

PENGARUH PEMBERIAN KOMPOS GRANUL DIPERKAYA PUPUK PONSKA TERHADAP SIFAT FISIK TANAH DAN HASIL JAGUNG MANIS DI INCEPTISOL

The Effect of Granul Compost Enriched with Ponska Fertilizer on Soil Physical Characteristics and Corn Production in Inceptisol

Maimuna La Habi

Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Pattimura
Jl. Ir. M. Putuhena Kampus, Poka Ambon, 97233
Penulis Korespondensi: E-mail: monajihan@yahoo.co.id

ABSTRACT

Effort to reduce the high dependence of farmers on inorganic fertilizers is adding compost as organic fertilizer. This research was conducted to develop granular-enriched compost and evaluate the effectiveness of granular-enriched compost on corn cultivation in Inceptisol. The application of granular-enriched compost was designed in a Randomized Block Design with three replicates. Treatments included 1) without fertilizers (KGES1); 2) the granular-enriched compost (8 t/ha) (KGES2); 3) recommended dosage of inorganic fertilizers such as Urea, SP-36, and KCl (KGES3); 4) inorganic fertilizer + granular-enriched compost (8 t/ha) (KGES4); 5) $\frac{1}{2}$ × dosage of inorganic fertilizer + granular-enriched compost (8 t/ha) (KGES5); 6) 2 × dosage of inorganic fertilizer + granular-enriched compost (8 t/ha) (KGES6); 7) $\frac{1}{2}$ × dosage of inorganic fertilizer + granular-enriched compost (12 t/ha) (KGES7); and 8) 2× dosage of inorganic fertilizer + granular-enriched compost (4 t/ha) (KGES8). The granular-enriched compost used in this research had characteristic such as N 2.43 %, P 0.59 %, and K 0.86 %. The results of this study showed that the yield from the granular compost treatment (KGES2) was similar to the inorganic fertilizer treatment (KGES3). Application of inorganic fertilizer combined with compost granular-enriched compost. Over doses of inorganic fertilizer treatments had no significant ($P < 0.05$) differences on the yield. Based on this study it could be stated that reduction to a half dose of inorganic fertilizer combined with compost granule 12 t/ha (KGES7) could give profitable yield (7.86 t/ha). This combination could possibly reduce the inorganic fertilizer; therefore, it can be used for improving the effectiveness of fertilizer application on the corn cultivation in Inceptisols.

Keywords: *sago pith waste granular compost, inceptisols*

ABSTRAK

Upaya untuk mengurangi tingginya ketergantungan petani terhadap pupuk anorganik yang paling murah adalah penambahan pupuk organik kompos. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan pupuk organik diperkaya pupuk phonska dalam bentuk granul dari kompos ela sagu dan mengevaluasi efektifitasnya pada budidaya jagung di Inceptisol. Aplikasi kompos yang diperkaya bentuk granul dirancang dalam Rancangan Acak Kelompok dengan tiga ulangan. Perlakuan terdiri dari: tanpa pupuk (KGES1), kompos granule (8 t/ha) (KGES2), pupuk anorganik (Urea, SP-36, dan KCl) dosis anjuran (KGES3), pupuk anorganik + kompos granule (8 t/ha) (KGES4), $\frac{1}{2}$ × dosis pupuk anorganik + kompos granule (8 t/ha) (KGES5), 2× dosis pupuk anorganik + kompos granule (8 t/ha) (KGES6), $\frac{1}{2}$ × dosis pupuk anorganik + kompos granule (12 t/ha) (KGES7) dan 2 kali dosis pupuk anorganik + kompos (4 t/ha) (KGES8). Pupuk kompos diperkaya yang digunakan dalam penelitian memiliki karakteristik: kandungan N 2,43%, P 0,59% dan K 0,86%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan kompos granule (KGES2) memberikan hasil yang sama dengan perlakuan pupuk anorganik (KGES3). Kombinasi kompos granule dan pupuk anorganik mampu meningkatkan hasil dibandingkan dengan pemberian pupuk anorganik maupun kompos granul saja. Pemberian pupuk anorganik yang berlebihan tidak memiliki perbedaan signifikan ($P < 0,05$) terhadap hasil panen. Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pengurangan setengah dosis pupuk anorganik yang dikombinasikan dengan kompos granule 12 t/ha (KGES7) dapat memberikan hasil yang menguntungkan (7,86 t/ha). Kombinasi ini dapat mengurangi pupuk anorganik. Oleh karena itu, dapat digunakan untuk meningkatkan efektifitas aplikasi pupuk pada budidaya jagung di Inceptisol.

Kata Kunci: kompos granul ela sagu, inceptisol

PENDAHULUAN

Semakin meningkatnya jumlah penduduk mengakibatkan semakin terbatasnya lahan pertanian yang subur karena lahan-lahan tersebut telah beralih fungsi menjadi lahan-lahan permukiman guna memenuhi kebutuhan perumahan bagi penduduk (Soemarno, 2002). Oleh karenanya perluasan lahan pertanian, guna mengupayakan peningkatan produksi pertanian, diarahkan ke wilayah-wilayah tanah masam dan marginal, yang sebagian besar terdiri dari Inceptisol (Hairiah *et al.*, 2000). Inceptisol merupakan jenis tanah yang dominan di daerah Maluku yaitu mencapai 47,71% dari total lahan di Maluku dan mempunyai potensi yang cukup untuk pertanian (Susanto & Sirappa, 2007). Syafruddin *et al.* (2009) mengemukakan bahwa Inceptisol di Indonesia mempunyai karakter antara lain: 1) status hara bervariasi dari rendah sampai tinggi; 2) pH tanah asam-netral; 3) tingkat kandungan bahan organik rendah-sedang; 4) kandungan hara N dan P rendah-tinggi; 5) kandungan hara K sangat rendah-sedang; serta 6) KTK yang rendah-tinggi. Pemberian bahan organik merupakan salah satu Upaya perbaikan sifat fisik dan kimia tanah agar tanah masam dan lahan marginal tersebut menjadi produktif.

Bahan organik merupakan sumber nutrisi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman. Penambahan bahan organik dari beberapa sumber seperti pupuk kandang, pupuk hijau, kompos residu tanaman, kompos residu domestik dan industri dapat memperbaiki status fisik tanah (Tejada & Gonzalez, 2007; Premsekhar & Rajashree, 2009; Efthimiadou *et al.*, 2010; Farhad *et al.*, 2011; Zafar *et al.*, 2011; Adamu dan Leye, 2012; Akongwubel *et al.*, 2012; Javed *et al.*, 2013; Okon *et al.*, 2013) antara lain stuktur, stabilitas agregat, peningkatan kapasitas retensi kelembaban melalui perannya dalam meningkatkan porositas total (Efthimiadou *et al.*, 2010; Iqbal *et al.*, 2012), aerasi tanah, soil bulk density, kapasitas penahanan air tanah (Tahir *et al.*, 2011), menurunkan tingkat fiksasi P (Zafar *et al.*, 2011; Utami *et al.*, 2012), warna tanah menjadi lebih gelap, meningkatkan KTK, menurunkan pH tanah, meningkatkan aktivitas mikroba tanah (Javed *et al.*, 2013). Kompos mempunyai kemampuan untuk mensuplai nutrisi yang dibutuhkan untuk meningkatkan pertumbuhan vigor tanaman, perkembangan meristematik dan proses fisiologi tanaman (Akongwubel *et al.*, 2012), meningkatkan kesehatan tanah, status Organik Carbon, ketersediaan N, P, K dan S dalam tanah (Efthimiadou *et al.*, 2010). Namun yang harus diperhatikan bahwa pengaruh penambahan bahan organik terhadap status fisik tanah tergantung pada jenis bahan organik, jumlah dan ukuran aplikasi (Barzegar *et al.*, 2002) khususnya komponen yang mendominasi bahan organik (Tejada & Gonzalez, 2007). Penelitian yang dilakukan oleh Tejada & Gonzalez (2007) menyimpulkan bahwa *cotton gin crushed compost* (CCGC) dapat memperbaiki sifat fisik dan komponen biologi tanah serta memperbaiki hasil dan kualitas Gandum, sedangkan *sewage sludge* (SS)

ternyata menurunkan status biologi tanah dan pertumbuhan Gandum.

Sagu merupakan tanaman yang masuk dalam keluarga Palmae dengan areal tanam yang cukup besar di Indonesia yaitu > 7.000.000 ha (Singhal *et al.*, 2008) atau sekitar 51,3% dari total areal sagu di dunia (Alfons dan Rivaie, 2011). Tepung sagu merupakan hasil utama dari tanaman sagu, sedangkan hasil samping atau limbah sagu umumnya dimanfaatkan untuk pakan ternak, kompos dalam media tanam jamur, atau untuk bahan baku industri kayu lapis (Singhal *et al.*, 2008; Awg-Adeni *et al.*, 2010). Limbah sagu yang oleh masyarakat Maluku disebut sebagai ela sagu juga dapat berperan dalam memperbaiki kesuburan tanah dalam hal ini memperbaiki sifat fisik, kimia tanah dan biologi tanah setelah melalui tahap pengolahan menjadi kompos granul dan granul diperkaya (La Habi, 2007). Ela sagu dapat menjadi pilihan sebagai salah satu sumber bahan organik yang selama ini belum banyak dimanfaatkan, padahal cukup banyak tersedia di kawasan Timur Indonesia, khususnya di Maluku (Kaya, 2003; La Habi, 2007). Percobaan ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh pemberian kompos granul ela sagu dan pupuk fosfor terhadap perbaikan beberapa sifat fisik Inceptisol dan pertumbuhan tanaman Jagung.

Jagung manis merupakan salah satu komoditi pertanian utama selain padi dan gandum (Farhad *et al.*, 2011; Akongwubel *et al.*, 2012; Ayeni *et al.*, 2012) yang dikonsumsi sebagai sumber pangan manusia maupun untuk sumber pakan hewan (Farhad *et al.*, 2011; Ayeni *et al.*, 2012). Kebutuhan Jagung terus meningkat seiring dengan permintaan sebagai bahan baku berbagai sector industri dan keterbasan areal pertanaman Jagung. Di Indonesia, produksi nasional Jagung pada tahun 2009 17,63 juta ton pipilan kering (BPS, 2009), sedangkan di Provinsi Maluku khususnya Maluku Utara total produksi Jagung pada tahun yang sama mencapai 13.990 Ton dimana produksi ini masih cukup rendah yaitu sebesar 1.85 ton/ha apabila dibandingkan dengan rerata produksi Jagung nasional yaitu sebesar 4,31 ton/ha (BPS Maluku Utara, 2010). Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS, 2004), produktivitas jagung tahun 2004 sebesar 11.162.813 ton mengalami kenaikan sebesar 2,93 % atau 276,371 ton dibandingkan dengan produktivitas 2003 (10.886.442 ton). Sedangkan data yang diperoleh Dinas Pertanian Provinsi Maluku (BPS, 2006) untuk luas panen, rata-rata produksi jagung dari tahun 2001 sampai 2005 secara keseluruhan mengalami kenaikan masing-masing 4754 ha menjadi 6089 ha dan 15,54 kw/ha menjadi 23,42 kw/ha, namun untuk Kota Ambon hanya 54 ha dengan rata-rata produksi 23,33 kw/ha. Dari hasil statistik dapat dilihat bahwa kota Ambon merupakan sentra produksi terendah bila dibandingkan dengan wilayah Maluku lainnya. Jagung dapat tumbuh pada tanah lempung dan liat berlempung, mempunyai drainase baik, pH antara 5,0-8,0, namun rentan terhadap salinitas (Khan *et al.*, 2005). Dengan demikian, komoditas tersebut perlu ditingkatkan produksinya. Menurut Marsono dan Sigit (2005) bagi sifat fisik tanah, pupuk berperan dalam menyeimbangkan

kondisi tanah sehingga terjadi peningkatan porositas, aerase tanah, daya penyediaan air tanah dan mengoptimalkan kelengasan tanah pada atau dibawah titik layu parmenan. Percobaan ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh pemberian kompos granul ela sagu dan pupuk anorganik terhadap perbaikan beberapa sifat fisik tanah Inceptisol dan pertumbuhan tanaman jagung.

BAHAN DAN METODE

Percobaan di laksanakan pada bulan Mei 2012 di kebun percobaan, Kepuharjo, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang dan dilanjutkan dengan analisa laboratorium di laboratorium jurusan tanah Fakultas Pertanian UB Malang dan BALITAN Bogor. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu granulator untuk membuat pupuk organik granul, jenis tanah Inceptisols, ela sagu, kotoran sapi, gula pasir, lamtoro, larutan biakan EM-4 (Sibirian, 2008), benih jagung Varietas Srikandi Kuning (Puslitbang Tanaman Pangan, 2004), pupuk urea (46% N), KCl (60% K₂O), dan SP-36 (45% P₂O₅), pestisida (Furadan 3G).

Rancangan Penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok dengan tiga kali ulangan. Perlakuan terdiri dari: tanpa pupuk (KGES1), kompos granule 8 t/ha (KGES2), pupuk anorganik (Urea, SP-36, dan KCl) dosis anjuran (KGES3), pupuk anorganik + kompos granule 8 t/ha (KGES4), $\frac{1}{2} \times$ dosis pupuk anorganik + kompos granule (8 t/ha) (KGES5), 2 kali dosis pupuk anorganik + kompos granule (8 t/ha) (KGES6), $\frac{1}{2} \times$ dosis pupuk anorganik + kompos granule (12 t/ha) (KGES7) dan 2 kali dosis pupuk anorganik + kompos (4 t/ha) (KGES8). Aplikasi kompos granul ela sagu diperkaya dilakukan dua kali yaitu 50% pada saat tanam dan 50% pada 30 hari setelah (HST). Pupuk N,P dan K diberikan tiga kali yaitu 50% pada 10 HST, 30% pada 30 HST dan 20% pada 40 HST.

Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah sifat fisik tanah, pertumbuhan dan hasil tanaman Jagung. Sifat fisik Inceptisol yang diamati antara lain berat isi tanah (*Bulk Density*) menggunakan metode silinder, berat jenis tanah (*Particle density*) menggunakan metode piknometer, porositas (*Porosity*) menggunakan metode $(1 - (BI/BJ) \times 100\%)$, pori drainase cepat (*macropore*) menggunakan metode gravimetri, pori drainase lambat (*mesopore*), pori air tersedia (*micropore*). Sedangkan pertumbuhan dan hasil tanaman yang diamati adalah tinggi tanaman (*plant height*), dan hasil biji pipilan kering Jagung (*dry weight yield*). Data-data yang diperoleh dianalisis keragamannya menggunakan program *Genstat 12th for windows*. Analisis ragam sesuai dengan rancangan dan pola percobaan yang digunakan yaitu RAK, dan apabila berbeda nyata dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5%. Analisis korelasi dan regresi digunakan untuk mengetahui keeratan dan bentuk hubungan antara perlakuan dan variabel yang diamati.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik kimia Pupuk Kompos Granule Diperkaya

Berdasarkan hasil analisis dasar kualitas unsur hara kompos granul ela sagu menunjukkan bahwa pH kompos cenderung agak basa (pH H₂O 7,8 dan pH KCl 7,5). Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi kompos berbahan baku ela sagu dapat berfungsi untuk meningkatkan pH tanah dan mengurangi efek merugikan (penurunan pH tanah) akibat pemberian pupuk anorganik. Kandungan bahan organik dalam kompos ela sagu relatif tinggi yaitu 26,85%. Sedangkan untuk kandungan nutrisinya, konsentrasi unsur hara N, P, dan K yang ada dalam kompos berbahan baku ela sagu berturut-turut sebesar 1,56%, 1,03% dan 0,69% dengan kadar air 12-15%. Apabila dibandingkan dengan kandungan hara dari kotoran hewan seperti sapi dan ayam, kandungan unsur N dan P, dari kompos berbahan baku ela sagu cenderung lebih tinggi, sedangkan unsur K masih lebih rendah daripada kotoran ayam, namun lebih tinggi dibandingkan kotoran sapi. Kompos yang diproduksi memiliki C/N ratio 10 yang berarti bahwa pupuk tersebut termasuk kualitas tinggi dan cepat terdekomposisi sehingga lebih cepat dalam penyediaan unsur hara. Pengkayaan unsur hara yang dilakukan melalui penambahan NPK mampu meningkatkan kandungan N, P dan K, masing-masing menjadi N = 2,43%, P = 1,02% dan K = 0,87%.

Analisa Pendahuluan

Sebelum perlakuan tanah Inceptisol yang akan digunakan dalam percobaan dianalisa karakteristiknya melalui analisa pendahuluan. Hasil analisa pendahuluan sifat-sifat fisik dan kimia baik tanah Inceptisol sebelum percobaan kedalaman 0-20 cm yaitu tekstur : pasir 16%, debu 40%, dan liat 44%; berat volume tanah 1,20 g/cm³; berat jenis tanah 2,10 g/cm; porositas tanah 4,43 % volume; penyebaran pori : pori drainase cepat 33,12 %, pori drainase lambat 5,49%, pori air tersedia 8,35%; kadar air pF 2 0,46 cm³/cm³; pH tanah 5,5.

Berdasarkan hasil analisis tanah awal menunjukkan bahwa masalah utama pada Inceptisol lokasi penelitian adalah tingginya kemasaman tanah (pH 5,5), tanah didominasi oleh fraksi liat diikuti oleh fraksi debu dan fraksi pasir sehingga termasuk dalam kelas tekstur liat. Adanya tekstur liat menyebabkan nilai porositas sedang dimana didominasi oleh pori drainase cepat menyusul berturut-turut pori air tidak tersedia, pori air tersedia dan pori drainase lambat. Hal ini disebabkan karena tanah didominasi oleh pori mikro sehingga sebagian air sulit terlindih setelah penambahan air terhenti.

Kondisi tanah demikian dapat menghambat tumbuh kembangnya tanaman yang ditanam pada tanah ini. Hal tersebut terjadi karena terganggunya perkembangan akar tanaman. Akar tanaman menjadi lebih pendek, ukurannya lebih besar daripada biasanya,

kaku seperti kawat, mudah patah, dan ujung-ujung akar membengkak. Sehingga dengan demikian akar tanaman tidak dapat menyerap air dan unsur hara dengan sempurna yang akan mengakibatkan tanaman mengalami cekaman air, defisiensi unsur hara (Hairiah *et al.*, 2000). Masalah pokok pada tanah mineral masam seperti Inceptisol tersebut antara lain: tingginya daya fiksasi hara P yang menyebabkan kekahatan unsur tersebut, dan keracunan Al. Dalam tanah mineral masam yang mempunyai pH kurang dari 5, banyak mengandung senyawa-senyawa oksida dan hidroksida Al dan Fe (Seskuioksida) yang kemampuan tinggi dalam menyerap P. Dengan demikian tanaman akan mengalami defisiensi P.

Salah satu alternatif yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tanah tersebut adalah dengan penggunaan bahan organik/kompos. Ultisol berkadar Al tinggi dapat diatasi dengan mengendalikan secara efektif keracunan Al pada tanaman melalui khelasi aluminium tanah dengan memanfaatkan sisa tanaman atau kompos sebagai sumber ligan. Sedangkan pemberian bahan organik berupa kompos granul dapat memperbaiki sifat fisik tanah. Salah satunya adalah peningkatan oksigen, karbondioksida, nitrogen dan uap air melalui mikroba-mikroba tanah bersamaan dengan meningkatnya lengas tanah atau porositas. Pemberian bahan organik memungkinkan pembentukan agregat tanah, yang selanjutnya akan memperbaiki permeabilitas dan peredaran udara tanah, akar tanaman mudah menembus lebih dalam dan luas sehingga tanaman kokoh dan lebih mampu menyerap hara tanaman (Winarso, 2005). Pemberian kompos yang banyak mengandung bahan organik mampu menyediakan lingkungan yang optimal bagi kehidupan dan aktifitas mikroorganisme tanah dan memperbaiki sifat fisika tanah seperti agregasi tanah, *soil bulk density*, *soil particle density*, *soil porosity* dan lain-lain. Penambahan kompos pada tanah menyebabkan terjadinya penurunan *soil bulk density*, dimana hal ini berdampak positif terhadap peningkatan porositas tanah (Fischer dan Glaser, 2012; Mandal *et al.*, 2013) dan agregasi tanah (Mandal *et al.*, 2013)

Hasil analisa kompos granul ela sagu menunjukkan bahwa kompos granul ela sagu mempunyai C-organik dan N total tinggi masing-masing (30,16 %) dan (2,43 %). Berdasarkan hasil analisa diharapkan penggunaan kompos granul ela sagu sebagai bahan perlakuan dapat meningkatkan agregasi tanah sehingga berpengaruh pada sifat fisik tanah Inceptisols. Hasil analisa ragam tanah Inceptisol terhadap parameter sifat fisik tanah dan hasil jagung dapat terlihat pada Tabel 1.

Hasil analisis ragam pengaruh pemberian kompos granul ela sagu dan pupuk anorganik terhadap sifat fisik Inceptisol, pertumbuhan dan hasil tanaman jagung tersaji pada Tabel 1.

Soil bulk density (g/cm³)

Hasil analisis ragam terhadap parameter *soil bulk density* menunjukkan bahwa perlakuan penambahan kompos granul ela sagu dan pupuk anorganik berpengaruh nyata dalam penurunan *soil bulk density* (Tabel 2). *Soil Bulk density* terendah terdapat pada Inceptisol dengan perlakuan kombinasi peningkatan dosis pupuk anorganik 2× dan kompos granule ela sagu sebanyak 4 ton/ha (KGES8) yaitu sebesar 0,80 g/cm³ dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya, sedangkan *soil bulk density* tertinggi terdapat pada perlakuan kontrol (KGES1) yaitu sebesar 1,20 g/cm³ dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Hasil penelitian ini sesuai dengan beberapa hasil penelitian sebelumnya yang menyimpulkan bahwa penambahan kompos ternyata dapat menurunkan *bulk density* tanah (Bahremand *et al.*, 2003; Rasoulzadeh dan Yaghoubi, 2010; Civeira, 2010; Abbas *et al.*, 2011; Akanni *et al.*, 2011; Javed *et al.*, 2013; Okon *et al.*, 2013; Mandal *et al.*, 2013). Penurunan *soil bulk density* disebabkan karena bahan organik yang terkandung dalam kompos granul ela sagu berperan dalam mengikat partikel-partikel tanah sehingga membentuk pola tertentu. Hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh De Fretes *et al.* (1996) menyimpulkan hal yang sama dimana semakin tinggi pemberian bahan organik ke dalam tanah maka *soil bulk density* akan semakin rendah, berkisar antara 1,0 sampai 1,3 g/cm. Hal ini sejalan dengan pendapat Hillel (1996) yang menyatakan bahwa bahan organik memiliki berat isi maupun berat jenis yang rendah sehingga makin tinggi pemberian bahan organik ke tanah maka *soil bulk density* akan menurun.

Soil particle density (g/cm)

Hasil analisis ragam terhadap parameter *soil particle density* menunjukkan bahwa perlakuan penambahan kompos granul ela sagu dan pupuk anorganik berpengaruh nyata dalam peningkatan *soil particle density* (Tabel 2). *Soil particle density* terendah terdapat pada perlakuan kontrol (KGES1) yaitu sebesar 2,10 g/cm³ namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan KGES2, sedangkan *soil particle density* tertinggi terdapat pada perlakuan penambahan kombinasi ½× dosis pupuk anorganik dan 12 ton/ha kompos granule ela Sagu (KGES7) yaitu sebesar 2,30 g/cm³ dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Hasil penelitian ini bertolak belakang dengan hasil penelitian sebelumnya yang menyimpulkan bahwa *soil bulk density* dan *soil particle density* berkurang seiring dengan penambahan 30 dan 60 ton/ha pupuk kandang (Rasoulzadeh dan Yaghoubi, 2010). *Soil particle density* ditentukan oleh partikel padatan tanah yang cenderung tetap untuk tiap jenis tanah, berat ringannya partikel padatan tanah ditentukan oleh tingkat pelapukan yang memerlukan waktu yang cukup lama. Penambahan bahan organik dalam bentuk humus dapat meningkatkan *soil particle density*.

Tabel 1. Pengaruh dosis perlakuan kompos granul ela sagu dan pupuk fosfat terhadap sifat fisik Inceptisol, pertumbuhan dan hasil tanaman Jagung

Perlakuan	Bulk Density (g/cm)	Particle density (g/cm)	Porosity (%)	Dry weight yield (ton/ha)
KGES1	1,20 a	2,10 f	4,43 g	3,61 h
KGES2	1,10 b	2,11 ef	4,57 f	4,15 g
KGES3	0,98 c	2,12 e	4,76 e	4,23 f
KGES4	0,98 c	2,19 d	5,47 d	4,46 e
KGES5	0,97 d	2,21 d	6,27 c	5,01 d
KGES6	0,93 d	2,23 c	6,43 b	6,52 c
KGES7	0,80 e	2,30 a	7,77 a	7,85 a
KGES8	0,90 d	2,25 b	6,46 b	6,95 b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh notasi huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada DMRT ($\alpha = 0,05$).

Soil porosity (%)

Hasil analisis ragam terhadap parameter *soil porosity* menunjukkan bahwa perlakuan penambahan kompos granul ela sagu dan pupuk anorganik berpengaruh nyata dalam peningkatan *soil porosity* (Tabel 2). *Soil porosity* terendah terdapat pada perlakuan kontrol (KGES1) yaitu sebesar 4,43% dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya, sedangkan *soil porosity* tertinggi terdapat pada perlakuan penambahan kombinasi $\frac{1}{2} \times$ dosis pupuk anorganik dan 12 ton/ha kompos granule ela Sagu (KGES7) yaitu sebesar 7,77% dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Hasil penelitian ini sesuai dengan beberapa hasil penelitian sebelumnya dimana penambahan pupuk kandang pada tanah ternyata berpengaruh nyata terhadap *soil porosity* (Agbede *et al.*, 2008; Javed *et al.*, 2013; Okon *et al.*, 2013; Mandal *et al.*, 2013). Peningkatan porositas tanah terjadi karena bahan organik dapat memacu pembentukan agregat-agregat tanah yang diindikasikan dengan terjadinya penurunan *soil bulk density*. Hal ini sesuai dengan pendapat yang menyatakan bahwa meningkatnya *soil porosity* disebabkan oleh meningkatnya agregasi tanah akibat penambahan pupuk kandang (Rasoulzadeh dan Yaghoubi, 2010; Javed *et al.*, 2013; Okon *et al.*, 2013). Mandal *et al.* (2013) mengemukakan bahwa bahan organik dapat berperan sebagai *cementing agent* antar partikel tanah yang dapat meningkatkan agregasi dan porositas tanah.

Tinggi tanaman (cm)

Hasil analisis ragam terhadap parameter tinggi tanaman (TT) menunjukkan bahwa perlakuan penambahan kompos granul ela sagu dan pupuk anorganik berpengaruh nyata terhadap peningkatan tinggi tanaman (Tabel 2). Tinggi tanaman terendah terdapat pada perlakuan kontrol (KGES1) yaitu sebesar 164,59 cm dan tidak berbeda nyata dengan perlakuan lainnya, sedangkan tinggi tanaman tertinggi terdapat pada perlakuan penambahan kombinasi $\frac{1}{2} \times$ dosis pupuk anorganik dan 12 ton/ha kompos granule ela Sagu (KGES7) yaitu sebesar 249,17 dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Hasil penelitian ini sesuai dengan

penelitian sebelumnya yang menyimpulkan bahwa tinggi tanaman Jagung mempunyai korelasi positif dengan penambahan pupuk kandang kotoran sapi yang disertai dengan penambahan pupuk anorganik (Zafar *et al.*, 2011; Adamu dan Leye, 2012).

Hasil analisis ragam terhadap parameter TT belum menunjukkan pengaruh nyata pada awal pertumbuhan Jagung, pengaruh nyata terhadap parameter TT ditunjukkan sejak 30 hst (Tabel 4). Penelitian sebelumnya menyimpulkan bahwa penggunaan kompos organik berupa pupuk kandang kotoran sapi dapat meningkatkan parameter pertumbuhan vegetatif Jagung yaitu tinggi tanaman, diameter batang, jumlah dan luas daun sejak 4 minggu setelah aplikasi (Akongwubel *et al.*, 2012).

Pada tahap awal pertumbuhan dan perkembangan tanaman, pelepasan dan ketersediaan nutrisi yang terkandung dalam pupuk anorganik lebih tinggi, sehingga dari hasil penelitian menunjukkan tanaman jagung dengan perlakuan kompos (KGES2) pada awal pertumbuhan terlihat lambat, namun tahap selanjutnya tinggi tanaman sama dengan tanaman yang dipupuk anorganik saja maupun kombinasi kompos dan anorganik. Hasil ini sesuai dengan percobaan yang telah dilakukan Arisha *et al.* (2003) menegaskan pupuk anorganik mampu mempercepat pertumbuhan awal jagung, kemudian pupuk organik memacu pertumbuhan pada tahap berikutnya. Pupuk organik mengaktifkan banyak species mikroorganisme tanah yang melepaskan fitohormon untuk merangsang pertumbuhan tanaman dan meningkatkan nutrisi. Organisme tanah tersebut juga memerlukan nitrogen untuk pertumbuhan dan perkembangbiakannya (Ouda dan Mahadeen, 2008). Namun pada akhir pengamatan terlihat perlakuan kompos saja tidak mampu mengimbangi laju pertumbuhan tinggi tanaman dibandingkan pupuk anorganik saja dan kombinasi keduanya. Suplai hara pada perlakuan ini tergantung kandungan hara tanah dan kompos yang semakin berkurang seiring peningkatan kebutuhan tanaman untuk pertumbuhan dan perkembangannya.

Tabel 2. Pengaruh aplikasi pupuk anorganik dan kompos granul ela sagu diperkaya pada tinggi tanaman jagung

Perlakuan	Rata-rata tinggi tanaman (cm)				
	15 HST	30 HST	45HST	60HST	75 HST
KGES 1	16,42	27,32 e	55,34 g	135,21 g	164,59 d
KGES 2	15,83	28,30 d	56,72 f	137,67 f	202,03 c
KGES 3	16,74	30,08 c	59,48 e	140,64 e	222,62 b
KGES 4	16,21	30,26 c	60,75 c	143,34 d	209,13 cb
KGES 5	15,92	30,48 c	62,08 c	144,70 c	222,56 b
KGES 6	17,25	31,49 b	63,43 b	145,32 c	223,48 b
KGES 7	17,28	32,64 a	64,64 a	148,21 a	249,17 a
KGES 8	17,95	32,07 ab	63,69 b	146,54 b	223,91 b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh notasi huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada DMRT ($\alpha = 0,05$).

Analisis laboratorium menunjukkan kompos berbahan baku ela sagu memiliki kandungan N, P lebih tinggi dan K lebih rendah dari kotoran ayam, sedangkan diversifikasi kompos diperkaya dalam bentuk granul ini meningkatkan kadar NPK berturut turut menjadi 3,9%, 1,6% dan 1,9% dibandingkan dengan kompos sampah biasa, dengan C/N rasio 10 (La Habi *et al.*, 2012). Kompos yang memiliki C/N rasio 10 berarti memiliki kualitas bagus dan cepat terdekomposisi sehingga lebih cepat dalam penyediaan unsur hara bagi tanaman. Ketersediaan unsur P sangat penting dan diperlukan sepanjang hidup tanaman terutama untuk pengisian biji pada tanaman jagung. Peningkatan parameter pertumbuhan dan hasil jagung pada KGES7 disebabkan karena tanaman jagung menyerap fosfor selama masa pertumbuhan. Penyerapan fosfor pada fase vegetatif mendorong terciptanya organ vegetatif yang sempurna, sehingga hal ini sangat membantu dalam penyerapan unsur lain yang sangat dibutuhkan pada fase reproduktif seperti unsur N, disamping itu fosfor masih diperlukan pada fase reproduktif. Hal ini sesuai dengan pendapat Hardjowigeno (1992), Bahwa fosfor disamping berperan dalam pembentukan organ vegetatif tanaman, fosfor juga berperan pula dalam meningkatkan kandungan Protein buah atau biji serta membantu dalam produksi biji.

Maize dry weight yield (ton/ha)

Hasil Percobaan lapangan dan berdasarkan analisis ragam, menunjukkan bahwa kompos granul ela sagu dan pupuk anorganik berpengaruh nyata terhadap hasil berat kering pipilan jagung (Tabel 2). Hasil berat kering pipilan jagung tertinggi dicapai pada perlakuan $\frac{1}{2} \times$ dosis pupuk anorganik + kompos granule 12 t/ha (KGES7) adalah 7,82 ton/ha. Pemberian kompos granul ela sagu dapat menyumbangkan P ke dalam tanah dari hasil dekomposisinya, sehingga dapat meningkatkan tinggi tanaman dan hasil biji kering pipilan kering jagung. Peningkatan tinggi tanaman jagung diikuti oleh peningkatan hasil biji pipilan kering jagung. Adanya korelasi positif antara penambahan pupuk kandang dengan hasil biji Jagung juga telah disimpulkan oleh beberapa penelitian sebelumnya (Stefanescu, 2004; Zafar *et al.*, 2011; Adamu dan Leye, 2012; Javed *et al.*, 2013).

Aplikasi kompos berupa pupuk kandang kotoran sapi dapat meningkatkan hasil biji Jagung dengan ambang batas aplikasi maksimal sebanyak 18 ton/ha (Akongwubel *et al.*, 2012). Pemberian kompos granul ela sagu ke dalam tanah akan mengalami proses dekomposisi yang menghasilkan asam-asam organik yang dapat menurunkan aktivitas Al, Fe, dan Mn pada tanah masam seperti Inceptisols. Sehingga P yang terjerap oleh ketiga ion tersebut terlepas menjadi tersedia. Proses tersebut juga akan mempengaruhi perubahan kondisi dalam tanah (meningkatnya pH tanah) sehingga akar tanaman akan lebih mampu menyerap unsur fosfat. Disamping itu peningkatan P-tersedia dapat juga disebabkan oleh adanya proses mineralisasi P dalam kompos oleh mikroorganisme dalam tanah (Minardi *et al.*, 2007). Bahan organik yang berasal dari kompos granul ela sagu juga dapat menyebabkan daya menahan air tanah meningkat dan kepadatan tanah berkurang. Kepadatan tanah yang berkurang berpengaruh terhadap kemudahan akar tanaman untuk menembus tanah sehingga akar lebih luas jangkauannya sehingga meningkatkan kemampuan akar tanaman dalam menyerap hara termasuk hara P. Demikian juga pemberian pupuk anorganik terutama P bersama-sama dengan kompos granul ela sagu dapat meningkatkan serapan P tanaman karena adanya peningkatan P tersedia dalam tanah. Dengan meningkatnya P-tersedia tanah dan memanjangnya akar maka kontak secara difusi antar akar tanaman dan P yang ada dalam tanah menjadi lebih besar sehingga lebih banyak P yang diambil atau diserap oleh tanaman. Dengan demikian hasil biji kering pipilan jagung akan meningkat pula. Biji yang terbentuk dapat ditingkatkan dengan penambahan fosfat setelah penanaman. Selain itu peningkatan tinggi tanaman dan hasil biji pipila kering jagung juga dipacu dengan penambahan pupuk organik, karena tanaman ini merupakan tanaman yang memberikan respon baik terhadap pupuk organik (Hairiah *et al.*, 2000; La Habi *et al.*, 2012; Minardi *et al.*, 2007). Pemberian kompos yang banyak mengandung bahan organik mampu menyediakan lingkungan yang optimal bagi kehidupan dan aktifitas mikroorganisme tanah dan memperbaiki sifat fisika tanah seperti berat volume tanah, berat jenis butiran, porositas tanah, pori drainase cepat, pori drainase lambat, pori air tersedia dan lain-lain.

Sedangkan pengkayaan NPK dalam kompos meningkatkan ketersediaan unsur hara lebih cepat sehingga tanaman jagung mudah membentuk hasil biji pipilan kering jagung per tanaman lebih banyak.

Pada pengamatan hasil biji kering pipilan jagung per hektar, perlakuan perbedaan dosis menunjukkan perbedaan yang nyata (Tabel 1). Aplikasi kompos granul saja (KGES2) memberikan hasil biji kering pipilan jagung (t/ha) yang sama dengan perlakuan pupuk anorganik (KGES3). Hal ini menunjukkan kandungan hara dalam kompos yang diperkaya mampu menyediakan kebutuhan hara tanaman. Pupuk anorganik yang dikombinasikan dengan kompos granul ela sagu mampu meningkatkan hasil 30-47% dibandingkan dengan pemberian pupuk anorganik maupun kompos granul saja. Hasil yang sama juga didukung oleh hasil penelitian sebelumnya pada bawang merah (Abbey dan Kanton, 2004; Gambo *et al.*, 2008). Hal ini dapat dipahami bahwa kombinasi anorganik dan organik bisa saling mendukung supaya selama masa pertumbuhan, tanaman tidak kekurangan unsur hara. Pupuk anorganik akan cepat melepaskan dan menyediakan nutrisi yang dibutuhkan pada waktu yang tepat, sedangkan pupuk kompos yang mengandung bahan organik tinggi mampu memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah yaitu perbaikan dalam aerasi tanah, porositas tanah, bobot isi tanah dan peningkatan kemampuan menahan air. Dari aspek kimia tanah, bahan organik tanah meningkatkan muatan negatif sehingga meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) sedangkan secara biologi bahan organik dapat meningkatkan pertumbuhan dan aktifitas mikroorganisme tanah. Pupuk kompos yang diaplikasikan dalam penelitian ini merupakan diversifikasi kompos yang diperkaya unsur hara NPK, sehingga selain berfungsi sebagai penyuplai bahan organik tanah juga menyediakan hara tersedia bagi tanaman. Oleh karena itu, aplikasinya pada tanaman jagung memberikan hasil yang lebih tinggi dari pada pupuk anorganik saja.

Berdasarkan hasil penelitian ini, pemberian pupuk anorganik berlebihan yaitu dua kali dosis rekomendasi (KGES2 dan KGES8) tidak menunjukkan hasil peningkatan berat kering pipilan jagung yang nyata (Tabel 2). Hasil ini sesuai dengan penemuan Ashandi dan Koestani (1990) yang telah membuktikan bahwa cara pemupukan petani jagung dengan dosis berlebihan ternyata tidak berbeda nyata dengan cara pemupukan dosis berimbang. Dengan demikian aplikasi pupuk anorganik berlebihan tidak memberikan manfaat ditinjau dari pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan hasil jagung. Sebaliknya, pengurangan setengah dosis optimum pupuk anorganik yang dikombinasikan dengan pemberian kompos granul 8 t/ha (KGES5) dan 12,7 t/ha (KGES7) menunjukkan hasil yang sama dengan perlakuan kompos granul yang sama dengan perlakuan kompos granul yang dikombinasikan dengan anorganik dosis optimum maupun dua kali dosis optimum. Pengurangan setengah dosis optimum pupuk anorganik yang dikombinasikan dengan kompos granul 8 t/ha (KGES5) dan 12,7 t/ha (KGES7) masing masing mampu

memperbaiki sifat fisik tanah seperti berat volume tanah, berat jenis tanah, porositas tanah, pori drainase cepat, pori drainase lambat, pori air tersedia, pori air tidak tersedia dan meningkatkan hasil jagung 6% dan 32% dibandingkan dengan pemberian pupuk anorganik saja (KGES3).

Pemberian kompos yang banyak mengandung bahan organik mampu menyediakan lingkungan yang optimal bagi kehidupan dan aktifitas mikroorganisme tanah dan memperbaiki sifat fisika tanah seperti agregasi tanah, *soil bulk density*, *soil particle density*, *soil porosity* dan lain-lain. Penambahan kompos pada tanah menyebabkan terjadinya penurunan *soil bulk density*, dimana hal ini berdampak positif terhadap peningkatan porositas tanah (Fischer dan Glaser, 2012; Mandal *et al.*, 2013) dan agregasi tanah (Mandal *et al.*, 2013). *Soil porosity* mempunyai peranan penting dalam proses pembentukan struktur tanah, lengas tanah, pengkayaan unsur hara dalam tanah, serta menjaga keragaman mikroba tanah, sedangkan stabilitas agregat tanah mempunyai pengaruh yang positif terhadap proses perkecambahan benih, perkembangan akar dan tunas tanaman (Li *et al.*, 2011). Meningkatnya porositas tanah akan meningkatkan lengas tanah (Fischer dan Glaser, 2012) sehingga kebutuhan air tanaman akan tercukupi. Hal ini sesuai dengan pernyataan sebelumnya bahwa bahan organik dapat meningkatkan kapasitas penahanan air tanah sehingga status lengas tanah menjadi tersedia untuk proses respirasi, evaporasi dan fotosintesis (Javed *et al.*, 2013). Penurunan *bulk density* dan peningkatan status lengas tanah dapat meningkatkan pertumbuhan akar, pengambilan nutrisi dan hasil akhir tanaman (Rasoulzadeh dan Yaghoubi, 2010; Akanni *et al.*, 2011). Ditambahkan oleh Garg dan Bahl (2008) bahwa penambahan pupuk kandang menyebabkan terjadinya keseimbangan nutrisi yang dapat meningkatkan hasil biji Jagung.

KESIMPULAN

Kompos granul ela sagu dan pupuk anorganik berpengaruh nyata terhadap sifat fisik tanah yaitu *soil bulk density* (0,80 g/cm³), *soil particle density* (2,30 g/cm³), *soil porosity* (7,77%), *soil macropore* (23,54%), *mesopore* (8,83%), dan *micropore* (11,62%). Sedangkan pertumbuhan tanaman (tinggi tanaman) dan hasil biji pipilan kering jagung masing-masing sebesar 249,17 cm dan 7,85 ton/ha. Kombinasi kompos granul dan pupuk anorganik mampu meningkatkan hasil 30-47% dibandingkan dengan pemberian pupuk anorganik maupun kompos granul saja. Pemberian pupuk anorganik berlebihan ternyata tidak menunjukkan hasil peningkatan biji kering pipilan jagung yang nyata. Berdasarkan hasil penelitian ini, pengurangan setengah dosis pupuk anorganik yang dikombinasikan dengan kompos granul 12 t/ha menghasilkan hasil biji kering pipilan jagung tertinggi (7,85 t/ha) atau meningkatkan hasil 32% dari aplikasi pupuk anorganik. Kombinasi ini diharapkan mampu mengurangi penggunaan pupuk anorganik sehingga dapat meningkatkan efektifitas

penggunaan pupuk pada perbaikan sifat fisik tanah dan budidaya jagung di jenis tanah Inceptisol, *soil bulk density*, *soil particle density*, *soil porosity*, *soil macropore*, *mesopore*, dan *micropore*. Penambahan kombinasi kompos granule ela sagu dan pupuk anorganik juga berpengaruh nyata terhadap *tinggi tanamandan dry weight yield* Jagung. Berdasarkan hasil penelitian, perlakuan yang memberikan hasil tertinggi terhadap *tinggi tanamandan dry weight yield* Jagung adalah KGES7 yaitu kombinasi $\frac{1}{2} \times$ dosis pupuk anorganik dan 12 ton/ha kompos granule ela Sagu. Kombinasi ini diharapkan mampu mengurangi penggunaan pupuk anorganik sehingga dapat meningkatkan efektifitas penggunaan pupuk pada perbaikan sifat fisik tanah dan budidaya Jagung pada Inceptisol.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbey, L., and R.A.L. Kanton. 2004. Fertilizer type, but not time of cessation of irrigation, affect onion development and yield in a semi arid region. *Journal of Vegetable Crop Production* 9: 41-48.
- Abbas, M.A., S.D.M. Elamin, and E.A.M. Elamin. 2011. Contribution of chicken manure on soil chemical and physical properties compared with urea + superphosphate fertilizers. *Journal of Science and Technology* 12: 9-16.
- Adamu, S. and B.O. Leye. 2012. Performance of maize (*Zea mays* L.) as influenced by complementary use of organic and inorganic fertilizers. *International Journal of Science and Nature* 3: 753-757.
- Agbede, T.M., S.O. Ojeniyi, and A.J. Adeyemo. 2008. Effect of poultry manure on soil physical and chemical properties, growth and grain yield of sorghum in Southwest, Nigeria. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture* 2: 72-77.
- Akanni, D.I., S.O. Ojeniyi, and M.A. Awodun. 2011. Soil properties, growth yield and nutrient content of maize, pepper and amaranthus as influenced by organic and organomineral fertilizer. *Journal of Agricultural Science and Technology A* 1: 1074-1078.
- Akongwubel, A.O., U.B. Ewa, A. Prince, O. Jude, A. Martins, O. Simon, and O. Nicholas. 2012. Evaluation of agronomic performance of maize (*Zea mays* L.) under different rates of poultry manure application in an ultisol of Obubra, Cross River State, Nigeria. *International Journal of Agriculture and Forestry* 2: 138-144.
- Alfons, J.B., dan A.A. Rivaie. 2011. Sagu mendukung ketahanan pangan dalam menghadapi dampak perubahan iklim. *Perspektif* 10: 81-91.
- Arisha, H.M.E., A.A. Gad, and S.E. Younes. 2003. Response of some pepper cultivars to organic and mineral nitrogen fertilizer under sandy soil conditions. *Zagazig Journal Agriculture Research* 30: 1875-1899.
- Awg-Adeni, D.S., S. Abd-Aziz, K. Bujang, and M.A. Hassan. 2010. Bioconversion of sago residue into value added products. *African Journal of Biotechnology* 9: 2016-2021.
- Ayeni, L.S., E.O. Adeleye, and J.O. Adejumo. 2012. Comparative effect of organic, organomineral and mineral fertilizers on soil properties, nutrient uptake, growth and yield of maize (*Zea Mays*). *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science* 2: 493-497.
- Bahremand, M.R., M. Afyuni, M.A. Hajabbasi, and Y. Rezaejad. 2003. Short and mid-term effects of organic fertilizers on some soil physical properties. *J. Agric. Natur. Resour. Sci. Technol.* 6: 125-134.
- Barzegar, A.R., A. Yousefi, A. Daryashenas. 2002. The effect of addition of different amounts and types of organic materials on soil physical properties and yield of wheat. *Plant Soil* 247: 295-301.
- BPS. 2004. *Statistik Indonesia*. Biro Pusat Statistik, Jakarta.
- BPS. 2006. *Maluku Dalam Angka*. Badan Pusat Statistik Provinsi Maluku, Ambon.
- BPS. 2009. *Statistik Indonesia 2008*. Badan Pusat Statistik (BPS), Jakarta, p. 177.
- Badan Pusat Statistik Maluku Utara. 2010. *Maluku Utara Dalam Angka*. Ternate.
- Civeira, G. 2010. Influence of municipal solid waste compost on soil properties and plant reestablishment in peri-urban environments. *Chilean Journal of Agricultural Research* 70: 446-453.
- De Fretes, P.L, R.W. Zobel, and V.A. Sneder. 1996. A method for studying the effect of soil aggregate size and density. *Soil Science Society of America Journal* 60: 288-290.
- Efthimiadou, A., D. Bilalis, A. Karkanis, and B. Froud-Williams. 2010. Combined organic/inorganic fertilization enhance soil quality and increased yield, photosynthesis and sustainability of sweet maize crop. *Australian Journal of Crop Science* 4: 722-729.
- Farhad, W., M.F. Saleem, M.A. Cheema, H.Z. Khan, and H.M. Hammad. 2011. Influence of poultry manure on the yield and quality of spring maize. *Crop & Environment* 2: 6-10.
- Fischer, D. and B. Glaser. 2012. Synergisms Between Compost and Biochar for Sustainable Soil Amelioration. *Management of Organic Waste*, Dr. Sunil Kumar (Ed.). InTech. Available from: <http://www.intechopen.com/books/management-of-organic-waste/synergism-between-biocharand-compost-for-sustainable-soil-amelioration>
- Gambo, B.A., M.D. Magaji, A.I. Yakuba, and A.U. Dikko. 2008. Effect of famyard manure, nitrogen and weed interference on the growth and yield of onion (*Allium cepa* L.) at the Sokoto Rima Valley. *Journal of Sustainable Development in Agriculture and Environment* 3: 87-92.

- Garg, S. and G.S. Bahl. 2008. Phosphorus availability to maize as influenced by organic manures and fertilizer P associated phosphatase activity in soils. *Bioresource Technology* 99: 5773-5777.
- Hairiah, K., Widiyanto, S.R. Utami, D. Suprayogo, Sunaryo, S.M. Sitompul, B. Lusiana, R. Mulia, M. van Noordwijk, dan G. Cadish. 2000. *Pengelolaan Tanah Masam Secara Biologi*. International Centre for Research in Agroforestri. Bogor.
- Hillel, D. 1996. *Introduction to Soil Physics*. Terjemahan: Pengantar Fisika Tanah. Penerjemah: R.H. Susanto & R.N. Hamidawati. Mitra Gama Widya.
- Iqbal, M., A.G. Khan, A. Ul-Hassan, M.W. Raza, and M. Amjad. 2012. Soil organic carbon, nitrate contents, physical properties and maize growth as influenced by dairy manure and nitrogen rates. *International Journal of Agriculture & Biology* 14: 20-28.
- Javed, H.M.R., M.S.I. Zamir, A. Tanveer, and M. Yaseen. 2013. Soil physical properties and spring maize yield as influenced by different tillage practices and integrated use of poultry manure with synthetic fertilizers. *Jornal of Agricultural Research* 51: 277-287.
- Kaya, E. 2003. *Perilaku Fosfat Dalam tanah, Serapan Fosfat, dan Hasil Jagung (Zea mays L.) Akibat Pemberian Pupuk Fosfat dengan Amelioran Pada Typic Dystrudepts*. Disertasi. Unpad. Bandung.
- Khan, M.A., M. Abid, N. Hussain, and M.U. Masood. 2005. Effect of phosphorous levels on growth and yield of maize (*Zea mays L.*) cultivars under saline conditions. *International Journal of Agriculture & Biology* 7: 511-514.
- La Habi, M. 2007. *Kajian Cara Pemberian dan Dosis Ela Sagu Terhadap Erosi Tanah, Limpasan Permukaan Serta Pertumbuhan dan Hasil Jagung di Ultisol*. Tesis. Program Pascasarjana Universitas Brawijaya, Malang.
- La Habi, M., Z. Kusuma, S. Priyono, dan B. Prasetyo. 2012. Ketersediaan fosfat, serapan fosfat dan hasil tanaman jagung akibat pemberian pupuk organik granul ela sagu dengan pupuk fosfat pada inceptisol. *Plumula: Berkala Ilmiah Agroteknologi* 1: 144-155.
- Li, J.T., X.L. Zhong, F. Wang, and Q.G. Zhao. 2011. Effect of poultry litter and livestock manure on soil physical and biological indicators in a rice-wheat rotation system. *Plant Soil and Environment* 57: 351-356.
- Mandal, M., R.S. Chandran, and J.C. Sencindiver. 2013. Amending subsoil with composted poultry litter-I: effects on soil physical and chemical properties. *Agronomy* 3: 657-669.
- Marsono, dan P. Sigit. 2005. *Pupuk Organik dan Aplikasinya*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Minardi, S., Suntoro, Syekhfanani, dan E. Handayanto. 2007. Penggunaan macam bahan organik dengan kandungan total asam humat dan asam fulvat berbeda dan pupuk P terhadap ketersediaan dan serapan P pada tanaman jagung manis. *Agrivita* 29: 131-137.
- Okon, J.E., E.O. Mbong, G.J. Ebukanson, O.H. Uneh. 2013. Influence of nutrient amendments of soil quality on germination, growth and yield components of two varieties of Okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) Sown at University of Uyo Botanical Garden, Uyo, Akwa Ibom State. *E3 Journal of Environmental Research and Management* 4: 209-213.
- Ouda, B.A. and A.Y. Mahadeen. 2008. Effect of fertilizers on growth, yield, yield components, quality and certain nutrient contents in broccoli (*Brassica oleracea*). *International Journal of Agriculture and Biology* 10: 627-632.
- Premsekhar, M. and V. Rajashree. 2009. Influence of organic manures on growth, yield and quality of Okra. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture* 3: 6-8.
- Rasoulzadeh, A. and A. Yaghoubi. 2010. Effect of cattle manure on soil physical properties on a sandy clay loam soil in North-West Iran. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 8: 976-979.
- Singhal, R.S., J.F. Kennedy, S.M. Gopalakrishnan, A. Kaczmarek, C.J. Knill, and P.F. Akmar. 2008. Review: industrial production, processing, and utilization of sago palm-derived products. *Carbohydrate Polymers* 72: 1-20.
- Soemarno. 2002. *Prinsip-Prinsip Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. Program Pascasarjana Universitas Brawijaya Malang.
- Stefanescu, M. 2004. Role of manure in increasing soil fertility and yield of wheat and maize. *Romanian Agricultural Research* 21: 43-47.
- Susanto, A.N. dan M.P. Sirappa. 2007. Karakteristik dan ketersediaan data sumber daya lahan pulau-pulau kecil untuk perencanaan pembangunan pertanian di Maluku. *Jurnal Litbang Pertanian* 26: 41-53.
- Syafruddin, M. Rauf, R.Y. Arvan, and M. Akil. 2009. Requirements for N, P, and K fertilizers on inceptisol haplustepts soil. *Indonesian Journal of Agriculture* 2: 77-84.
- Tahir, M., M. Ayub, H.M.R. Javeed, M. Naeem, H.-ur-Rehman, M. Waseem, and M. Ali. 2011. Effect of different organic matter on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum L.*). *Pakistan Journal of Life and Social Sciences* 9: 63-66.
- Tejada, M. and J.L. Gonzalez. 2007. Application of different organic wastes on soil properties and wheat yield. *Agronomy Journal* 99: 1597-1606.
- Utami, S.R., S. Kurniawan, B. Situmorang, and N.D. Rositasari. 2012. Increasing P-availability and p-uptake using sugarcane filter cake and rice husk ash to improve chinese cabbage (*Brassica sp.*) growth in Andisol, East Java. *Journal of Agricultural Science* 4: 153-160.

Winarso, S. 2005. *Kesuburan Tanah: Dasar Kesehatan dan Kualitas Tanah*. Gaya Media. Yogyakarta.

Zafar, M., M.K.Abbasi, A.Khaliq, and Z.-ur-Rehman. 2011. Effect of combining organic materials with

inorganic phosphorus sources on growth, yield, energy content and phosphorus uptake in maize at Rawalakot Azad Jammu and Kashmir, Pakistan. *Archives of Applied Science Research* 3: 199-212.