

Konservasi Lahan Marjinal Dengan Aplikasi Biochar Plus

(Conservation of Marginal Land by Applying Biochar Plus)

Ikhsan Hasibuan

Fakultas Pertanian Universitas Prof. Dr. Hazairin SH

ABSTRACT

In our country, marginal land occupy for about 50 million hectares or almost one forth of total land. In Sumatra, nearly all marginal land is dominated by podzolik soil which about 10 million hectares. The main problems of this soil are including low pH, high Al content, low cation exchange capacity, and poor of nutrient and organic matter level, therefore the growth and yield of plants can not be optimal. Traditionally, farmers use lime to solve this problem, but this method only influences the chemical aspect but not the biological one. The solution we offer in research is by applying biochar. It is high in carbon, porous and could improve soil fertility. This research aimed to know and evaluate the impact of biochar application on growth and yield of corn. The result showed that biochar gave positive impact on growth and yield of corn. By using biochar the corn height reached 155,67 cm while applying lime could only grew till 56 cm and 20 cm by using no ameliorant or control. Furthermore, the corn seed weight was thrice by biochar than by lime that were 194,5 g compared to 42 g per plant. Meanwhile, the corn plants were failed to produce yield in treatment of chemical fertiliser and control.

Keywords: biochar, corn, conservation, marginal land

ABSTRAK

Di negara kita keberadaan lahan marjinal cukup luas sekitar 50 juta hektar atau seperempat dari luas daratan Indonesia yang umumnya didominasi oleh tanah Podzolik Merah Kuning (PMK). Problem utama tanah PMK untuk budidaya tanaman antara lain pH rendah kandungan Al tinggi, kapasitas tukar kation rendah, miskin kandungan unsur hara rendah dan bahan organik, serta mengandung kadar liat yang tinggi. Secara tradisional, metode yang paling sering digunakan adalah dengan menambahkan kapur pertanian. Namun penambahan kapur hanya mampu sebatas perbaikan sifat kimia tetapi tidak mampu memperbaiki sifat fisika dan biologis tanah karena hampir tidak mengandung unsur hara dan tidak ada sama sekali kandungan bahan organik. Solusi yang coba ditawarkan dalam penelitian ini adalah penggunaan Biochar. Biochar memiliki kandungan karbon yang tinggi dan bersifat porous yang apabila diaplikasikan ke tanah akan meningkatkan kesuburan tanah dan meningkatkan produktifitas pertanian. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak penggunaan biochar terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tinggi tanaman jagung pada saat panen dengan aplikasi biochar mencapai 155,67 cm sedangkan pada perlakuan kapur pertanian tinggi tanaman hanya sekitar 56 cm dan hanya 20 cm pada perlakuan kontrol atau tanpa penambahan ameliorant. Dari segi hasil juga nampak sekali manfaat pemberian biochar dimana hasil jagung mencapai 194,5 g biji pipilan kering per tanaman. Sedangkan perlakuan dengan kapur pertanian berat biji pipilan kering hanya 42 g. Perlakuan dengan pupuk kimia dan kontrol membuat tanaman tidak berproduksi karena pertumbuhannya yang sangat kerdil.

Kata kunci: biochar, jagung, konservasi, lahan marjinal.

PENDAHULUAN

Lahan marjinal merupakan lahan yang sebenarnya tidak cocok untuk dikembangkan dalam bidang pertanian karena memiliki berbagai batasan yang menyebabkan tanaman tidak dapat tumbuh secara optimal. Di negara kita keberadaan lahan marjinal cukup luas sekitar 50 juta hektar atau seperempat dari luas daratan Indonesia (Subagyo *et al.*, 2004). Khususnya di Sumatera, lahan marjinal umumnya didominasi oleh tanah Podzolik Merah Kuning (PMK) yang penyebarannya mencapai 10 juta hektar (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006). Penelitian ini akan fokus pada upaya konservasi tanah PMK.

Problem utama tanah PMK untuk budidaya tanaman antara lain pH rendah (asam atau sangat asam), kandungan Al tinggi, kapasitas tukar kation rendah, miskin kandungan unsur hara rendah dan bahan organik, serta mengandung kadar liat yang tinggi (Prasetyo *et al.*, 2000). Karakter tersebut menyebabkan tanah PMK sulit untuk dikembangkan untuk budidaya pertanian khususnya pertanian tanaman pangan. Sehingga tidak aneh jika kebanyakan lahan PMK dikembangkan pada program perkebunan kelapa sawit atau karet yang lebih adaptif dengan kondisi tanah PMK. Sedangkan budidaya tanaman pangan seperti jagung akan mengalami kendala yang serius.

Jika dipaksakan budidaya tanaman pangan pada lahan PMK, maka tanaman akan tumbuh kerdil, pertumbuhan sangat lambat dan produksi sangat rendah. Sebagai contoh, tanaman jagung daun tanaman jagung dapat berubah menjadi warna ungu yang menunjukkan gejala keracunan aluminium. Penambahan pupuk kimia tidak akan menyelesaikan masalah karena berapapun banyaknya pupuk kimia yang diberikan tidak akan dimanfaatkan oleh

tanaman karena unsur haranya terjerat oleh unsur unsur penjerap hara.

Namun hal ini bukan berarti tidak ada peluang untuk memanfaatkan tanah PMK untuk pertanian. Secara tradisional, metode yang paling sering digunakan adalah dengan menambahkan kapur pertanian. Aplikasi kapur dapat menetralkan pH tanah yang rendah. Namun penambahan kapur hanya mampu sebatas perbaikan sifat kimia tetapi tidak mampu memperbaiki sifat fisika dan biologis tanah karena hampir tidak mengandung unsur hara dan tidak ada sama sekali kandungan bahan organik. Selain itu kapur juga sulit ditemukan dipasaran apalagi bila dibutuhkan dalam jumlah besar.

Solusi yang coba ditawarkan dalam penelitian ini adalah penggunaan ameliorant yang mudah didapat, banyak tersedia dan murah harganya atau bisa diproduksi sendiri oleh petani dengan cara yang mudah. Biochar adalah salah satu solusi yang memenuhi syarat-syarat di atas. Biochar berasal dari dua kata yaitu *bio* yang berarti hidup atau makhluk hidup dan *char* yang merupakan singkatan dari charcoal atau arang. Secara singkat Biochar dapat diartikan arang sisa pembakaran makhluk hidup yang dipergunakan untuk pertanian (Biochar info, 2016) Walaupun biochar bukan hal baru dalam kebudayaan manusia namun aplikasinya ke pertanian masih tergolong baru dan riset ilmiahnya masih tergolong sangat baru dan jarang dilakukan oleh para peneliti pertanian.

Biochar memiliki kandungan karbon yang tinggi dan bersifat porous yang apabila diaplikasikan ke tanah akan meningkatkan kesuburan tanah dan meningkatkan produktifitas pertanian (Igalavithana, 2016). Menurut peneliti ini, lahan marjinal dapat direstorasi dengan menggunakan biochar sehingga dapat meningkatkan produktifitasnya. Xu *et al.* (2015) membuktikan bahwa aplikasi biochar dapat

meningkatkan biomassa dan hasil kacang tanah hingga tiga kali lipat. Peneliti ini berhasil menunjukkan bahwa pemberian biochar dapat meningkatkan ketersediaan hara tanah khususnya pada tanah-tanah marjinal. Hasil temuan Paz-Ferreiro (2016) menyimpulkan bahwa aplikasi biochar meningkatkan jumlah dan aktivitas biologis tanah yang bermuara pada peningkatan produksi tanaman.

Namun, Pleasant (2009) berpendapat bahwa aplikasi biochar tidak selalu berhasil meningkatkan produktifitas tanaman. Selanjutnya, Spokas et al. (2012) menemukan bahwa hanya 50% dari semua artikel yang dia teliti berhasil menunjukkan dampak positif biochar terhadap hasil tanaman, selebihnya tidak menunjukkan dampak signifikan bahkan justru menurunkan produksi pertanian. Menurut beliau hal ini disebabkan tanaman tidak mendapat cukup hara karena biochar hanya mengandung carbon saja dan sedikit unsur hara. Oleh karena itu aplikasi biochar harus dimodifikasi dengan menambahkan unsur hara.

Dari uraian diatas, dapat disimpulkan bahwa biochar memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai ameliorant dalam konservasi lahan marjinal. Selain mudah didapat, mudah dibuat dan sangat ekonomis terbukti juga mampu meningkatkan produktifitas pertanian. Namun perlu dilakukan modifikasi dengan menambahkan unsur hara sehingga tanaman dapat tumbuh dan berproduksi lebih optimal. Penelitian ini akan mencoba menguji beberapa bahan yang dapat meningkatkan manfaat biochar dalam restorasi lahan marjinal yang akan diuji pada tanaman jagung.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan antara lain tanah PMK, kayu bakar, kapur dolomit, pupuk organik, pupuk kimia, EM-4, gula

pasir, air, benih jagung varietas Bisi 18. Sedangkan alat-alat yang digunakan adalah polibag, waring, cangkul, sekop, pH meter, pH paper, meteran, alat pembakaran dan palu. Penelitian telah dilaksanakan selama 4 bulan mulai dari bulan April hingga Agustus 2017 di Kelurahan Sidomulyo kecamatan Gading Cempaka Kota Bengkulu.

Tahapan penelitian adalah sebagai berikut: Pertama-tama, penelitian diawali dengan menyiapkan lahan penelitian yaitu dengan membersihkan lahan yang akan digunakan dari rumput dan lain sebagainya lalu dipagar dengan waring agar tidak dimasuki oleh hewan pengganggu. Kedua, menyiapkan media tanam yaitu tanah marginal yang dalam hal ini adalah tanah Podzolik Merah Kuning (PMK). Tanah tersebut diambil dari satu tempat lalu diaduk agar terjadi keseragaman. Langkah ketiga adalah menyiapkan ameliorant yang diujikan dalam penelitian ini yaitu biochar. Sebagai pembanding digunakan kapur pertanian, pupuk organik dan pupuk kimia.

Biochar dibuat dengan membakar pokok tanaman lalu pembakaran diberhentikan setelah menjadi arang namun belum menjadi abu. Arang ini kemudian ditumbuk hingga menjadi ukuran halus sehingga mudah diaplikasikan ke tanah. Selanjutnya dibuat biochar plus dengan menambahkan beberapa materi tambahan sesuai perlakuan antara lain pupuk organik dan pupuk kimia. Biochar plus dibuat dengan proses fermentasi menggunakan mikroorganisme efektif.

Keempat, adalah pencampuran biochar plus dan perlakuan lainnya dengan tanah marjinal, dalam hal ini adalah tanah Podzolik Merah Kuning (PMK) dengan dosis biochar 1.500 kg/ha, pupuk organik 3.000 kg/ha, Kapur pertanian 3.000 kg/ha dan pupuk kimia 200 kg/ha. Setelah dicampur media tanam ini dimasukkan ke dalam polibag ukuran 10 kg. Tiap perlakuan menggunakan 3 polibag yang diulang sebanyak 2 kali. Sehingga total terdapat 58 polibag.

Langkah kelima adalah penanaman. Benih jagung hibrida ditanam sebanyak 2 benih per polibag. Setelah ditanam, benih selanjutnya disiram agar dapat berkecambah dengan optimal. Keenam adalah pemeliharaan tanaman yang meliputi pengendalian gulma, hama dan penyakit, penyiraman, pemupukan NPK khusus untuk perlakuan kedua dan pengamatan terhadap parameter penelitian. Langkah selanjutnya adalah panen yang dilakukan pada umur 100-120 hari setelah tanam, tergantung pada kondisi tongkol jagung siap panen.

Perlakuan yang diuji adalah 1. Kapur pertanian, 2. Pupuk Kimia, 3. Pupuk Organik, 4. Biochar, 5. Biochar + pupuk kimia, 6. Biochar plus (Biochar + Pupuk organik), 7. Biochar plus plus

(biochar+pupuk organik + Fermentasi), dan 8. control.

Parameter yang diamati adalah tinggi tanaman dan hasil jagung

Analisis Data. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok non faktorial dengan 3 ulangan. Data dianalisis dengan ANOVA. Jika ditemukan perlakuan yang berbeda nyata maka dilakukan uji lanjut Beda Nyata Jujur (BNJ) 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rekapitulasi hasil penelitian disajikan dalam tabel 1 berikut:

Tabel 1. Pengaruh perlakuan terhadap parameter yang diamati

No	Parameter	F-hitung	
		Perlakuan	Kelompok
1	Tinggi tanaman 2 MST	84,93 **	3,16 tn
2	Tinggi tanaman 4 MST	165,08 **	2,66 tn
3	Tinggi tanaman 6 MST	753,20 **	3,40 tn
4	Tinggi tanaman saat panen	182,92 **	0,56 tn
5	Hasil	487,01 **	0,20 tn
	F tabel 5%	2,76	3,74
	F tabel 1%	4,28	6,52

Keterangan: ** Berbeda sangat nyata tn: berbeda tidak nyata

Dari tabel 1 terlihat jelas bahwa perlakuan yang diuji memberikan pengaruh berbeda sangat nyata terhadap semua parameter yang diamati, tetapi tidak ada pengaruh kelompok. Hal ini mengindikasikan bahwa perlakuan yang diuji memberikan pengaruh yang berbeda-beda. Tidak adanya pengaruh kelompok karena penelitian ini dilakukan dalam polibag dan di lingkungan yang relatif seragam.

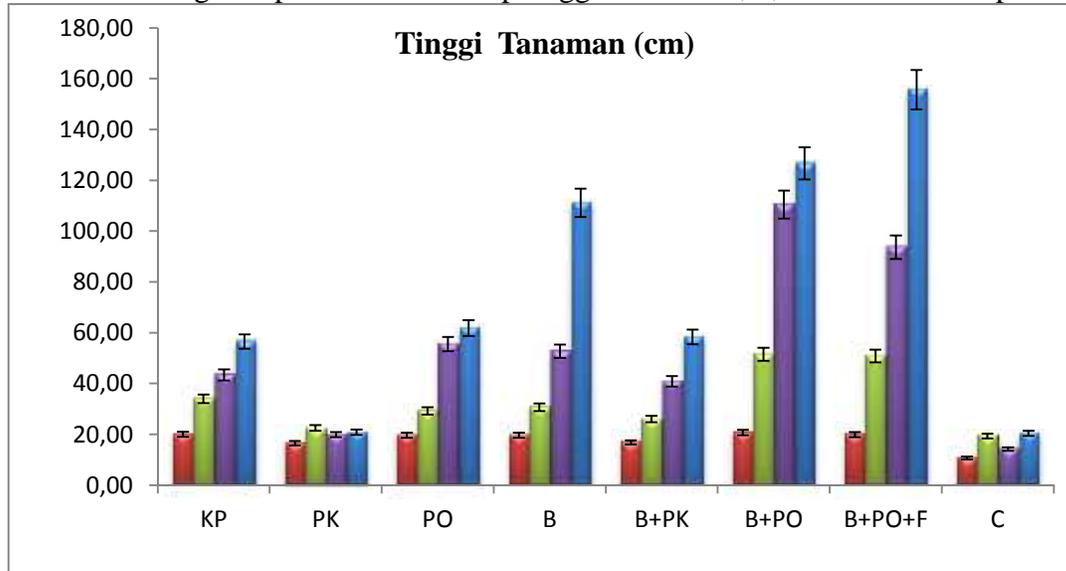
Tinggi tanaman jagung sudah menunjukkan perbedaan sejak mereka berumur 2 minggu dan berlanjut hingga

panen. Untuk melihat perlakuan mana yang menyebabkan perbedaan maka diuji dengan uji lanjut BNJ 5% yang hasilnya disajikan berikut ini:

Dari gambar 1 terlihat perbedaan yang jelas bahwa perlakuan biochar memberikan perlakuan positif terhadap pertumbuhan tinggi tanaman jagung. Pertumbuhan awal tanaman jagung dimana mulai diamati pada umur 2 MST, rata-rata semua perlakuan yang diberikan memberikan efek positif terhadap tinggi tanaman dibandingkan tidak diberi perlakuan sama sekali (control). Aplikasi kapur, pupuk organik, biochar dan, biochar

plus dan biochar plus plus mampu (sekitar 20cm) dibanding perlakuan kontrol menambah tinggi tanaman dua kali lipat (10 cm).

Gambar 1. Pengaruh perlakuan terhadap tinggi tanaman 2, 4, 6 MST dan saat panen.



Keterangan:

KP: Kapur

PK: Pupuk kimia

PO: Pupuk organik

B: Biochar

B+PK: Biochar + Pupuk kimia

B+PO: Biochar+pupuk organik (biochar plus)

B+PO+F: Biochar+pupuk organik+fermentasi (biochar plus plus)

C: control tanpa pupuk

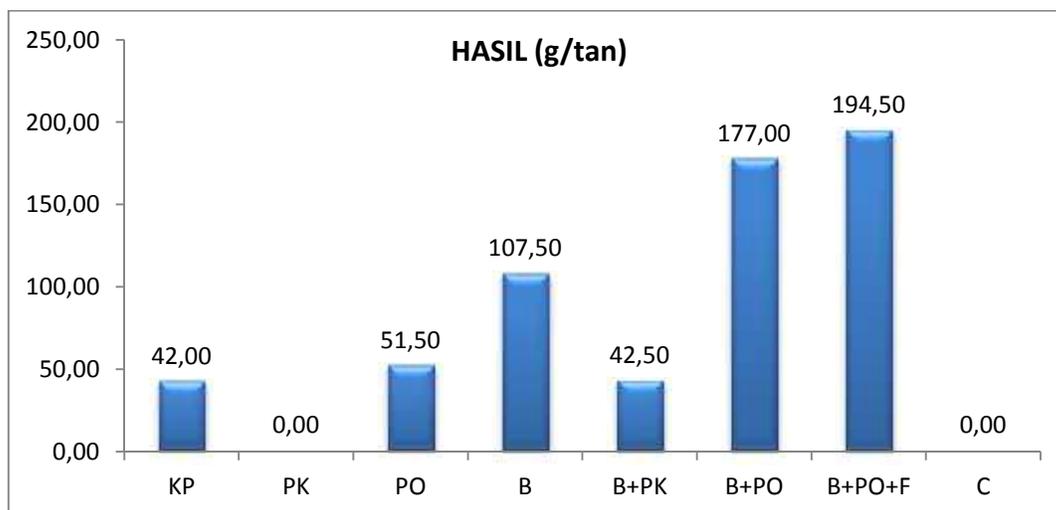
Merah: 2 MST

hijau: 4 MST

ungu: 6 MST

Biru: panen

Gambar 2. Pengaruh perlakuan terhadap hasil tanaman



Pada umur 4 minggu setelah tanam, perbedaan perlakuan semakin nyata dimana

pemberian biochar plus dan biochar plus plus menghasilkan tinggi tanaman yang jauh lebih tinggi dibandingkan perlakuan lain

yaitu sekitar 50 cm untuk dua perlakuan disebut diawal dan 20-30 cm untuk perlakuan lainnya.

Selanjutnya pada 6 MST, tanaman yang diberi aplikasi biochar plus dan biochar plus plus semakin mendominasi tinggi tanaman. Dengan kedua perlakuan tersebut, masing-masing tinggi tanaman sudah mencapai 93-110 cm. Sedangkan perlakuan lainnya hanya mengalami sedikit peningkatan. Bahkan tinggi tanaman mulai menurun karena beberapa tanaman mengalami kerdil dan kematian yaitu pada perlakuan pupuk kimia dan kontrol.

Akhirnya pada pengukuran tinggi tanaman yang dilakukan pada saat panen, perlakuan biochar plus plus menghasilkan tinggi tanaman yang tertinggi yaitu 155,67 cm, dan biochar plus berada setingkat dibawahnya dengan tinggi 126,67 cm. Perlakuan kontrol dan aplikasi pupuk kimia saja ternyata membuat tanaman jagung paling terhadap pertumbuhannya dengan tinggi rata-rata hanya sekitar 20 cm.

Gambar 2 menunjukkan bahwa hasil tanaman jagung yang tertinggi didapat dari hasil aplikasi biochar plus dan biochar plus plus yaitu berturut-turut 177 g dan 194,5 g per tongkol. Sedangkan aplikasi pupuk kimia dan kontrol gagal memberikan hasil alias tidak menghasilkan buah. Perlakuan biochar saja hanya menghasilkan buah yang beratnya hanya sekitar separuh dari buah yang didapat dari perlakuan terbaik.

PEMBAHASAN

Dari data hasil penelitian yang telah dipaparkan di atas kita mengetahui bahwa aplikasi biochar sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung yang ditanam pada tanah PMK. Karakter tanah yang asam, kandungan organik rendah dan miskin hara terlihat nyata pengaruhnya pada perlakuan kontrol yang sangat

terhambat pertumbuhannya yang telah nampak sejak umur dua minggu setelah ditanam. Sehingga tanaman gagal untuk tumbuh normal dan tidak menghasilkan buah.

Solusi yang ditawarkan dalam penelitian ini yaitu memanfaatkan biochar sebagai amelioran ternyata dapat memenuhi ekspekstasi awal yaitu dapat membantu pertumbuhan dan hasil tanaman jagung. Pada pertumbuhan awal tanaman, yaitu pada umur tanaman 2 minggu, sudah ada indikasi bahwa aplikasi biochar dan pupuk organik mampu menopang pertumbuhan tinggi tanaman sehingga tingginya sejajar dengan aplikasi kapur pertanian. Jika aplikasi kapur berdampak untuk menurunkan keasaman tanah, maka aplikasi pupuk organik bermanfaat dalam memperbaiki struktur tanah dan mensuplai bahan organik serta hara tanah. Sedangkan pemberian biochar bermanfaat ganda selain dapat mensuplai kandungan organik tanah dan memperbaiki fisik tanah, juga dapat mengurangi keasaman tanah (Peasant, 2009). Hal ini terbukti dari data tinggi tanaman 2 MST dimana aplikasi biochar, pupuk organik dan kapur menyebabkan pertumbuhan tinggi tanaman menjadi dua lipat dibanding tanpa aplikasi atau kontrol.

Manfaat biochar sebagai pembenah tanah akan lebih maksimal ketika dikombinasikan dengan pupuk organik. Seperti terlihat pada data tinggi tanaman pada umur 4, 6 dan saat panen. Tinggi tanaman terlihat sangat berbeda dimana aplikasi biochar dan biochar plus hampir dua kali lipat tinggi tanaman dengan amelioran lainnya. Peningkatan tinggi tanaman ini adalah efek dari manfaat biochar yang menurut Sun *et al.* (2014) dapat meningkatkan ketersediaan hara dan air akibat terjadi peningkatan pH tanah. Peningkatan ketersediaan air ini menjadi faktor penting khususnya bagi tanah PMK yang sangat mudah kering karena

kemampuan airnya yang sangat rendah. Dengan adanya biochar, maka pori tanah meningkat sehingga ketersediaan air pun jadi lebih baik (Sun *et al.* 2013).

Namun, seperti terlihat pada gambar 1 dan 2, penggunaan biochar saja tidak cukup. Pada gambar 1 terlihat bahwa aplikasi biochar saja menyebabkan tinggi tanaman (52 cm) hanya separuh dari tinggi tanaman dengan aplikasi biochar plus (110 cm) pada 6 MST. Demikian juga dengan hasil jagung, aplikasi biochar saja (107,5 g) juga hanya separuh daripada diaplikasikan dengan biochar plus plus (194,5 g). Ini mengindikasikan bahwa manfaat biochar menjadi maksimal dengan tambahan pupuk organik (biochar plus) dan atau difermentasi menjadi bokashi (biochar plus plus). Hal ini diduga karena adanya tambahan hara dan bahan organik dari pupuk organik serta perbaikan fisik dan kimia tanah dengan biochar sehingga berdampak positif bagi tanaman jagung. Menurut Kuzyakov *et al.* (2009), dekomposisi unsur carbon dari biochar menjadi lebih cepat ketika biochar dikomposkan atau digabungkan dengan kompos. Demikian juga dengan temuan Ekebafé *et al.* (2015) yang menemukan bahwa biochar yang dikomposkan memiliki tingkat KTK yang tinggi, meningkatkan daya jerap air, meningkatkan pH tanah dan akhirnya meningkatkan hasil tanaman.

Implikasi dari temuan dalam penelitian ini bahwa kita menambahkan biochar dalam pembuatan bokashi atau pupuk organik untuk meningkatkan stabilitas pengomposan, memperbaiki pH dan mempercepat proses dekomposisi bahan organik.

KESIMPULAN

Kesimpulan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Biochar dapat digunakan sebagai amelioran
2. Modifikasi biochar dengan menambahkan pupuk organik (biochar

plus) dan difermentasi (biochar plus plus) dapat memaksimalkan manfaat biochar

3. Pada tanah PMK, pertumbuhan dan hasil tanaman jagung yang terbaik didapat dengan aplikasi biochar plus dan biochar plus plus.

Selain itu juga kami menyarankan untuk menambahkan biochar saat membuat pupuk organik atau bokashi

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang tulus kepada pihak Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat (LPPM) Unihaz yang telah memberikan bantuan biaya, bimbingan dan evaluasi dalam perencanaan dan pelaksanaan penelitian ini. Terima kasih juga atas support dana dari LPPM Unihaz untuk penulisan artikel ini hingga dapat mengikuti seminar nasional lahan marjinal ini.

:

DAFTAR PUSTAKA

- Biochar info, 2016. Biochar Overview. <https://www.biochar.info/biochar.biochar consulting.cfml> diakses tanggal 8 Februari 2017.
- Ekebafé, M.O. Ekebafé, L.O., Ugbesia, S.O. 2015. Biochar composts and composites. *Science Progress* 98(2), 169–176.
- Igalavithana, A.D., Ok, Y.S., Usman, A.R.A., Al-Wabel, M.I. Oleszczuk, P., dan Lee, S.S. 2016. The Effects of Biochar Amendment on Soil Fertility. *Agricultural and Environmental Application of Biochar: Advances and Barriers*. SSSA Special Publication.

- Kuzyakov, Y., Subbotina, I., Chen, H.Q., Bogomolova, I. and Xu, X.L. 2009. Black carbon decomposition incorporation into soil microbial biomass estimated by C-14 labeling. *Soil Biology Biochemical.*, 41, 210–219.
- Paz-Ferreiro, J., Mendez, A. Dan Gasco, G. 2016. Application of Biochar for Soil Biological Improvement. Agricultural and Environmental Application of Biochar: Advances and Barriers. SSSA Special Publication.
- Peasant, B. 2009. Making Biochar to Improve Soil. <http://www.motherearthnews.com/organic-gardening/making-biochar-improve-soil-zmaz09fmzraw> diakses tanggal 8 Februari 2017.
- Prasetyo, B.H., H. Sosiawan, and S. Ritung. 2000. Soil of Pametikarata, East Sumba: Its suitability and constraints for food crop development. *Indon. J. Agric. Sci.* 1(1): 1–9
- Prasetyo, B.H. dan Suriadikarta, D.A. 2006. Karakteristik, Potensi dan Teknologi Pengelolaan Tanah Ultisol untuk Pengembangan Pertanian Lahan Kering di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian.* 25(2).
- Spokas, K.A., Cantrell, K.B., Novak, J.M., Archer, D.W., Ippolito, J.A., Collins, H.P. Boateng, A.A., Lima, I.M., Lamb, M.C., McAloon, A.J., Lentz, R.D., dan Nichols, K.A. 2012. Biochar: A Synthesis of Its Agronomic Impact Beyond Carbon Sequestration. *Journal of Environmental Quality.* Volume 41. Issue 4. July 2012.
- Subagyo, H., N. Suharta, dan A.B. Siswanto. 2004. Tanah-tanah pertanian di Indonesia. *Dalam* A. Adimihardja, L.I. Amien, F. Agus, D. Djaenudin (Ed.). Sumberdaya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Sun Z, Moldrup P, Elsgaard L, Arthur E, Bruun EW, Hauggaard-Nielsen H, de Jonge LW. 2013. Direct and indirect short-term effects of biochar on physical characteristics of an arable sandy loam. *Soil Science* 178:465–473
- Sun, Z., Bruun, E.W., Arthur, E., de Jonge, L.W., Moldrup, P., Hauggaard-Nielsen, H., & Elsgaard, L. 2014. Effect of biochar on aerobic processes, enzyme activity, and crop yields in two sandy loam soils. *Biological Fertility Soils* 50:1087–1097
- Xu, CY., Hosseini-Bai, S., Hao, Y., Rachaputi, R.C.N., Wang, H., Xu, Z. Dan Wallace, H. 2015. Effect of Biochar Amendment on Yield and Photosynthesis of Peanut on Two Types of Soils. *Jurnal Environmental Science and Pollution Research.* Volume 2, Issue 8. April 2015.