

## PERANAN BIOCHAR SEBAGAI PEMBENAH TANAH PADA PERTANAMAN JAGUNG DI TANAH LEMPUNG BERPASIR (*SANDY LOAM*) SEMIARID TROPIS LOMBOK UTARA

Sukartono<sup>1)</sup> dan W.H. Utomo<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Pusat Penelitian dan Pengembangan Laban Kering Universitas Mataram,

<sup>2)</sup> International Research Centre for Management of Degraded and Mining Lands, University of Brawijaya

### Abstract

The aims of this study to were evaluate potential of biochar for improving several soil physical characteristics and yield of maize in a sandy loam soil of North Lombok during three cycles of sowing times (December 2010-October 2011). Five treatments, i.e. application of coconut sheld biochar (BTK), application of cow dung biochar (BKS), application of famyard manure only for one season (PKA), applications of famyard manure each season (PKB) and control (K). Biochar application increased C-organic, and concentration of nutrient (N, P, K, Ca and Mg), absorption of N, P, K and seed yield. During three seasons, application of biochar led to higher C-organic content and more stabile compared with famyard manure application. It indicated that biochar was potential for sequenstration of CO<sub>2</sub>, increased micro pores and soil water retention. Water holding capacity of biochar treatment was higher than PKA (application famyard manure only for one season) and control. Maize plants showed positive response to biochar applications. Seed yield of maize for three cyles of seasons were 5,54 t/ha, 5,51 t/ha for BTK and BKS, repectively. Application of manure each season, application of famyard manure at one season and control treatments yielded 5,62, 5,36 and 4,83 t/ha of maize seed, respectively.

*Key words: biochar, physio-chemical soil, maize , dryland*

### Pendahuluan

Aspek biofisik lahan yang menjadi kendala penting sistem pertanian di lahan kering tropis ialah kualitas kesuburan tanah yang rendah, antara lain dicirikan oleh kandungan bahan organik tanah (BOT) dan retensi hara yang rendah. BOT berperan sangat penting dalam menentukan kualitas kesuburan tanah karena anasir ini mempengaruhi sifat fisiko-kimia dan biologi tanah yang menentukan tingkat produktivitas tanaman.

Penambahan bahan organik dalam bentuk mulsa, kompos, dan pupuk

kandang telah populer meningkatkan kesuburan tanah. Akan tetapi pada lingkungan tropis, manfaatnya berlangsung singkat satu sampai dua musim tanam saja, karena proses oksidasi/mineralisasi bahan organik berlangsung sangat cepat. Dengan demikian maka porsi senyawa karbon organik yang dapat bertahan dalam tanah kecil karena sebagian besar dilepaskan dalam bentuk CO<sub>2</sub> ke atmosfer. Tanah yang miskin C-organik mempunyai kemampuan penyanggaan (*buffering capacity*) rendah sehingga unsur hara tanah yang ditambahkan dalam bahan pupuk menjadi semakin rentan terhadap proses pencucian, sehingga efisiensi pemupukan menjadi

rendah. Aplikasi pupuk kandang sebagai sumber bahan organik membutuhkan takaran dan intensitas pemberian yang tinggi (i.e. >30 t/ha). Akan tetapi di tingkat petani, penambahan dalam jumlah besar setiap musim tanam kerap kali tidak rasional dan sangat sulit diterapkan petani di lahan kering.

Di Lombok Utara lahan kering yang potensial untuk pengembangan pertanian  $\pm$  38.000 ha dan baru sekitar 30% dimanfaatkan untuk pengembangan tanaman pangan seperti jagung dan ubi kayu, tetapi produktivitasnya masih rendah karena faktor pembatas kesuburan tanah. Miskinnya bahan organik tanah merupakan faktor utama yang bertanggung jawab terhadap rendahnya kualitas kesuburan tanah di lahan kering Lombok Utara. Dalam kaitan ini maka diperlukan pengelolaan tanah yang berorientasi pada perbaikan sifat fisika-kimia tanah yang menunjang pertumbuhan tanaman. Pemanfaatan biochar dapat menjadi opsi alternatif untuk membenahi kualitas tanah dan produktivitas tanaman jagung di lahan kering semi-arid tropis Lombok Utara.

### Metode Penelitian

Percobaan dilakukan di stasiun penelitian lapangan lahan kering Universitas Mataram di Desa Akar-Akar, Kecamatan Bayan, Kabupaten Lombok Utara (08°13'6,70"–08°25'16,70" LS dan 116°19'18,17"–116°23'54,62" BT), 20,5 m di atas permukaan laut. Curah hujan tahunan Lombok Utara rata-rata 1.200 mm terdistribusi antara bulan Desember/Januari sampai April/Mei, suhu dan kelembaban udara masing-masing 31°C dan 84%. Tanah berkembang dari bahan induk abu dan pasir vulkan berbatu apung hasil erupsi Gunung Rinjani. Tanah lapisan atas bertekstur lempung berpasir (55% pasir dan 9% liat), pH mencapai 5,97 dan status hara rendah (C 0,89%, 0,13% N,

23.60 mg/kg serapan-P dan 0.57 cmol/kg K-tertukar).

Biochar yang digunakan diproduksi dari bahan kotoran sapi dan tempurung kelapa. Biochar tempurung kelapa (BTK) dipersiapkan dari pembakaran (*auto thermal*) dalam lubang tanah (1,0 m x 1,5 m x 1,0 m). Proses pengarangannya (*charing*) dilakukan selama 10 jam dengan suhu pemanasan berkisar 190-280°C (rata-rata 240°C). Biochar kotoran sapi (BKS) dipersiapkan dari pemanasan kotoran sapi (kadar air 15%), dalam drum (diameter 56 cm dan tinggi 42 cm), pada tungku berkonstruksi batu bata (panjang 120 cm, lebar 70 cm dan tinggi 40 cm) dengan bahan bakar serbuk gergaji dan sabut kelapa. Drum diisi dengan 10 kg bahan baku, ditutup rapat, sewaktu pemanasan. Suhu pengarangannya berfluktuasi antara 200-330°C (rata-rata 254°C). Proses pengarangannya berlangsung 9-10 jam sampai terbentuk bahan arang hitam. Karakteristik biochar disajikan pada Tabel 1.

Percobaan lapangan dilakukan mulai musim hujan (Desember 2010-Maret 2011), dilanjutkan musim kemarau 1, MK1 tahun 2011 (April sampai Juli) dan MK2 (Juli-Oktober). Variabel percobaan termasuk tiga bahan pembenah organik diaplikasikan dengan takaran 15 t/ha: biochar tempurung kelapa (BTK), biochar kotoran sapi (BKS) dan pupuk kandang (PK) dan tanpa pembenah (K). Pada siklus musim tanam 1 (MT 1), MH 2010–2011, perlakuannya adalah BTK, BKS, PK dan K. Siklus tanam berikutnya (MT2 dan MT3), perlakuan PK terdiri atas pukan yang diaplikasikan hanya sekali sejak siklus jagung 1 (PkA) dan pukan yang diaplikasikan setiap musim tanam MT1, MT2 dan MT3 (PkB). Jadi perlakuan pada MT2 dan MT3 adalah BTK, BKS, PkA, PkB dan K. Perlakuan tersebut ditata dengan Rancangan Acak Kelompok dan 4 ulangan. Petak perlakuan dibuat 3,5 m x 4 m dengan tinggi bedeng 10 cm dan jarak

antar petak perlakuan 0,5 m dan jarak antar blok 1,2 m. Pembenh organik dibanamkan merata dalam tanah pada kedalaman 10 cm, dinkubasikan selama 7 hari dengan pemberian air ( $\pm$  80% FC).

Tabel 1. Karakteristik biochar dari bahan kotoran sapi, tempurung kelapa dan pupuk kandang yang digunakan dalam percobaan lapangan

Karakteristik biochar	Biochar kotoran sapi (BKS)	Biochar tempurung kelapa (BTK)	Pupuk kandang
Kandungan air (%)	8,20	5,56	10,10
pH-H <sub>2</sub> O	8,9	9,9	-
Abu (%)	75,74	7,35	-
C (%)	23,53	80,59	10,24
N (%)	0,73	0,34	0,94
P (%)	0,57	0,10	0,62
C/N	32,23	237,03	10,89
K (%)	6,9	8,4	0,53
Ca (%)	5,1	0,4	0,65
Na (%)	1,5	1,2	0,35
Mg (%)	4,4	0,6	0,41
KTK (cmol/kg)	16,79	11,78	-

Seminggu setelah inkubasi, benih jagung (Hybrid BC-2) ditugal dengan jarak tanam 20 x 70 cm (100 tanaman per petak). Urea, Superphosphate dan KCl diberikan takaran 135 kg N/ha, 75 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> /ha dan 75 kg K<sub>2</sub>O ha. P dan K diberikan sebagai pupuk dasar, sedangkan N diberikan dua kali yakni 40% (54 kg N/ha) pada umur 21 HST dan 60% (81 kg N/ha) pada umur 45 HST. Sebelum tanam dan sesudah panen, contoh tanah composit (0-20 cm) diambil pada setiap petak perlakuan untuk analisis: pH, total N, P-tersedia, KTK, dan exch. K, Ca, Mg. Khusus C-organik tanah, contoh tanah (0–10 cm dan 10–20 cm) secara periodik diambil (1, 2, 4, 7, 14, 28, 56, 105, 155 dan 210 hari sesudah inkubasi). Retensi air ditetapkan pada pF 0; 1,0; 2,0; 2,5 dan 4,2) dan distribusi pori dihitung dengan pendekatan kurva karakteristik air tanah. Kapasitas air tersedia (KAT) tanah dihitung dari selisih kadar air tanah pF 2,5 dan pF 4,2. Hasil biji diukur setelah panen dengan menimbang biji jagung setelah dikering-oven suhu 60°C sampai mencapai berat kering konstan. Analisis data menggunakan ANOVA dan uji beda nyata

dengan Fischer's least significant difference (p=0,05) menggunakan program MINITAB Versi 13.

## Hasil dan Pembahasan

### *C-organik tanah*

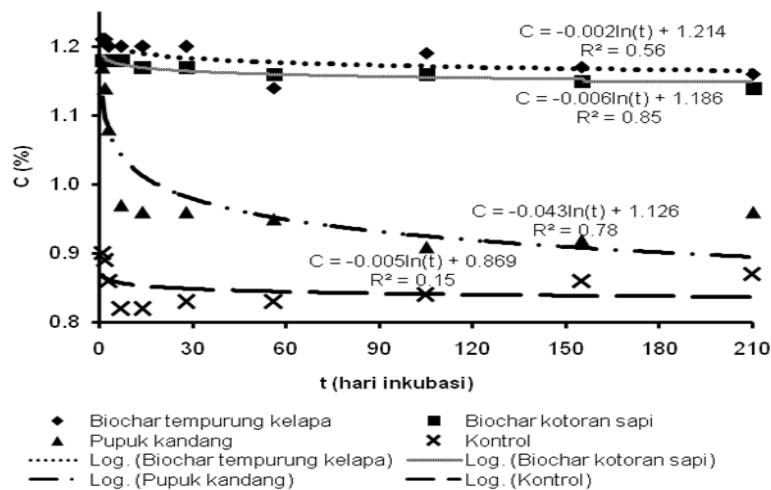
Aplikasi biochar (BTK dan BKS) dan pukan meningkatkan C-organik tanah pada lapisan tanah 0-10 cm (Gambar 1). Kandungan C-organik yang tinggi dari tanah yang diperlakukan biochar bertahan sampai akhir MT2. Sebaliknya, C-organik tanah pada petak perlakuan pukan tidak berbeda nyata dengan perlakuan tanpa pembenh tanah sesudah akhir musim tanam jagung 1 dan 2.

Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh aplikasi pupuk kandang terhadap C-organik tanah bertahan relatif singkat hanya satu musim tanam saja. Oleh karena itu, untuk mempertahankan bahan organik yang tinggi, pupuk kandang seharusnya diberikan setiap musim tanam tidak seperti biochar.

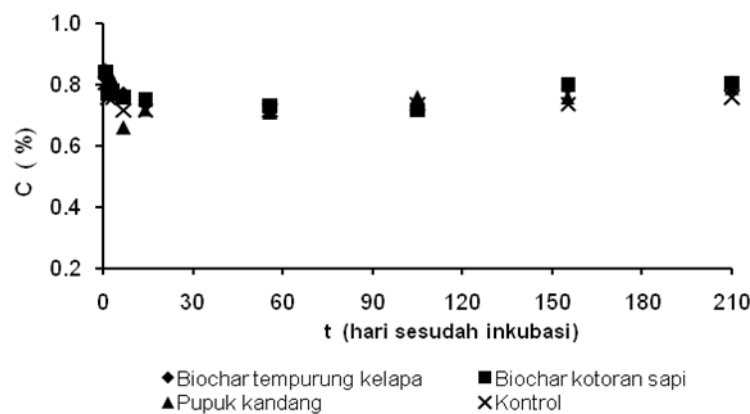
Penelitian sebelumnya juga membuktikan bahwa pada kondisi tropika

basah, C-organik dari pupuk kandang sapi terdekomposisi hampir sempurna dalam satu musim (Diels *et al.*, 2004). C-organik biochar dengan struktur C aromatik lebih tahan terhadap dekomposisi (Lehman *et al.*, 2006). Kecenderungan dinamika dekomposisi menunjukkan bahwa nilai koefisien (t) pada persamaan tanah yang diperlakukan pukan lebih besar dari pada

perlakuan lainnya. Hal ini sebagai petunjuk bahwa dekomposisi C-organik dari pukan lebih cepat. Jadi, C-organik tanah (COT) dari petak perlakuan pukan turun 18% dalam waktu 14 hari, jauh lebih tinggi dari pada nilai yang ditunjukkan oleh BTK dan BKS (Gambar 1).



Gambar 1. C-organik tanah (5-10 cm) sebagai fungsi waktu sesudah inkubasi pembenah organik di tanah *sandy loam* Lombok Utara



Gambar 2. C-organik tanah (15-20 cm) di tanah *sandy loam* Lombok Utara

Turunnya C-organik tanah juga dapat disebabkan oleh adanya mobilisasi perkolasi, meskipun demikian, data Gambar 2 menunjukkan bahwa sepanjang musim tanam COT pada kedalaman 15-20 cm tidak dipengaruhi secara nyata oleh perlakuan pembenah organik tersebut. Dengan demikian, secara implisit, fenomena ini menunjukkan belum adanya perpindahan ke bawah yang substansial dari C-organik partikel biochar. Turunnya COT yang diamati dimungkinkan hanya dari proses dekomposisi (Cheng *et al.*, 2006).

#### Sifat kimia tanah

Selain meningkatkan COT, aplikasi biochar dan pukan juga menyebabkan perbaikan

beberapa sifat tanah lainnya (Tabel 2). Meningkatnya pH tanah setelah aplikasi biochar berkaitan erat dengan sifat alkalin bahan biochar. Lebih tingginya konsentrasi hara pada petak perlakuan biochar dan pukan pada setiap akhir panen menyiratkan adanya kontribusi positif pembenah organik terhadap perbaikan ketersediaan hara tanah. Meskipun demikian, untuk mempertahankan pengaruh positif tersebut, pukan harus diberikan pada setiap musim tanam, sementara aplikasi tunggal biochar dapat memelihara pengaruh positif tersebut untuk jangka waktu yang lebih panjang.

Tabel 2. pH, total N, P tersedia. K. Ca. Mg dapat ditukar dan KTK tanah setelah aplikasi biochar dan pupuk kandang pada sistem pertanaman jagung

Perlakuan	pH	N (%)	P (mg kg <sup>-1</sup> )	KTK (cmol kg <sup>-1</sup> )	K (cmol kg <sup>-1</sup> )	Ca (cmol kg <sup>-1</sup> )	Mg (cmol kg <sup>-1</sup> )
<i>Musim Tanam-1 (MT-1)</i>							
BTK	6.49 <sup>a</sup>	0.12 <sup>b</sup>	26.48 <sup>a</sup>	15.04 <sup>a</sup>	0.75 <sup>b</sup>	2.44 <sup>a</sup>	1.42 <sup>b</sup>
BKS	6.45 <sup>a</sup>	0.16 <sup>a</sup>	26.24 <sup>a</sup>	15.10 <sup>a</sup>	0.89 <sup>a</sup>	2.60 <sup>b</sup>	1.50 <sup>a</sup>
PkA	6.39 <sup>b</sup>	0.14 <sup>ab</sup>	25.66 <sup>a</sup>	15.02 <sup>a</sup>	0.76 <sup>b</sup>	2.38 <sup>a</sup>	1.40 <sup>b</sup>
PkB	-	-	-	-	-	-	-
Kontrol	6.29 <sup>c</sup>	0.11 <sup>b</sup>	23.59 <sup>b</sup>	13.34 <sup>b</sup>	0.70 <sup>c</sup>	2.22 <sup>c</sup>	1.37 <sup>b</sup>
<i>Musim Tanam-2 (MT-2)</i>							
BTK	6.46 <sup>a</sup>	0.14 <sup>ab</sup>	22.39 <sup>ab</sup>	15.15 <sup>a</sup>	0.78 <sup>a</sup>	2.54 <sup>ab</sup>	1.54 <sup>b</sup>
BKS	6.46 <sup>a</sup>	0.15 <sup>ab</sup>	21.67 <sup>ab</sup>	15.14 <sup>a</sup>	0.78 <sup>a</sup>	2.78 <sup>b</sup>	1.53 <sup>b</sup>
PkA	6.36 <sup>b</sup>	0.13 <sup>b</sup>	20.95 <sup>b</sup>	14.67 <sup>ab</sup>	0.71 <sup>b</sup>	2.15 <sup>a</sup>	1.45 <sup>b</sup>
PkB	6.40 <sup>ab</sup>	0.16 <sup>a</sup>	25.11 <sup>a</sup>	15.21 <sup>a</sup>	0.78 <sup>a</sup>	2.91 <sup>b</sup>	1.83 <sup>a</sup>
Kontrol	6.32 <sup>b</sup>	0.13 <sup>b</sup>	14.44 <sup>c</sup>	13.40 <sup>b</sup>	0.70 <sup>b</sup>	2.08 <sup>a</sup>	1.32 <sup>c</sup>
<i>Musim Tanam-3 (MT-3)</i>							
BTK	6.49 <sup>a</sup>	0.17 <sup>a</sup>	21.42 <sup>a</sup>	15.19 <sup>a</sup>	0.84 <sup>a</sup>	2.59 <sup>a</sup>	1.62 <sup>a</sup>
BKS	6.47 <sup>a</sup>	0.17 <sup>a</sup>	21.28 <sup>a</sup>	15.15 <sup>a</sup>	0.86 <sup>a</sup>	2.83 <sup>ab</sup>	1.65 <sup>a</sup>
PkA	6.39 <sup>bc</sup>	0.13 <sup>b</sup>	20.48 <sup>a</sup>	14.61 <sup>b</sup>	0.69 <sup>b</sup>	2.18 <sup>c</sup>	1.51 <sup>b</sup>
PkB	6.43 <sup>ab</sup>	0.19 <sup>a</sup>	25.92 <sup>b</sup>	15.24 <sup>a</sup>	0.89 <sup>a</sup>	2.97 <sup>b</sup>	1.94 <sup>c</sup>
Kontrol	6.36 <sup>bc</sup>	0.12 <sup>b</sup>	14.28 <sup>c</sup>	13.46 <sup>b</sup>	0.67 <sup>b</sup>	2.02 <sup>c</sup>	1.29 <sup>d</sup>

Angka yang diikuti superscript yang sama dalam kolom sama setiap musim tanah tidak berbeda nyata ( $p = 0,05$ )

Meningkatnya nilai KTK tanah dengan penambahan biochar akan meminimalkan resiko pencucian kation seperti K<sup>+</sup> dan NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Meningkatnya ketersediaan hara dan KTK pada penelitian ini selaras dengan hasil peneliti sebelumnya pada daerah tropika basah (Yamato *et al.*, 2006; Novak

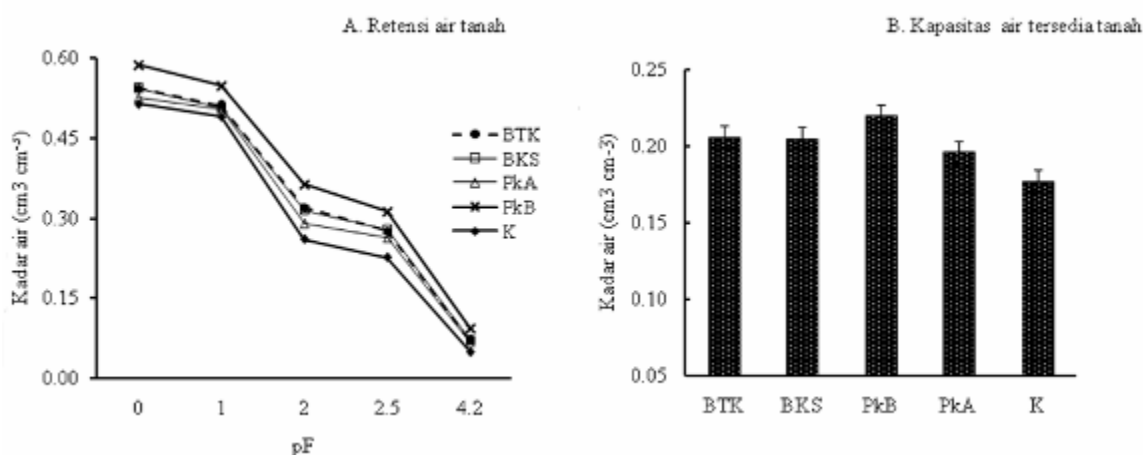
*et al.*, 2009). Tingginya muatan permukaan negatif yang dihasilkan dari oksidasi gugus fungsional (*carboxylic dan phenolic*) pada permukaan luar partikel dan luas permukaan biochar merupakan penyebab utama tingginya kemampuan adsorpsi kation dari biochar (Cheng *et al.*, 2006).

Sifat inilah yang berkontribusi menurunkan pencucian kation (Lehmann *et al.*, 2003).

#### Retensi air tanah

Aplikasi biochar dan pupuk menyebabkan sedikit perubahan retensi air tanah (Gambar 3). Adanya perubahan kadar air tanah pada kapasitas lapang (pF 2,5) dan pF 4,2 pada petak perlakuan pembenah organik (Gambar 3A) berimplikasi terhadap perbaikan kapasitas air tersedia (Gambar 3B). Di akhir MT3, nilai KAT tanah pada perlakuan BTK, BKS, PkA, PkB dan K secara berurutan adalah 0,206  $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ ; 0,205  $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ ; 0,196  $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ ; 0,220  $\text{cm}^3/\text{cm}^3$  dan 0,177  $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ .

Dengan demikian maka peningkatan kapasitas air tersedia tanah pada perlakuan biochar sebesar 16% sedangkan PkB dan PkA sebesar 24% dan 11%. Peningkatan retensi air tanah akibat penambahan pembenah organik ini mempunyai hubungan kuat dengan menurunnya jumlah pori makro tanah (data tidak ditunjukkan). Sifat khas biochar yang kaya dengan pori mikro (<2-50 nm) jika diaplikasikan ke tanah berpasir yang secara tipikal mempunyai luas permukaan spesifik terbatas maka dapat menyebabkan bertambahnya jumlah pori mikro tanah.

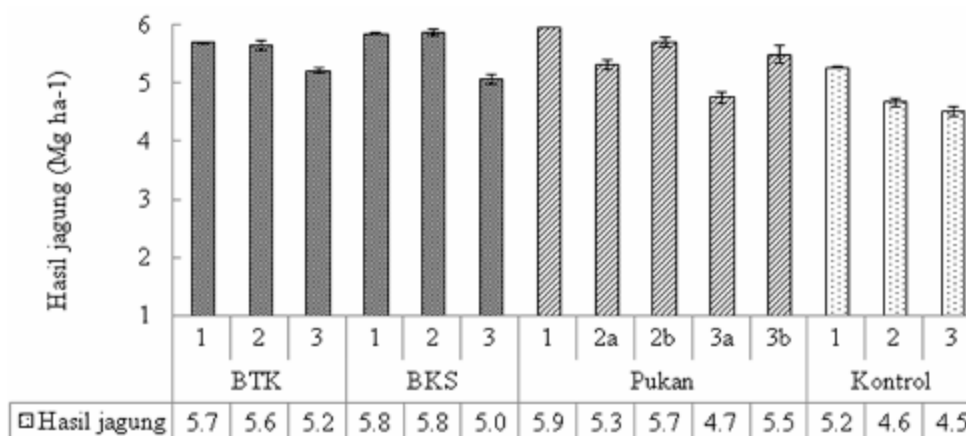


Gambar 3. Karakteristik air tanah (A) dan kapasitas air tersedia tanah setelah aplikasi biochar dan pupuk kandang setelah tiga siklus musim tanam jagung di tanah sandy loam Lombok Utara. BTK = biochar tempurung kelapa, BKS = biochar kotoran sapi, PkA = pupuk kandang aplikasi sekali, PkB = pupuk kandang aplikasi setiap musim, dan K = kontrol.

#### Hasil biji jagung

Perbaikan terhadap sifat kimia tanah dengan aplikasi biochar berimplikasi terhadap hasil jagung (Gambar 4). Respon positif dari penambahan biochar terhadap hasil jagung di daerah tropis juga

dilaporkan peneliti sebelumnya (Yamato *et al.*, 2006). Pengaruh positif biochar dan pupuk setiap musim tanam terhadap hasil jagung (Gambar 4) masih terlihat sampai siklus musim tanam 3, tetapi tidak untuk perlakuan pupuk aplikasi sekali (PkA).



Gambar 4. Hasil biji jagung pada beberapa perlakuan pembenah organik di tanah sandy loam Lombok Utara. 1, 2, 3 adalah musim tanam. 2, 3 (a) pupuk kandang aplikasi sekali, dan 2, 3 (b) pupuk kandang aplikasi setiap musim tanam.

### Kesimpulan

Aplikasi biochar meningkatkan status C-organik. Selama tiga musim tanam, status C-organik tanah pada perlakuan biochar konsisten lebih tinggi dibandingkan perlakuan pupuk kandang dan kontrol. C-organik tanah meningkat dari 0,89% (tanpa pembenah) menjadi 1,20 (perlakuan biochar).

Aplikasi biochar berkontribusi terhadap pembenahan sifat fisika-kimia tanah: retensi hara (N, P, K, Ca, Mg), KTK dan retensi air tanah. Kapasitas air tersedia tanah perlakuan biochar (BTK 0,206 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup> dan BKS 0,205 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>) sebanding dengan perlakuan PkB (0,220 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>) dan lebih tinggi terhadap PkA (0,196 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>) dan kontrol 0,177 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>).

Tanaman jagung menunjukkan respon positif terhadap aplikasi biochar. Hasil biji jagung rata-rata dalam tiga siklus musim tanam mencapai 5,54 t/ha dan 5,51 t/ha untuk perlakuan BTK dan BKS, sedangkan pupuk kandang aplikasi setiap musim tanam (PkB) 5,62 t/ha, aplikasi tunggal pupuk kandang (PkA)

5,36 t/ha dan kontrol mencapai 4,83 t/ha.

### Daftar Pustaka

- Cheng, C.H, Lehmann, J., Thies, J., Burton S.D. and Engelhard M.H. 2006. Oxidation of black carbon by biotic and abiotic processes. *Organic Geochemistry* 37: 1477–1488.
- Diels, J., Vanlauwe, B., Van der Meersh, M.K, Sanginga, N. and Merck R.J. 2004. Long-term soil organic carbon dynamics in a sub humid tropical climate: <sup>13</sup>C data and modeling with RothC. *Soil Biology and Biochemistry* 36: 1739–1750.
- Lehmann, J., Da Silva, J.P., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W. and Glaser, B. 2003. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure & charcoal amendments. *Plant and Soil* 249:343-357.

- Lehmann, J., Gaunt, J. and Rondon, M. 2006. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems: A review. *Mitigation and Adaptation Strategy of Global Change* 11: 403–427.
- Novak, J.M., Busscher, W.J., Laird, D.L., Ahmedna, M.A., Watts, D.W. and Niandou M.A.S. 2009. Impact of biochar amendment on fertility of a southeastern coastal plain. *Soil Science* 174: 105–111.
- Yamato, M., Okimori, Y., Wibowo, I.F., Anshiori, S. and Ogawa, M. 2006. Effects of application of charred bark of *Acacia mangium* on the yield of maize, cowpea and peanut, and soil chemical properties in South Sumatra, Indonesia. *Soil Science and Plant Nutrition* 52: 489–495.