrient. This study aims to understand the influence of combining biochar with biofertilizer on mustard yield plantation..Ten groups of combination was carried out on this study namely P1: without fertilizer (control), P2:biochar, P3:NPK, P4:biochar + bacteria, P5:biochar + mycorrhizal, P6:biochar + NPK, P7:biochar + bacteria + NPK, P8:biochar + mycorrhizal + NPK, P9:biochar + mycorrhizal + bacteria, P10:biochar + bacteria + mycorrhizal + NPK. The addition of biochar on biofertilizer showed significantly increasing of mustard biomass and yield by 6,85 gram and 12015 kg/ha respectively.

**Keywords:** Biofertilizer, Biochar, Mustard

## 1. PENDAHULUAN

Penggunaan pupuk kimia pada tanaman sawi oleh petani saat ini lebih tinggi dibandingkan penggunaan pupuk organik. Menurut Sutanto (2002), pemberian pupuk anorganik yang tidak seimbang dengan tujuan untuk meningkatkan produksi dalam jangka panjang dapat menimbulkan masalah terutama kesehatan lahan tanaman dan lingkungan. Fadillah (2007) menambahkan, tanah sawah yang terus-menerus dipupuk anorganik tanpa mengembalikan jerami ke lahan sawah mengakibatkan banyak hara yang hilang akibat terangkut saat panen, pencucian dan erosi. Kondisi demikian mengakibatkan rusaknya sifat fisik, sifat kimia dan biologi tanah sehingga kesuburan tanah akan semakin menurun. Kesadaran akan lingkungan yang sehat telah mendorong perkembangan produk-produk alternatif yang ramah lingkungan salah satunya adalah penggunaan pupuk hayati (*biofertilizer*).

Pupuk hayati dapat berisi bakteri atau fungi yang berguna bagi tanaman. Beberapa bakteri yang digunakan dalam pupuk hayati antara lain *Azotobacter sp.*, *Azospirillum sp.*, *Lactobacillus sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Rhizobium sp.*, dan mikoriza. Isolat bakteri tersebut dapat memacu pertumbuhan tanaman padi dan jagung di rumah kaca dan di lapang (Hamim, 2008). Tombe (2008) menambahkan, pupuk hayati bertujuan untuk meningkatkan jumlah

mikroorganisme dan mempercepat proses mikrobiologis untuk meningkatkan ketersediaan hara, sehingga dapat dimanfaatkan oleh tanaman.

Biochar merupakan karbon aktif yang mengandung mineral seperti kalsium (Ca) atau magnesium (Mg) dan karbon anorganik. Dengan kandungan senyawa organik dan anorganik yang terdapat di dalamnya, biochar banyak digunakan sebagai bahan untuk meningkatkan kualitas tanah, khususnya tanah marginal atau lahan kering (Rondon *et al.*, 2007; Hunt *et al.*, 2010). Bio-char dapat berfungsi sebagai pembenah tanah, meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan memasok sejumlah nutrisi yang berguna serta meningkatkan sifat fisik dan biologi tanah (Glasser *et al.*, 2002; Lehmann *et al.*, 2003; Steiner, 2007).

Meskipun telah banyak studi yang menjelaskan bahwa biochar memperbaiki sifat fisik tanah namun pengaruh biochar terhadap populasi mikrobia tanah belum sepenuhnya diketahui (Lehmann *et al.*, 2011). Anders *et al.*(2013) menjelaskan bahwa perubahan populasi mikrobia tanah akibat aplikasi biochar bersifat tidak langsung dan bergantung pada kondisi tanah dan tanaman. Maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aplikasi *biofertilizer* berbasis biochar terhadap produksi tanaman sawi.



## 2. BAHAN DAN METODE

### 2.1 Waktu dan tempat penelitian

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan di lahan percobaan PT. Gudang Garam Tbk, Desa Summersuko, Kabupaten Pasuruan dengan ketinggian tempat 261 meter di atas permukaan laut. Penelitian ini dimulai pada bulan Februari hingga April 2016.

### 2.2 Pembuatan inokulum *biofertilizer*

*Pseudomonas sp* dan *Azospirillum sp* yang digunakan merupakan koleksi isolat murni milik PT. Gudang Garam Tbk. Isolat murni *Pseudomonas sp* ditumbuhkan pada medium *Pikovskaya* cair (Himedia Lab) sedangkan *Azospirillum sp* ditumbuhkan pada medium *Asbhy Mannitol* cair (Himedia Lab) kemudian dihomogenkan menggunakan shaker (Inforst Incubator Shaker, Swiss) dengan kecepatan angular 80 rpm selama 48 jam atau hingga mencapai kerapatan sel  $10^9$ - $10^{10}$  CFU/ml.

Pupuk mikoriza dibeli dari CV. Centra Biotech Indonesia dalam bentuk kompos dengan kandungan spora antara 30-60 unit/gram.

### 2.4 Pembuatan biochar

Biochar dibuat dari debu dan stem jengkok tembakau pada suhu 700°C selama 10 menit. Pembuatan dilakukan dengan sistem *pyrolysis* menggunakan mesin Takasago milik PT. Gudang Garam Tbk. Biochar yang dihasilkan oleh mesin takasago kemudian diberi air hingga mencapai kadar air 15-25% agar tidak terbakar.

### 2.3 Rancangan penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan sepuluh perlakuan yaitu, P1 : Tanpa Pupuk (kontrol), P2 : Biochar, P3 : NPK, P4 : Biochar + Bakteri, P5 : Biochar + Mikoriza, P6 : Biochar + NPK, P7 : Biochar + Bakteri + NPK, P8 : Biochar + Mikoriza + NPK, P9 : Biochar + Mikoriza + Bakteri, P10 : Biochar + Bakteri + Mikoriza + NPK. Masing-masing perlakuan memiliki 4 ulangan.

Data hasil pengamatan dianalisis dengan menggunakan uji F pada taraf  $\alpha = 0,05$  untuk mengetahui terdapat tidaknya pengaruh nyata dari perlakuan. Apabila terdapat pengaruh nyata, maka dilanjutkan dengan uji antar perlakuan dengan menggunakan Duncan pada taraf  $p = 0,05$ .

### 2.4 Budidaya tanaman

Media tanam dibuat menggunakan polibag ukuran 5 kg. Masing-masing perlakuan dicampurkan dengan tanah terlebih dahulu sebelum dimasukkan kedalam polibag. Dosis biochar yang digunakan adalah 50 gram per polibag atau 5 ton/ha, sedangkan pupuk NPK menggunakan dosis 10 gram per polibag.

Aplikasi bakteri dilakukan pada saat tanam dengan cara kocor kedalam lubang tanam dengan dosis  $10^8$  CFU/ml sebanyak 20 ml, sedangkan aplikasi mikoriza dilakukan dengan dosis 10 gram per lubang tanam.

Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman yang dilakukan dua kali sehari yaitu pagi dan sore hari atau disesuaikan dengan kondisi lapangan. Penyiangan dilakukan secara manual dengan mencabut rumput yang tumbuh dalam polibag. Pengendalian hama dilakukan dengan cara manual dengan mengambil dan membuang hama yang terdapat di areal penelitian.

### 2.5 Parameter penelitian

Parameter penelitian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi populasi mikroba penambat nitrogen dan pelarut fosfat, berat basah, jumlah daun dan yield tanaman.

Pengamatan populasi mikrobia di rhizosfer tanaman dilakukan secara destruktif dengan mengambil 2 tanaman contoh untuk setiap perlakuan yang dilakukan pada saat tanam berumur 1 hari setelah tanam (hst), dan pada saat panen (45 hst). Dua puluh lima gram tanah yang diambil dan dikeringanginkan kemudian dimasukkan ke dalam 225 ml aquades steril, kemudian dihomogenkan menggunakan shaker selama 1 jam dengan kecepatan 120 rpm. Sebanyak 1 ml dari ekstrak tersebut dimasukkan dalam tabung reaksi berisi 9 ml aquadest steril, kemudian di kocok hingga homogen dan 1 ml dipindahkan ke tabung berikutnya, begitu seterusnya hingga terjadi seri pengenceran  $10^{-1}$ - $10^{-9}$ . Sample air sebanyak 0,1 ml diambil dari masing-masing pengenceran kemudian diinokulasikan kedalam medium *asbhy mannitol agar* (untuk bakteri penambat nitrogen) dan *pikovskaya agar* (untuk bakteri pelarut fosfat) dengan metode *spread plate*. Hasil inokulasi kemudian diinkubasi selama 72 jam hingga muncul koloni. Jumlah koloni yang tumbuh diamati dan dihitung.

Parameter agronomi diamati pada saat panen yang meliputi berat kering (gram), jumlah daun (helai), dan *yield* (kg/ha). Pengamatan berat kering dilakukan dengan cara mengambil sebanyak 2 contoh tanaman pada masing-masing ulangan kemudian dioven (Binder FED-240, Jerman) pada suhu 70°C hingga didapatkan berat yang stabil.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Karakteristik biochar

Tabel 1. Karakteristik Biochar Jengkok Tembakau

| Parameter                           | Satuan | Hasil  |
|-------------------------------------|--------|--------|
| C-Organik                           | %      | 27,06  |
| C/N ratio                           | -      | 18,66  |
| Moisture                            | %      | 18,49  |
| Arsenic (As)                        | ppm    | 0,27   |
| Mercury (Hg)                        | ppm    | 0,19   |
| Lead (Pb)                           | ppm    | < 0,1  |
| Cadmium (Cd)                        | ppm    | < 0,1  |
| pH (10% in water)                   | -      | 9,74   |
| Nitrogen (N)                        | %      | 1,44   |
| Total P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | %      | 0,62   |
| K <sub>2</sub> O                    | %      | 3,66   |
| Total Iron (Fe)                     | ppm    | 1680,5 |
| Available Iron (Fe)                 | ppm    | 1,6    |
| Manganese (Mn)                      | ppm    | 229,2  |
| Zinc (Zn)                           | ppm    | 72,1   |

Jengkok tembakau yang diolah dengan proses *pyrolysis* menghasilkan biochar yang telah memenuhi syarat sebagai bahan pembenah dan atau pupuk organik tanah sesuai dengan Permentan No 70 tahun 2011. Bahkan K<sub>2</sub>O memiliki kadar 3,66 % jauh lebih tinggi daripada SNI 19-7030-2004 tentang standard kualitas kompos yang hanya 0,2 %. Kadar cemaran logam juga dibawah ambang batas maksimal Permentan dan SNI. Kandungan NPK biochar dari material jengkok tembakau juga lebih tinggi dibandingkan kayu, cangkang kelapa, dan sekam padi pada penelitian yang dilakukan oleh Widowati *et al.* (2014).

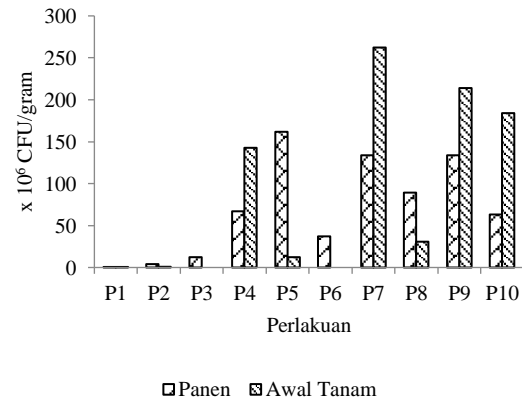
Menurut Lehman *et al.* (2011) kadar dan bentuk unsur hara yang terdapat dalam biochar sangat mempengaruhi populasi dan aktivitas mikrobia terutama karbon dan nitrogen. Mikroorganisme menggunakan karbon dan nitrogen sebagai sumber energi untuk hidup. Maka dari itu dapat dimungkinkan perbedaan karakteristik biochar mempengaruhi keberhasilan aplikasi *biofertilizer*.

Respon tanaman terhadap biochar sangat bergantung kepada material dan cara pembuatan biochar (Major *et al.*, 2009). Kandungan mineral biochar juga akan bervariasi bergantung kepada material yang digunakan (Yao *et al.*, 2012).

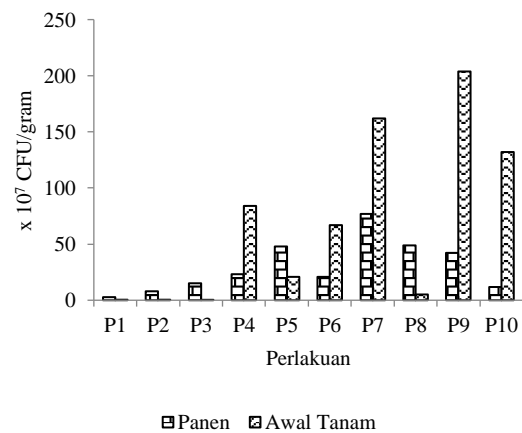
#### 3.2. Populasi mikrobia penambat nitrogen dan pelarut fosfat pada rhizosfer di awal tanam dan panen

Total populasi bakteri penambat nitrogen disajikan pada Gambar 1. Populasi bakteri penambat nitrogen terbanyak terdapat pada P5. Hal ini menarik dikarenakan pada P5 tidak dilakukan inokulasi mikrobia. Pada penelitian yang dilakukan oleh Morrison *et al.* (2017) diketahui bahwa inokulasi mikoriza pada tanaman jagung meningkatkan populasi bakteri penambat nitrogen.

Pada perlakuan P4 dapat dilihat perbedaan populasi bakteri penambat nitrogen di rhizosfer tanaman pada saat awal tanam dan setelah panen memiliki selisih hingga 50%. Keadaan yang sama juga dijumpai pada perlakuan P7, P9, dan P10. Hal ini menunjukkan bahwa inokulum bakteri yang diaplikasikan memiliki kemampuan bertahan hidup yang rendah. Ketahanan hidup bakteri dalam rhizosfer tanaman sangat dipengaruhi faktor fisika kimia tanah, dan kompetisi (Waksman *et al.*, 1963; Taha *et al.*, 1969; Jha *et al.*, 1992)



Gambar 1. Populasi bakteri penambat nitrogen rhizosfer tanaman sawi pada saat awal tanam dan panen



Gambar 2. Populasi bakteri pelarut fosfat rhizosfer tanaman sawi pada saat awal tanam dan panen

Populasi bakteri pelarut fosfat disajikan pada Gambar 2. Populasi bakteri pelarut fosfat terbanyak terdapat pada P7. Hal ini dikarenakan pada P7 dilakukan inokulasi bakteri pelarut fosfat yaitu *Pseudomonas sp.*

Pada seluruh perlakuan yang menggunakan aplikasi inokulum *Pseudomonas sp* memperlihatkan perbedaan populasi bakteri pelarut fosfat yang besar pada saat awal tanam dan panen. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri *Pseudomonas sp* yang diaplikasikan kurang mampu bertahan hidup di dalam tanah.



### 3.2. Berat kering tanaman

Hasil pengukuran berat kering pada Table 2 menunjukkan bahwa perlakuan memberikan beda nyata. Perlakuan biochar ditambah dengan mikoriza menghasilkan sawi dengan berat 188% lebih besar daripada aplikasi NPK saja. Hal ini sesuai dengan penelitian Ishii and Kadoya (1994) yang menyatakan bahwa penambahan biochar memperbaiki karakter fisik dan kimia tanah sehingga menambah ketersediaan nutrisi dan meningkatkan kemampuan kolonisasi mikoriza pada akar tanaman. Meningkatnya kemampuan kolonisasi mikoriza akan dapat meningkatkan produktivitas tanaman.

Tabel 2. Berat kering tanaman hasil panen

| Perlakuan | Berat Kering (gram) |
|-----------|---------------------|
| P1        | 1,86 <sup>a</sup>   |
| P2        | 4,50 <sup>cde</sup> |
| P3        | 3,64 <sup>bc</sup>  |
| P4        | 4,11 <sup>bcd</sup> |
| P5        | 6,85 <sup>f</sup>   |
| P6        | 3,89 <sup>bcd</sup> |
| P7        | 4,95 <sup>de</sup>  |
| P8        | 5,23 <sup>e</sup>   |
| P9        | 5,20 <sup>e</sup>   |
| P10       | 3,28 <sup>b</sup>   |

Penelitian yang dilakukan oleh Kharisma *et. al* (2013) menyatakan bahwa kombinasi penggunaan mikoriza dan bakteri pelarut fosfat akan membuat penyerapan fosfat pada tanaman lebih optimal. Hal ini menjelaskan hasil berat basah pada P5 lebih besar meskipun pada parameter populasi bakteri pelarut fosfat di rhizosfer tanaman lebih tinggi pada P7.

Kombinasi seluruh perlakuan pada P10 memberikan hasil berat kering yang tidak optimal yaitu 3,28 gram. Penyebab tidak optimalnya hasil perlakuan P10 belum diketahui secara pasti. Waksman *et al.*, (1963) menyatakan bahwa kemampuan hidup mikroorganisme di dalam tanah sangat tergantung pada kompetisi sesama mikroorganisme yang menggunakan sumber energi yang sama. Kombinasi perlakuan pada P10 dapat dicoba dengan metode yang berbeda seperti aplikasi *biofertilizer* dalam bentuk biofilm agar memperoleh kombinasi bakteri dan jamur dengan tingkat kompetisi paling rendah sehingga lebih efektif.

### 3.3 Jumlah daun tanaman

Aplikasi berbagai pupuk hayati berbasis biochar sebagai pupuk dasar tidak memperlihatkan perbedaan nyata bila dibandingkan dengan perlakuan tanpa tanpa pupuk (P1) pada parameter jumlah daun (Tabel 3). Hasil yang sama juga didapatkan pada penelitian Gudhadhe *et al.*, (2005) yang menunjukkan bahwa aplikasi inokulum bakteri penambat nitrogen dan pelarut fosfat tidak mempengaruhi jumlah daun sawi.

Tabel 3. Jumlah daun tanaman hasil panen

| Perlakuan | Jumlah daun (Helai) |
|-----------|---------------------|
| P1        | 15,13               |
| P2        | 15,75               |
| P3        | 16,13               |
| P4        | 16,13               |
| P5        | 20,25               |
| P6        | 16,88               |
| P7        | 18,75               |
| P8        | 19,13               |
| P9        | 17,38               |
| P10       | 17,63               |

### 3.4 Hasil panen (Yield)

Hasil pengukuran *yield* disajikan pada Table 4. Analisis statistik menunjukkan bahwa perlakuan memberikan beda nyata pada *yield* tanaman. *Yield* terbesar didapatkan dari P5. Dari hasil ini diketahui pula bahwa biochar yang dikombinasikan dengan mikoriza lebih efektif memberikan pengaruh pada produktivitas tanaman sawi daripada biochar yang dikombinasikan dengan bakteri penambat nitrogen atau pelarut fosfat. Perlakuan mikoriza yang ditambah dengan biochar meningkatkan *yield* hingga 200% jika dibandingkan dengan tanpa pupuk atau 133% jika dibandingkan dengan pemupukan NPK saja.

Meskipun dalam perlakuan P8, P9, dan P10 juga diaplikasikan dengan mikoriza namun hasil *yield* tidak menunjukkan peningkatan yang besar. Dalam beberapa penelitian diketahui kolonisasi mikoriza dapat menurun jika ketersediaan P dalam tanah besar (Corbin *et al.*, 2003; Covacevich *et al.*, 2006; Gryndler *et al.*, 2006). Kemungkinan hal ini juga terjadi pada P8, P9, dan P10, Ketersediaan P dalam tanah menjadi besar akibat aplikasi pupuk NPK dan *Pseudomonas sp* (bakteri pelarut fosfat) sehingga kolonisasi mikoriza tidak maksimal.

Tabel 4. *Yield* panen sawi

| Perlakuan | <i>Yield</i> (kg/ha)* |
|-----------|-----------------------|
| P1        | 5794 <sup>a</sup>     |
| P2        | 8991 <sup>cd</sup>    |
| P3        | 7086 <sup>b</sup>     |
| P4        | 10096 <sup>d</sup>    |
| P5        | 12015 <sup>e</sup>    |
| P6        | 7050 <sup>b</sup>     |
| P7        | 9360 <sup>cd</sup>    |
| P8        | 8620 <sup>c</sup>     |
| P9        | 9093 <sup>cd</sup>    |
| P10       | 6623 <sup>e</sup>     |

\*kerapatan tanam 80.000 tanaman/ha

## 4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa perpaduan aplikasi *biofertilizer* berbasis biochar memberikan perbedaan nyata pada berat kering dan *yield* tanaman sawi. Aplikasi mikoriza yang



dipadukan dengan biochar mampu meningkatkan berat kering dan *yield* tanaman sawi yaitu masing-masing 6,85 gram dan 12 Ton/Ha.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada PT Gudang Garam Tbk atas dukungan dana, peralatan, dan tempat untuk seluruh kegiatan penelitian ini.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Corbin, J.D., Avis, P.G., Wilbur, R.B. (2003). The role of phosphorus availability in the response of soil nitrogen cycling, understory vegetation and arbuscular mycorrhizal inoculum potential to elevated nitrogen inputs. *Water, Air, & Soil Pollution* 147 : 141-161.
- Covacevich, F., Marino, M.A., Echeverrica, H.E. (2006). The phosphorus source determines the arbuscular mycorrhizal potential and the native mycorrhizal colonization of tall fescue and wheatgrass. *European Journal of Soil Biology* 42 : 127-138.
- Fadillah, N. (2007). Pengaruh Kombinasi Jenis Pupuk Organik dengan Dosis Pupuk Inorganik terhadap Pertumbuhan dan Hasil Padi Sawah Varietas Way Apo Buru dan Raja Bulu. Skripsi. Program Studi Agronomi, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor. 46 hlm.
- Glaser, B., Lehmann, J., & Zech, W. 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal - a review. *J Biology and Fertility of Soils* 35 : 219-230.
- Gryndler, M., Larsen, J., Hrselovac, H., Rezaccovac, V., Gryndlerovac, H., Kubact, J., (2006). Organic and mineral fertilization, respectively, increase and decrease the development of external mycelium of arbuscular mycorrhizal fungi in a longterm field experiment. *J Mycorrhiza* 16 : 159-166.
- Gudhadhe, N. N., S. Mankar, V. S Khawale, K. P. Dongakar. (2005). Effect of biofertilizer on growth and *yield* of mustard. *J. Soil and corps* 15 : 160-162.
- Hunt J., DuPont M., Sato D., Kawabata A. (2010). *The basics of biochar: a natural soil admendment*. University of Hawaii at Manoa, Soil and Crop Management, 12.
- Ishii T, Kadoya K. (1994). Effects of charcoal as a soil conditioner on citrus growth and vesicular-arbuscular mycorrhizal development. *J Japan Soc Hort Sci* 63 : 529 – 535
- Jha, D.K., G.D. Sharma, and R.R. Mishara. (1992). Ecology of soil microflora and mycorrhizal symbionts. *Biologi Fertilizer Soils* 12 : 272-278.
- Lehman, J., M. C. Rillig, J. Thies, C. A. Masiello, W.C. Hockaday, D. Crowley. (2011). Biochar effect on soil biota. *Soil Biology and Biochemistry* 43 : 1812-1836.
- Lehmann J, da Silva JJP, Steiner C, Nehls T, Zech W, Glaser B. (2003). Nutrient availability and leaching in an archaeo-logical Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. *J Plant Soil* 249 : 343 – 357
- Major, J., Steinerm, C., Downiem, A. and Lehmann, J. (2009). Biochar effects on nutrient leaching. In:Lehmann, J. and Joseph, S. (eds), *Biochar for Environmental Management*. Science and Technology. Earthscan: London, UK, p. 271–287.
- Morrison, E., L. Lagos, A. Al-Algely, H. Glaab, W. Johnson, M. A. Jouquera, A. Ogram. (2017). Mycorrhizal inoculation increase genes associated with nitrification and improved nutrient retention in soil. *J Biol Fertil Soil* 53 : 275-279.
- Rondon, M.A., J. Lehmann, J. Ramirez, & M. Hurtado, (2007). Biological nitrogen fixation by common beans (*phaseolus vulgaris* L.) increases with bio-char additions. *J. Biology and Fertility Soils* 43: 699-708.
- Steiner C, Teixeira WG, Lehmann J, Nehls T, de Macedo JLV, Blum WEH, 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. *J Plant Soil* 291: 275 – 290
- Sutanto, R. 2002. Penerapan Pertanian Organik. Kanisius. Yogyakarta.
- Taha, S.M. S.A.Z. Machmoud, A. Halim El Damaty and A.M. Abd. El Hafez. (1969). Activity of phosphate dissolving bacteria in Egyptian soils. *Plant and Soil* 31 (1) : 151-160
- Waksman, S A. (1963). *Soil Microbiology*. New York: John Willey and Sons Inc.
- Widowati. Asnah, W. H. Utomo. (2014). The use of biochar to reduce nitrogen and potassium leaching from soil cultivated with maize. *Journal of Degraded and Mining Land Management* 2 : 211-218
- Yao, Y., Gao, B., Zhang, M., Inyang, M. and Zimmerman, A.R. (2012). Effect of biochar amendment on sorption and leaching of nitrate, ammonium, and phosphate in a sandy soil. *Chemosphere* 89 : 1467–1471.