

MODIFIKASI APLIKASI BIOMASSA PADA PERTANAMAN UBI KAYU DI TANAH LEMPUNG BERPASIR (*SANDY LOAM*) LAHAN KERING LOMBOK UTARA

Sukartono, Suwardji, Mulyati, Baharuddin dan Tejo Wulan
Pusat Penelitian dan Pengembangan Lahan Kering Universitas Mataram

Abstract

Improved management of dryland agriculture could be one strategy to increase cassava production in order to meet national demand particularly for food and bioethanol industry. A field experiment was carried out to evaluate the influence of biomass modification addition (biochar, cattle manure, and corn-straw) on the growth and yield of cassava grown on sandy soils of northern Lombok. The treatments tested were: without addition of organic biomass as control (M0); the straw was put in the lowest part of rhizosphere, biochar in the middle and subsequently followed by manure mixed with soil on top (M1); biochar, cattle manure, straw were mixed thoroughly within rhizosphere (M2); biochar and cattle manure were only mixed with soil (M3); the manure was put down in the bottom part of rhizosphere, straw in the middle and subsequently followed by biochar mixed with soil on top (M4). Results of the research showed that modification of biomass addition (biochar, manure and corn-straw) within soil increased significantly the growth and yield as a result of better nutrient retention compared to soil without organic addition. The yield was increased by 32 and 33% at M1 and M4 respectively and reached close to 40% at treatments of both M2 and M3 (27 t/ha).

Key words: biomass, biochar, manure, cassava

Pendahuluan

Seiring dengan makin berkembang pesatnya industri pakan dan berbagai industri lain berbahan baku ubi kayu, diantaranya industri bioetanol untuk menunjang substitusi bahan bakar minyak asal fosil yang makin lama makin langka, maka dapat dipastikan kebutuhan dalam negeri akan ubi kayu akan terus meningkat (Sholihin, 2009). Kebutuhan ubi kayu pada tahun 2025 diperkirakan sekitar 30 juta ton ubi segar sehingga dibutuhkan peningkatan produksi sebesar 27%. (Widodo, 2009). Indonesia memiliki peluang yang besar dalam meningkatkan produksi ubi kayu melalui pemanfaatan lahan kering yang sesuai untuk tanaman pangan (25,09 juta ha) (Sukarman *et al*, 2008), tentunya disertai dengan penerapan

paket pengelolaan tanah dan tanaman yang memadai.

Provinsi Nusa Tenggara Barat, potensi lahan kering sekitar 1.807.463 ha dan yang sesuai untuk tanaman pangan sekitar 335, 136 ha (Sukarman *et al*, 2008) 47.961 ha tersebar di Pulau Lombok. Dari potensi sumberdaya lahan kering yang ada di Pulau Lombok, 38.000 ha tersebar di wilayah Kabupaten Lombok Utara. Sampai saat ini, baru sekitar 30% areal tersebut yang telah dimanfaatkan untuk pertanian tanaman pangan (jagung dan ubi kayu) dengan sentuhan teknologi seadanya, sehingga produktivitasnya masih sangat rendah (Suwardji, 2006).

Rendahnya kualitas kesuburan tanah merupakan faktor pembatas biofisik yang masih dianggap bertanggung jawab

terhadap rendahnya produksi tanaman pangan di lahan kering di Lombok Utara. Sebagian besar tanah di kawasan ini tergolong tanah berpasir (pasir > 55%), pori makronya tinggi, miskin bahan organik tanah, sehingga kemampuan retensi hara dan air rendah (Sukartono, *et al.*, 2011). Dengan demikian maka pengelolaan tanah berbasis bahan organik untuk meningkatkan kualitas kesuburan tanah secara keseluruhan mendapatkan tempat yang strategis dalam upaya mewujudkan pertanian berkelanjutan yang diharapkan dapat menunjang peningkatan produksi tanaman pangan termasuk ubi kayu.

Pengelolaan tanah berbasis biochar dan atau kombinasinya dengan sumber bahan organik segar (*fresh organic sources*) yang tersedia secara lokal seperti pupuk kandang dan residu tanaman dapat menjadi alternatif pilihan. Biochar diajukan menjadi pembenah tanah di lahan pertanian tropis karena bahan ini bersifat rekalsitran dan stabil dalam tanah, sehingga dalam jangka panjang lebih mampu mempertahankan stabilitas C-tanah (Lehmann, 2007) dibandingkan sumber bahan organik segar yang pada kondisi tropis mengalami mineralisasi sangat cepat sehingga senyawa organik tahan lapuk yang tertinggal dalam tanah sangat sedikit (Diels *et al.*, 2004). Dengan alasan inilah maka sekarang ini biochar telah menjadi fokus perhatian pakar lingkungan dunia sebagai sebuah teknologi berkelanjutan (*sustainable technology*) untuk meningkatkan sequestrasi C dalam tanah dan membenahi kesuburan tanah pertanian khususnya di lahan tropis (Lehmann, 2007).

Penelitian disebagian besar tanah di daerah tropis menunjukkan bahwa penambahan biochar ke dalam tanah mampu memberikan sumbangan positif terhadap perbaikan sifat kimia tanah (Liang *et al.*, 2006; Masulili *et al.*, 2010) dan perbaikan sifat fisika tanah

seperti retensi air dan aggregate tanah (Glaser *et al.*, 2002; Chan *et al.*, 2007 dan biologis tanah (Randon *et al.*, 2007). Penelitian biochar pada sistem pertanaman jagung di tanah berpasir di Lombok (Sukartono *et al.*, 2011; Suwardji dan Sukartono, 2012) menunjukkan peningkatan kandungan C-tanah dan kecenderungan perbaikan retensi air dan agregat tanah.

Aplikasi biomasa dapat dilakukan dalam berbagai cara antara lain membenamkan dalam tanah dalam baris tanaman, mencampurkan secara merata (*incorporated*) dalam lapisan olah, dan berbagai cara modifikasi lainnya. Modifikasi aplikasi biomasa (biochar dan bahan organik lainnya) pada zone perakaran tanaman ubi kayu perlu mendapatkan perhatian khusus. Tanaman ubi kayu dengan morfologi tanaman dan sistem umbi yang khas, membutuhkan jarak tanam yang lebar boleh jadi peluang modifikasi pembenah organik (biochar dan sumber bahan organik lainnya) yang dikreasi secara lokal pada sistem perakaran (*locus rhizosfer modification*) akan lebih efektif dibandingkan dengan cara konvensional disebar merata ke seluruh permukaan lahan.

Bahan dan Metode

Percobaan dilakukan di lahan kering di Lombok Utara (08° 13' 6,70" – 08° 25' 16,70" LS dan 116° 19' 18,17" – 116° 23' 54,62" BT) pada ketinggian 21 meter di atas permukaan laut. Tanah percobaan tergolong "isohyperthermic mix-kaolinitic Typic Ustipssament (Soil Survey staf, 1998) yang bersolum dangkal (20-40 cm). Tanah berkembang dari bahan induk abu vulkan mengandung pasir dan batu apung hasil erupsi dari Gunung Rinjani. Sifat tanah khususnya lapisan atas (0-20 cm) mempunyai tekstur lempung berpasir (pasir 57%; debu 33% dan pasir 10%) dengan pH tanah 5,97 dan C-organik < 1,0%.

Persiapan biomassa

Biochar yang digunakan diambil dari limbah industri pembuatan arang tempurung kelapa tradisional di Desa Sandik Kecamatan Gunung Sari Lombok Barat. Pembuatan arang dilakukan dengan cara tradisional dengan memanaskan bahan tempurung dan sabut kelapa di dalam lubang tanah dengan kedalaman bervariasi dari 1–2 m dan diameter lubang 0,80-1,20 m. Limbah serbuk arang yang dibuang di sekitar tempat pengarangan (*charing pit*) dikumpulkan dan selanjutnya disaring menggunakan ayakan berdiameter 1 mm. Bahan inilah yang dijadikan bahan pembenah pada percobaan lapangan. Pupuk kandang yang digunakan adalah kotoran ternak sapi dari kandang lokal dan limbah jerami jagung dikumpulkan dari lahan sekitarnya.

Perlakuan dan rancangan percobaan

Perlakuan yang diuji adalah modifikasi aplikasi biomasa (biochar, pupuk kandang dan jerami) sebagai berikut:

- (i) Kontrol–aplikasi biomassa organik (M0)
- (ii) Bagian bawah rhizosfer ditempatkan jerami, ditimbun biochar dan bagian atasnya adalah campuran pupuk kandang dan tanah (M1)
- (iii) Biochar dicampur merata dengan pupuk kandang, jerami dan tanah (M2)
- (iv) Biochar dicampur merata dengan pupuk kandang dan tanah (M3)
- (v) Bagian bawah ditempatkan pupuk kandang, ditimbun jerami dan di atasnya adalah campuran biochar dan tanah (M4)

Petak perlakuan berukuran 3,5 m x 4 m, tinggi bedeng 40 cm, jarak antar petak perlakuan 1,5 m dan jarak antar blok 2,0 m. Pengolahan tanah dilakukan hanya terbatas disekitar lubang tanam. Biomassa organik sebagai komponen dari modifikasi rhizosfer diberikan dengan takaran masing-masing: biochar (10 t/ha setara

dengan 0,50 kg/ pohon), pupuk kandang (10 t/ha setara dengan 0,50 kg pukan per pohon) dan jerami (3 ha⁻¹ setara dengan 150 gr/pohon). Lubang tanam yang dipersiapkan berukuran 20 cm x 20 cm dan dalam 30 cm. Selama 7 hari pertama sejak aplikasi pembenah organik, petak lahan percobaan dipertahankan lembab dengan penyiraman air sampai mendekati $\pm 90\%$ kapasitas lapang (KLP).

Penanaman bibit ubi kayu

Bibit ubi kayu yang dipersiapkan adalah bibit ubi kayu varietas lokal. Jarak tanam yang digunakan adalah 100 cm x 50 cm (36 pohon/petak). Bibit ubi kayu berukuran 20 cm dengan diameter 2,5 -3 cm yang diambil dari bagian tengah batang tanaman ubi kayu sehat (tanaman berumur 10 bulan). Bibit ditancapkan sedalam 5 cm seminggu setelah inkubasi pembenah organik pada masing-masing lubang tanam.

Pemupukan dan pemeliharaan tanaman

Pupuk anorganik yang digunakan adalah Urea, SP-36 dan KCl. Pupuk pengandung P dan K diaplikasikan sebagai pupuk dasar (*basal application*) ditanamkan pada jarak 5 cm dari lubang tanam pada kedalaman tanah 10 cm dengan takaran 200 kg SP-36 ha⁻¹ dan 150 kg KCl ha⁻¹. Pemberian kedua jenis pupuk tersebut dilakukan bersamaan dengan penanaman bibit. Pupuk nitrogen (300 kg Urea/ha) diberikan 3 kali yakni 1/3 bagian sebagai pupuk dasar pada umur 10 HST, 1/3 bagian diberikan pada umur 3 bulan dan sisanya diberikan pada umur 5 bulan. Pemberian air dilakukan sebanyak 12 kali selama percobaan menggunakan sprinkler Big Gun.

Variabel pengamatan

Variabel tanah meliputi: Total C organik (TOC), pH, total N, P-tersedia, kation basa tertukar (K, Ca, Mg) dan KTK. Pengamatan terhadap sifat tanah tersebut diamati pada fase panen (9 bulan). Kandungan C-organik tanah ditetapkan

menggunakan metode kolorimetri menurut Walkley and Black. KTK tanah ditetapkan menggunakan pengekstrak NH_4OAc 1 M (*buffered pH 7.0*). Sampel tanah untuk analisis sifat tanah tersebut diambil pada kedalaman 0-15 cm. Variabel agronomi meliputi: tinggi tanaman, berat umbi segar, dan berat kering bagian atas tanaman.

Analisis statistik

Analisis data (agronomis dan tanah) menggunakan analisis variance (ANOVA) dan rata-rata perlakuan dibandingkan dengan LSD test pada $P < 0.05$, menggunakan Paket Program Mintab for windows versi 13.

Hasil dan Pembahasan

Pengaruh modifikasi rhizosfer terhadap sifat kimia tanah

Secara keseluruhan aplikasi biomassa organik dari berbagai modifikasi aplikasinya berpengaruh terhadap sifat

tanah (pH, C-organik, N, P dan KTK) (Tabel 1). pH tanah meningkat meskipun dalam unit yang kecil sebagai kontribusi keberadaan biochar dalam tanah. Adanya perubahan sifat tanah pada petakan lahan yang menerima masukan biomasa (biochar, pupuk kandang dan jerami) (Tabel 1) merupakan petunjuk adanya kontribusi positif dari penambahan bahan organik dalam memperbaiki tata hara dalam tanah. Dari keempat modifikasi pemberian pembenah organik tersebut, maka perlakuan M2 (aplikasi biochar, pupuk kandang dan jerami) yang dicampurkan secara merata dalam lapisan tanah (*incorporated*) di zone perakaran merupakan cara yang paling efektif. Penelitian sebelumnya (Sukartono *et al.*, 2011; Sukartono dan Suwardji, 2012) pada sistem pertanaman jagung menunjukkan adanya perbaikan sifat tanah setelah aplikasi biochar dan pupuk kandang.

Tabel 1. Reaksi tanah (pH), konsentrasi C-organik, N, P-tersedia, KTK tanah setelah aplikasi pembenah organik pada sistem pertanaman ubi kayu di tanah berpasir Lombok Utara

| Perlakuan | Sifat kimia tanah setelah panen | | | | | | | | | |
|-----------|---------------------------------|----|-------------|----|-------------|------|---------------|----|------------|----|
| | pH | SE | C-org | SE | N | SE | P-Bray | SE | KTK | SE |
| M0 | 6.10 ± 0.12 | | 1.15 ± 0.09 | | 0.05 | 0.00 | 18.92 ± 1.59 | | 6.1 ± 0.06 | |
| M1 | 6.10 ± 0.06 | | 1.88 ± 0.12 | | 0.09 | 0.00 | 22.43 ± 0.87 | | 7.3 ± 0.21 | |
| M2 | 6.38 ± 0.04 | | 2.53 ± 0.15 | | 0.12 ± 0.02 | | 24.49 ± 0.107 | | 7.6 ± 0.21 | |
| M3 | 6.28 ± 0.04 | | 2.30 ± 0.45 | | 0.08 ± 0.02 | | 25.31 ± 0.45 | | 7.9 ± 0.30 | |
| M4 | 6.35 ± 0.03 | | 2.18 ± 0.29 | | 0.09 ± 0.02 | | 21.96 ± 0.79 | | 7.4 ± 0.12 | |

SE: standard error.

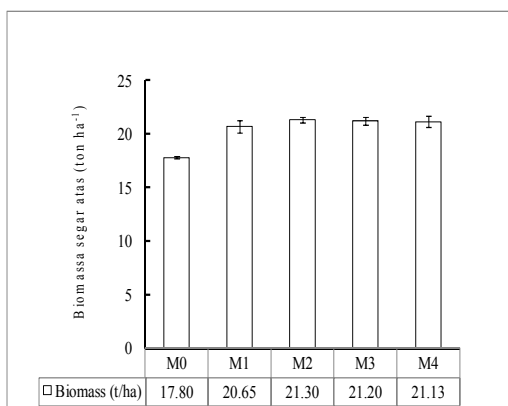
Perbaikan sifat kimia tanah sebagai kontribusi pembenah organik (biochar, pupuk kandang dan jerami) sebagaimana dilaporkan pada penelitian masih selaras dengan hasil yang dilaporkan peneliti sebelumnya (Chan *et al.*, 2007; Rondon *et al.*, 2007) yang kesemuanya melaporkan adanya peningkatan konsentrasi kation basa dan nilai KTK tanah sesudah aplikasi biochar. Meningkatnya KTK tanah sesudah

aplikasi biochar adalah merupakan refleksi meningkatnya kemampuan tanah menyerap kation (Liang *et al.*, 2006), sehingga dapat diyakini keberadaan biochar dalam waktu yang lama dalam tanah mampu mengurangi resiko pencucian hara bermuatan positif seperti N-NH_4 , K, Ca dan Mg (Novak *et al.*, 2009). Berdasarkan data yang ditunjukkan pada Tabel 1 maka secara implisit

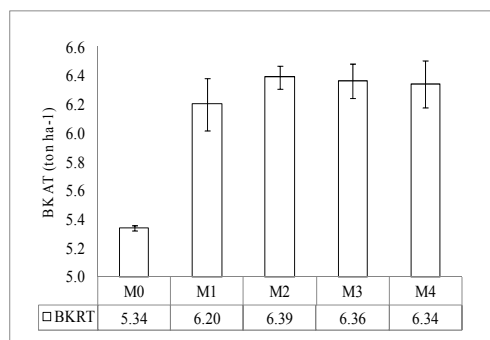
menyarankan bahwa input pembenah organik dalam bentuk kombinasi biochar, pupuk kandang dan residu tanaman menjadi kebutuhan pengelolaan tanah berkelanjutan pada sistem pertanaman di lahan kering tanah berpasir. Jika tidak maka kelanggengan kesuburan tanah untuk menunjang perbaikan produktivitas tanaman termasuk ubi kayu akan sangat sulit dicapai.

Pertumbuhan dan hasil umbi tanaman ubi kayu

Aplikasi pembenah organik dengan berbagai modifikasi pemberiannya berpengaruh nyata terhadap komponen pertumbuhan tanaman (Gambar 1 dan 2) dan hasil umbi tanaman (Gambar 3). Berat biomassa tanaman bagian atas meningkat sebesar 16% (M1), 20% (M2 dan M3) dan 19% pada perlakuan M4. Sedangkan terhadap komponen hasil umbi, perlakuan M2 dan M3 menunjukkan produksi umbi tertinggi masing-masing 26,57 dan 26,80 t/ha berbeda nyata dengan produksi umbi pada perlakuan M1 (24,37 t/ha) dan M4 (24,73 t/ha), dan kontrol (18,53 t/ha).

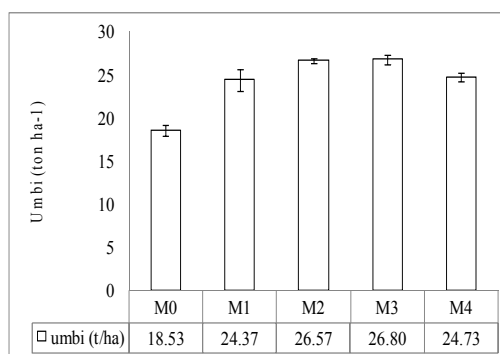


Gambar 1. Biomassa segar atas tanaman ubi kayu pada berbagai perlakuan modifikasi aplikasi pembenah organik berbasis biochar



Gambar 2. Biomassa kering atas tanaman (BKAT) ubi kayu pada berbagai perlakuan modifikasi aplikasi pembenah organik berbasis biochar

Rendahnya penampilan pertumbuhan dan hasil tanaman pada perlakuan M1 dan M4 dibandingkan perlakuan modifikasi M2 dan M3 diduga berkaitan dengan dua hal yakni: (i) proses mineralisasi bahan organik (pupuk kandang dan jerami) lebih lambat karena pemberian bahan tidak dicampur merata dengan tanah tetapi tersusun secara berlapis vertikal (ii) aktivitas mikroorganisme lebih rendah ketika kontak bahan organik segar dengan tanah kurang memadai dan hal ini tidak terjadi pada perlakuan M2 dan M3. Meskipun demikian dua alasan tersebut memerlukan konfirmasi lebih lanjut melalui kajian yang mendalam dari aspek sinkronisasi proses mineralisasi.



Gambar 3. Berat umbi ubi kayu pada berbagai perlakuan modifikasi aplikasi pembenah organik berbasis biochar.

Tanpa mempertimbangkan kontribusi pupuk kandang dan jerami dalam konteks kombinasinya dengan biochar, maka penelitian sebelumnya oleh Islami, *et al* (2011) telah mengungkap adanya pengaruh positif penambahan biochar pada tanah terdegradasi terhadap perbaikan pertumbuhan dan hasil tanaman ubi kayu. Dari hasil penelitian ini dapat dipetik hikmah bahwa kombinasi aplikasi biochar dan dua sumber bahan organik lainnya (pupuk kandang dan jerami) memiliki manfaat ganda yakni (i) dalam jangka pendek misalnya satu musim tanam dapat membenahi sifat tanah sehingga memberikan respon positif pertumbuhan dan hasil tanaman dan (ii) dalam jangka panjang karena memang biochar bersifat lebih tahan lapuk (*recalcitrant*) dibanding dengan senyawa organik segar (*fresh organic*) dan berkontribusi tidak hanya dalam stabilitas karbon (Liang *et al.*, 2006) tetapi keberadaan biochar dalam tanah berkontribusi dalam pengkayaan muatan permukaan negatif sehingga akan lebih mampu menahan hara bermuatan positif dari aplikasi hara melalui pemupukan.

Pengaruh jangka panjang sebagaimana pembuktian adanya pengkayaan muatan negatif dari bahan karbon tua, tingginya kandungan C-organik, nilai KTK dan basa tertukar tanah telah dipelajari secara mendalam pada tanah antropogenik hitam yang termashur dengan sebutan "Terra Preta" di Lembah Amazone Brasil (Glaser *et al.*, 2001 dan Lehmann *et al.*, 2003). Makna dari semua ini adalah dalam jangka panjang pemanfaatan kombinasi pembenah organik rekalsitran dan berstruktur aromatik dengan bahan organik yang mudah mengalami mineralisasi dapat menjadi paket pengelolaan tanah terdegradasi atau tanah sub-optimal lainnya dengan faktor pembatas tingkat kesuburan tanah rendah. Dengan demikian praktek pengelolaan tersebut dapat menjadi jawaban praktis

upaya meningkatkan efisiensi pemupukan pada sistem pertanian di lahan dengan faktor pembatas kualitas tanah yang rendah.

Kesimpulan

Penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Aplikasi pembenah organik (biochar, pupuk kandang dan jerami) dengan berbagai modifikasi aplikasinya berpengaruh nyata terhadap perbaikan sifat tanah (C-organik dan retensi hara).
2. Perbaikan sifat tanah yang berkaitan dengan meningkatnya retensi hara akibat aplikasi pembenah organik dalam zone perakaran berimplikasi positif terhadap pertumbuhan dan hasil umbi tanaman ubi kayu. Berat umbi segar meningkat mencapai 32% dan 33% masing-masing ditunjukkan oleh perlakuan M1 dan M4. Sedangkan perlakuan M2 dan M3 memberikan pengaruh sebanding dengan nilai masing-masing 26,57 dan 26,80 t/ha (meningkat 40%). Produksi umbi (M2 dan M3) berbedanya dengan produksi umbi yang ditunjukkan perlakuan M1 (24,37 t/ha) dan M4 (24,73 t/ha).

Daftar Pustaka

- Chan, K.Y., Van Zwieten, B.L., Meszaros, I., Downie, D. and Joseph, S. 2008. Using poultry litter biochars as soil amendments. *Australian Journal of Soil Research* 46: 437–444.
- Diels, J., Vanlauwe, B., Van der Meersch, M.K, Sanginga, N. and Merck, R.J. 2004. Long-term soil organic carbon dynamics in a sub humid tropical climate: ¹³C data & modeling with RothC. *Soil Biol Biochem* 36:1739–1750

- Glaser, B., Haumaier, L., Guggenberger and G., Zech, W. 2001. The 'Terra Preta' phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics. *Naturwissenschaften* 88: 37-41.
- Howeler, R.H. 2008. Enhancing the Adoption of Improved Cassava Production and Utilization Systems in Indonesia and East Timor. Final Report of ACIAR Project CIM/2003/066. CIAT Asia Office: Bangkok. 54p.
- Islami, T., Guritno, B and Utomo, W.H. 2011. Performance of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Based Cropping Systems and Associated Soil Quality Changes in the Degraded Tropical Uplands of East Java, Indonesia. *Journal of Tropical Agricultural* 49: 40-46.
- Lehman, J., da Silva Jr., 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 and charcoal amendments. *Plant Soil* 249: 343-357.
- Liang, B., Lehmann, J., Kinyangi, D., Grossman, J., O'Neill, B., Skjemstad, J.O., Thies, J., Luizao, F.J., Peterson, J. and Neves, E.G. 2006. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70: 1719-1730.
- Masulili, A., Utomo, W.H and Syechfani. 2010. Rice husk biochar for rice based cropping system in acid soil 1. The characteristics of rice husk biochar & its influence on the properties of acid sulfate soils and rice growth in West Kalimantan, Indonesia. *Journal of Agriculture Science*. 2 (1): 39-47.
- 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 Soil Science*.174: 2, 105-112.
- Rondon, M.A., Lehmann, J., Ramirez, J. and Hurtado, M. 2007. Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with bio-char additions. *Biology and Fertility of Soils* 43: 699 -708.
- Sholihin. 2009. Peluang Klon-Klon Ubikayu Dalam Menunjang Industri Bioetanol. Risetlah Seminar. Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan 2007-2008. Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 324-341
- Steiner, C., Glaser, B., Teixeira, W.G., Lehmann, J., Blum, W.E.H. and Zech, W. 2008. Nitrogen retention and plant uptake on a highly weathered central Amazonian Ferralsol amended with compost and charcoal. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 171: 893-899.
- Steiner, C., Teixeira, W.G., Lehmann, J., Nehls, T., de Macêdo, J.L.V., Blum, W.E.H. and 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. *Plant and Soil* 291: 275-290.
- Sukartono dan Utomo, W.H. 2012. Peranan biochar sebagai pembenah tanah pada pertanaman jagung di tanah lempung berpasir (sandy loam) semi arid tropis Lombok Utara. *Jurna Penelitian Ilmu-Ilmu Kealaman*. Buana Sains. 12(1) 91-98, 2012
- Sukartono, Utomo, W.H., Kusuma, Z. and Nugroho, W.H. 2011. Soil fertility status, nutrient uptake, and maize (*Zea mays* L.) yield following biochar application on sandy soils of Lombok, Indonesia. *Journal of Tropical Agriculture* 49: 47-52.
- Suryana, A. 2008. Kebijakan, Arah, Strategi dan Program Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Prosiding Simposium V Tanaman pangan. Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 1-17.
- Suwardji. 2006. Kebutuhan Teknologi untuk pengembangan pertanian lahan kering NTB. Makalah utama yang disampaikan dalam Seminar Nasional Pemanfaatan Teknologi Spesifik Lokasi. Kerjasama LIPI-Bapedda NTB di Mataram, 16 Desember 2006.
- Suwardji, W.H. Utomo dan Sukartono, 2012. Kemantapan agregat tanah setelah aplikasi biochar di tanah lempung berpasir bertanaman jagung di lahan kering Lombok Utara. *Jurna Penelitian Ilmu-Ilmu Kealaman*. Buana Sains. 12(1) 61-68, 2012

Utomo, W.H., Wargiono, J. and Islami, T. 2006. Cassava in Indonesia: Production, Utilization, constraint and strategy for improvement. The 14th Symposium of The International Society for Tropical Root Crops, India 20-26 November 2006.

Widodo, Y. 2009. Sinkronisasi Aspek Ekonomi dan Ekologi dalam Pengembangan Ubikayu Guna memenuhi Kebutuhan Industri pangan dan Energi. Risalah Seminar. Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan 2007-2008. Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 342-355