

KONTRIBUSI MACAM BAHAN ORGANIK DAN KALSIT TERHADAP PERUBAHAN KADAR BESI DAN MANGAN DALAM TANAH SERTA SERAPANNYA OLEH JAGUNG PADA INCEPTISOL ACEH UTARA

KINDS OF ORGANIC MATTER AND CALCITE CONTRIBUTION ON THE CHANGE OF IRON AND MANGANESE IN SOIL AND UPTAKE BY MAIZE AT NORTH ACEH INCEPTISOL

Khusrizal

Program Studi Agroekoteknologi FP Universitas Malikissaleh, Lancang Garam- 24351
Corresponding author: khusrizal@gmail.com

ABSTRACT

The Inceptisols is a soil in great amount and widely distributed in Indonesia, even in the province of Aceh Inceptisols is the most extensive amount. The Inceptisols were found from lowland up to highland, and their properties are very vary. Commonly, the soil fertility of the Inceptisols of lowland are low. Calcite and Organic Matter are the easy matter found, and to be considered as a better soil amandment. While maize is improved varieties of crop that its production constantly to be increased. This experiment was conducted in order to study the contribution of organic matter as well as calcite contribution to the change of iron and manganese in soil and uptake by maize at North Aceh Inceptisol. Kinds of organic matter that was used consist of cow manure and water hyacinth (60:40). Fully randomized design has been conducted that consist of two combined treatment factors with three replicated. The factor is related to the kinds of organic matter was 0.0, 2.0, 3.0 and 4.0 ton ha⁻¹ and calcite were 0.0, 1.0 and 1.5 ton ha⁻¹. The results showed that the aplication of organic matter and calcite significantly effect on levels of iron and manganese in the soil and plants. Dose organic material 4 ton ha⁻¹ and calcite 1.5 tons ha⁻¹ is able to increase at the highest level of the iron content of the soil, while the dose of organic materials 4 ton ha⁻¹ and calcite dose 0.0-1.0 tonnes ha⁻¹ is the best for the increasing of manganese in the soil. The highest content of iron and manganese of maize crop was obtained at a dose of 6.0 tons ha⁻¹ of organic matter without calcite application.

Keyword : Calcite, Inceptisol, micronutrient, maize, organic matter

ABSTRAK

Inceptisols termasuk salah satu jenis tanah yang jumlah dan penyebarannya terluas di Indonesia, bahkan di Provinsi Aceh Inceptisols adalah yang jumlahnya paling luas. Tanah ini ditemukan mulai dari dataran rendah hingga dataran tinggi dan memiliki sifat yang beragam. Secara umum Inceptisols dataran rendah mempunyai tingkat kesuburan rendah. Bahan organik dan kalsit adalah bahan yang mudah didapat dan dipandang mampu menjadi pembenah tanah yang baik. Sementara jagung termasuk tanaman pangan unggulan yang produksinya terus ditingkatkan. Penelitian ini mempelajari konstribusi bahan organik dan kalsit terhadap perubahan kandungan besi dan mangan dalam tanah dan serapannya oleh tanaman jagung pada tanah Inceptisol Aceh Utara. Bahan organik yang digunakan berupa campuran kotoran sapi dan eceng gondok (60:40). Penelitian disusun menurut rancangan acak lengkap (RAL) faktorial dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah dosis macam bahan organik yaitu 0,0, 2,0, 4,0 dan 6,0 ton ha⁻¹ sedangkan faktor kedua adalah dosis kalsit

yaitu 0,0, 1,0, dan 1,5 ton ha⁻¹. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian bahan organik dan kalsit berpengaruh nyata terhadap kadar besi dan mangan dalam tanah dan tanaman. Dosis bahan organik 4,0 ton ha⁻¹ dan kalsit 1,5 ton ha⁻¹ mampu meningkatkan kadar besi tanah paling tinggi, sementara pemberian dosis bahan organik 4 ton ha⁻¹ dan dosis kalsit 0,0-1,0 ton ha⁻¹ adalah yang terbaik untuk peningkatan mangan dalam tanah. Kandungan besi dan mangan dalam tanaman jagung tertinggi diperoleh pada dosis bahan organik 6,0 ton ha⁻¹ tanpa pemberian kalsit.

Kata kunci : bahan organik, Inceptisol, jagung, kalsit, unsur mikro

PENDAHULUAN

Sebagai salah satu tanaman pangan unggulan, kebutuhan jagung terus meningkat dari waktu ke waktu, dan kondisi ini mengharuskan pemerintah menempuh kebijakan untuk mengimpor jagung sambil terus berupaya meningkatkan produksi dalam negeri melalui perluasan areal tanam dan penggunaan varietas unggul. Selain faktor genetik tanaman, faktor lingkungan utamanya tanah juga sangat menentukan tingkat keberhasilan budidaya jagung. Tanah-tanah di Indonesia yang terletak di wilayah tropika basah umumnya terbentuk dari bahan induk sedimen, bereaksi masam dan memiliki tingkat kesuburan rendah. Tanah-tanah dimaksud diantaranya termasuk ordo Inceptisol, Entisol, dan Ultisol dengan jumlah dan penyebaran paling luas dijumpai mulai dari dataran rendah sampai dataran tinggi, terutama di empat pulau besar yaitu Sumatera, Kalimantan, Papua, dan Jawa (Subagyo *et al.*, 2000; Tan, 2008). Di Sumatera, tepatnya di Provinsi Aceh tiga ordo tanah tersebut juga termasuk yang terluas, Inceptisol terdapat sekitar 3,16 juta hektar, Entisol 0,87 juta hektar, dan Ultisol 0,70 juta hektar (Subagyo *et al.*, 2000). Inceptisol dan Entisol yang terdapat di Aceh Utara terutama di dataran rendah yang terdiri dari beberapa subgroup ini memiliki kadar unsur hara dan bahan organik rendah (Khusrizal, 2009).

Tanah Inceptisol dataran rendah pesisir pantai Aceh Utara disamping mempunyai kadar unsur makro utama

sangat rendah, juga memiliki kadar unsur mikro seperti Besi (Fe) dan Mangan (Mn) bervariasi dari rendah hingga sedang. Unsur mikro Fe dan Mn termasuk unsur kunci penentu keberhasilan pertumbuhan tanaman, tingkat kelarutannya didalam tanah dipengaruhi oleh reaksi tanah, tekstur tanah dan bahan organik tanah (Kidanu *et al.*, 2009; Moosavi and Ronaghi, 2011; Li *et al.*, 2012). Kelarutan Fe dan Mn umumnya tinggi pada tanah-tanah masam dan sebaliknya rendah pada tanah alkali (Miyazawa, *et al.*, 1996; Sing, 2004). Bahan organik dapat meningkatkan ketersediaan Fe dan Mn (Zuo *et al.*, 2000; Schulte, 2004), namun kehadiran bahan organik dalam jumlah berlebihan akan mengurangi kelarutan kedua unsur mikro ini di dalam tanah karena membentuk senyawa khelat yang dikenal sebagai Fe-EDTA dan Mn-EDTA (Hong *et al.*, 2010). Tanah masam dengan kandungan bahan organik rendah, kelarutan dan ketersediaan Mn tinggi, begitu juga tanah dalam kondisi anaerob dengan pH > 6,0. Pada pH tanah ≥ 7,0 banyak tanaman akan mengalami kekurangan Fe dan Mn, dan konsentrasi optimal kedua unsur ini dalam bahan kering tanaman bervariasi, pada kebanyakan tanaman kandungan Fe dalam bahannya berkisar 50-250 mgkg⁻¹, sedangkan Mn adalah 20-200 mgkg⁻¹ (Jones and Jacobsen, 2001). Konsentrasi optimal Fe pada daun jagung antara 51-250 mgkg⁻¹ dan akan menunjukkan defisiensi jika konsentrasinya < 10 mgkg⁻¹ (Schulte, 2004). Konsentrasi optimal Mn pada jaringan tanaman jagung berkisar 30-200 mgkg⁻¹, dan apabila konsentrasinya <

20 mgkg⁻¹ tanaman akan kekurangan unsur ini, sementara jika konsentrasi Mn > 300 mgkg⁻¹ pada jaringan tanaman maka jagung akan mengalami keracunan (Hong *et al.*, 2010).

Bahan organik (BO) dan kalsium karbonat atau kalsit dikenal sebagai bahan pembenah tanah yang penting. BO dan kalsit mampu memperbaiki sifat-sifat tanah, menambah unsur hara ke dalam tanah serta dapat meningkatkan kadar liat tanah (Beedy *et al.*, 2010), sehingga mampu meningkatkan sifat koloidal tanah. BO kotoran sapi dan enceng gondok mampu meningkatkan kadar beberapa unsur hara makro dan mikro ke dalam tanah (Gashamura, 2009; Lashermes *et al.*, 2009), disamping itu BO juga mengatur keberadaan dan ketersediaan Fe dan Mn dalam tanah yang kemudian meningkatkan kualitas tanah dan mendukung pertumbuhan tanaman (Sierra *et al.*, 2011; Manitoba, 2013). BO sumber kotoran sapi dan enceng gondok relatif banyak dijumpai di Provinsi Aceh dan belum dimanfaatkan secara maksimal. Penelitian yang mengungkap peranan bahan organik terhadap ketersediaan unsur hara mikro tanah dan serapannya oleh tanaman telah banyak dilakukan, namun yang berbasis jenis tanah dan spesifik lokasi informasinya masih diperlukan. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mempelajari peran campuran dua macam BO (kotoran sapi-eceng gondok) dan kalsit terhadap perubahan dan ketersediaan unsur hara mikro Fe dan Mn pada tanah Inceptisol Aceh Utara dan serapannya oleh tanaman jagung.

BAHAN DAN METODA

Penelitian dilakukan dalam pot di rumah plastik berlokasi di Kecamatan Tanah Luas Aceh Utara, Provinsi Aceh, yang dimulai pada bulan Nopember 2013 sampai Februari 2014. Bahan yang digunakan adalah bahan organik (BO) berupa campuran kotoran sapi dan kompos eceng gondok (60:40), kalsium karbonat

(kalsit), bibit tanaman jagung varietas BISI 2, pupuk urea, SP-36, dan KCl serta bahan kimia berupa amonium asetat (NH₄OAc pH 4,8), asam nitrat pekat (HNO₃ 65%) serta asam khlorida oksalat pekat (HClO₄ 60%). Peralatan yang digunakan antara lain pot plastik berukuran tinggi 40 cm dan diameter 30 cm, neraca, ayakan 2 mm. Tanah yang digunakan adalah tanah Typic Endoaquept yang diambil secara komposit dari pesisir pantai Kecamatan Lapang, Aceh Utara (Puslittanak, 2000; Khusrizal, 2009), sebelum digunakan tanah dikering anginkan dan diayak menggunakan ayakan 2 mm. Contoh tanah sebelum diberi perlakuan dianalisis dilaboratorium untuk mengetahui kadar Fe-dd dan Mn-dd tanah (NH₄OAc pH 4,8). Penelitian dirancang menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 2 faktor yaitu macam bahan organik (kotoran sapi dan eceng gondok) dan kalsit dengan 3 ulangan. Faktor macam bahan organik terdiri dari 4 level yaitu M0 (tanpa bahan organik), M1(10g BO/10 kg tanah = 2,0 ton ha⁻¹), M2 (20 g BO/10 kg tanah = 4,0 ton ha⁻¹) dan M3 (30 g BO/10 kg tanah = 6 ton ha⁻¹). Sedangkan kalsit terdiri dari 3 level yakni K0 (tanpa CaCO₃), K1 (5 g CaCO₃/10 kg tanah = 1,0 ton ha⁻¹) dan K2 (7.5 g CaCO₃/10 kg tanah = 1,5 ton ha⁻¹). Bahan tanah kering udara yang telah disiapkan ditimbang masing-masing seberat 10 kg, kemudian dimasukkan ke dalam setiap pot, lalu diberi bahan organik sesuai perlakuan dan diinkubasi selama 30 hari, seluruh pot disusun secara baik dalam suatu ruangan. Setelah masa inkubasi 5 hari, kedalam masing-masing pot ditambahkan kalsit sesuai dosis perlakuan, lalu dibiarkan terinkubasi selama 25 hari agar masa inkubasi antara bahan organik dan tanah tetap 30 hari. Selama masa inkubasi kelembabannya dijaga dengan menyiram air pada pagi hari. Pupuk dasar urea, SP-36 dan KCl masing-masing sebanyak 1,5, 0,5 dan 0,5 g/pot diberikan setelah masa inkubasi berumur 2 minggu. Setelah masa inkubasi selesai, seluruh pot dipindahkan ke dalam rumah plastik dan

disusun secara acak, jarak antar pot diatur berkisar 50 cm. Kedalam setiap pot perlakuan di tanam bibit jagung varietas BISI 2 sebanyak 2 butir dengan cara ditugal. Pemeliharaan tanaman, seperti pengendalian hama dan penyakit dilakukan sesuai kondisi tanaman, dan penyiraman dilakukan pada pagi hari guna menjaga kelembaban tanah sehingga kadar air tanah tetap terjaga.

Analisis tanah dan jaringan tanaman dilakukan setelah tanaman jagung berumur 75 hari. Analisis tanah meliputi kadar Fe dan Mn tanah. Kadar Fe dan Mn tanah ditetapkan dengan metoda ekstrak NH_4OAc pH 4,8. Analisis jaringan tanaman berupa analisa daun tanaman jagung untuk mengetahui kadar Fe dan Mn dalam bahan kering, dengan metoda pengabuan basah HNO_4 pekat (65%) dan HClO_4 pekat (60%). Data hasil pengamatan kadar unsur hara dalam tanah dan dalam jaringan tanaman dianalisis menggunakan analisis ragam (uji F) dengan uji lanjut beda nyata terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) dalam tanah

Pengaruh interaksi antara perlakuan macam BO dan kalsit berbeda nyata terhadap kadar Fe dan Mn tanah (Tabel 1 dan 2). Dari Tabel 1 terlihat bahwa pemberian macam BO sebanyak 4,0 ton ha^{-1} dan dosis kalsit 1,5 ton ha^{-1} mampu meningkatkan kadar Fe tanah menjadi 12,33 ppm dibandingkan tanpa

perlakuan pemberian macam BO dan kalsit yang hanya 3,15 ppm. Penambahan macam BO hingga dosis 6,0 ton ha^{-1} mengakibatkan menurunnya kadar Fe dalam tanah. Hal ini terjadi diduga senyawa-senyawa organik hasil penghancuran BO dengan unsur Fe dapat membentuk kompleks dan senyawa khelat sehingga Fe relatif kurang larut (Hong *et al.*, 2010). Menurut Tan (2008) persenyawaan kompleks dapat terbentuk melalui reaksi ion logam dan ligan dengan cara penggunaan bersama pasangan elektron yang kemudian menghasilkan senyawa koordinasi logam, selain itu ligan-ligan organik dapat pula mengikat ion logam dengan lebih dari satu gugus fungsional donor, yang kemudian dikenal sebagai cincin khelat.

Berdasar hasil sidik ragam yang disajikan pada Tabel 2 pemberian macam BO sebesar 4,0 ton ha^{-1} dan pemberian dosis kalsit 0,0 dan 1,0 ton ha^{-1} mampu meningkatkan kadar Mn tanah menjadi 64.97 dan 63.91 ppm dibanding dengan perlakuan tanpa pemberian macam BO dan kalsit yang hanya sebesar 0,05 ppm. Namun penambahan dosis BO dan kalsit mengakibatkan menurunnya kadar Mn tanah. Kondisi ini terjadi mirip dengan unsur Fe, karena Mn juga merupakan ion logam yang berperilaku relatif serupa dengan Fe, sehingga dengan BO dapat membentuk suatu senyawa kompleks dan khelat, hal inilah yang menyebabkan berkurangnya jumlah kelarutan Mn dalam tanah (Kidd *et al.*, 2007; Tan, 2008; Hong *et al.*, 2010).

Tabel 1. Kadar Fe (ppm) tanah Inceptisol yang diberi bahan organik dan kalsit

Dosis Bahan Organik	Dosis Kalsit		
	0,0 ton ha^{-1}	1,0 ton ha^{-1}	1,5 ton ha^{-1}
0,0 ton ha^{-1}	3,15 a A	3,74 b A	4,48 c A
2,0 ton ha^{-1}	5,35 a B	5,64 b B	6,37 b B
4,0 ton ha^{-1}	6,90 a C	7,50 b C	12,33 b D
6,0 ton ha^{-1}	12,24 b D	9,07 b D	9,09 b C

Angka-angka yang terletak pada lajur yang sama diikuti oleh huruf kecil yang sama dan angka-angka pada baris yang sama diikuti oleh huruf besar yang sama berbeda tidak nyata menurut uji BNT pada taraf 0,05

Tabel 2. Kadar Mn (ppm) tanah Inceptisol yang diberi bahan organik dan kalsit

Dosis Bahan Organik	Dosis Kalsit		
	0,0 ton ha ⁻¹	1,0 ton ha ⁻¹	1,5 ton ha ⁻¹
0,0 ton ha ⁻¹	51,73 b A	51,99 b A	41,76 a B
2,0 ton ha ⁻¹	52,39 b A	52,79 b A	48,60 a C
4,0 ton ha ⁻¹	64,97 b C	63,91 b C	49,29 a C
6,0 ton ha ⁻¹	61,16 c B	54,49 b B	37,58 a A

Angka-angka yang terletak pada lajur yang sama diikuti oleh huruf kecil yang sama dan angka-angka pada baris yang sama diikuti oleh huruf besar yang sama berbeda tidak nyata menurut uji BNT pada taraf 0,05

Kandungan Fe dan Mn tanaman jagung

Pengaruh interaksi antara perlakuan pemberian macam BO dan kalsit berbeda nyata terhadap kandungan Fe dalam tanaman jagung (Tabel 3). Dari Tabel 3 terlihat bahwa pemberian macam BO sebesar 6,0 ton ha⁻¹ dan kalsit 0,0 ton ha⁻¹ mampu meningkatkan Fe dalam tanaman jagung menjadi 16,33 mgkg⁻¹ dibanding tanpa perlakuan pemberian BO dan kalsit yang hanya 6,50 mgkg⁻¹. Terjadinya peningkatan kandungan Fe dalam tanaman jagung pada perlakuan ini diduga bahwa dosis BO yang meningkat di dalam tanah dan tanpa kalsit menyebabkan kelarutan unsur Fe di dalam tanah dan serapannya oleh tanaman jagung menjadi lebih baik. Bahan organik dapat meningkatkan ketersediaan Fe bagi tanaman melalui pembentukan senyawa kompleks (Fe-EDTA, Fe-DTPA, Fe-EDDHA) dan mengurangi atau memperlambat besarnya fiksasi besi dalam bentuk ferioksida (Schulte, 2004), yang disebut terakhir menyebabkan ion Fe lebih tersedia dan serapannya meningkat oleh tanaman. Meningkatnya kandungan Fe dalam tanaman jagung tersebut dipandang masih belum mencukupi kebutuhannya, karena kecukupan Fe pada jagung adalah antara 51-250 mgkg⁻¹ (Schulte, 2004) dan kecukupan Fe pada kebanyakan tanaman adalah 50-250 mgkg⁻¹ (Jones and Jacobsen,

2001). Meskipun demikian Sanchez (1992) berpendapat bahwa jumlah kandungan Fe sebesar 16,33 mgkg⁻¹ pada tanaman jagung belum menyebabkan tanaman kritis akan unsur ini, karena pada umumnya jagung akan kritis Fe jika kandungan unsur ini dalam jaringannya sekitar ≤15,0 mgkg⁻¹, bahkan menurut Schulte (2004) jagung akan kahat unsur Fe kalau dalam jaringannya berjumlah < 10 mgkg⁻¹.

Hasil analisis sidik ragam pengaruh interaksi antara pemberian macam BO dan kalsit berbeda nyata terhadap kandungan Mn dalam tanaman jagung (Tabel 4). Dari Tabel 4 terlihat bahwa kandungan Mn dalam tanaman jagung tertinggi adalah 203,24 dan 200,15 mgkg⁻¹ yang masing-masing dijumpai pada perlakuan macam BO sebesar 6,0 dan 4,0 ton ha⁻¹ dengan dosis kalsit 0,0 ton ha⁻¹. Hal ini diduga penguraian BO telah mampu meningkatkan ketersediaan Mn dalam tanah dan serapan Mn oleh tanaman jagung. Menurut Zuo *et al.* (2000) dan Obura *et al.* (2010) bahan organik mampu meningkatkan ketersediaan Mn dalam tanah dan tanaman. Nilai kandungan Mn dalam tanaman jagung pada seluruh perlakuan ini adalah nilai yang dapat disebut berkecukupan, karena tanaman jagung menghendaki kandungan Mn berkisar 20-200 mgkg⁻¹ dalam jaringannya (Hong *et al.*, 2010).

Tabel 3. Kandungan Fe (mgkg^{-1}) dalam jaringan tanaman jagung yang diberi BO dan kalsit.

Dosis Bahan Organik	Dosis Kalsit		
	0,0 ton ha^{-1}	1,0 ton ha^{-1}	1,5 ton ha^{-1}
0,0 ton ha^{-1}	6,50 a A	6,94 ab A	7,24 b A
2,0 ton ha^{-1}	21,00 c D	9,99 b A	12,55 b C
4,0 ton ha^{-1}	15,13 c B	12,21 b C	9,97 a C
6,0 ton ha^{-1}	16,33 c C	13,37 b D	10,28 a B

Angka-angka yang terletak pada lajur yang sama diikuti oleh huruf kecil yang sama dan angka-angka pada baris yang sama diikuti oleh huruf besar yang sama berbeda tidak nyata menurut uji BNT pada taraf 0,05

Tabel 4. Kandungan Mn (mgkg^{-1}) dalam jaringan tanaman jagung yang diberi BO dan kalsit

Dosis Bahan Organik	Dosis Kalsit		
	0,0 ton ha^{-1}	1,0 ton ha^{-1}	1,5 ton ha^{-1}
0,0 ton ha^{-1}	112,45 a A	116,66 b A	116,27 b B
2,0 ton ha^{-1}	178,52 c B	163,19 b B	136,35 a C
4,0 ton ha^{-1}	200,15 c C	175,77 b C	143,09 a D
6,0 ton ha^{-1}	203,24 c D	175,10 b C	110,40 a A

Angka-angka yang terletak pada lajur yang sama diikuti oleh huruf kecil yang sama dan angka-angka pada baris yang sama diikuti oleh huruf besar yang sama berbeda tidak nyata menurut uji BNT pada taraf 0,05

SIMPULAN

Pemberian campuran macam BO kotoran sapi dan eceng gondok sebesar 4,0 ton ha^{-1} tanpa kalsit pada tanah Inceptisol dataran rendah Aceh Utara adalah yang terbaik untuk meningkatkan kadar Fe, Mn dalam tanah, sementara kandungan Fe dan Mn dalam jaringan tanaman jagung yang terbaik dijumpai pada dosis BO 6,0 ton ha^{-1} tanpa diikuti pemberian kalsit. Kapur kalsit masih memungkinkan untuk diberikan, namun dengan dosis hanya 1,0 ton ha^{-1} , bila dosis kalsit terlalu tinggi atau melampaui jumlah tersebut akan berakibat kenaikan nilai pH tanah sehingga kadar Fe dan Mn dalam tanah dan tanaman rendah. Peningkatan kandungan Fe hingga 16,33 mgkg^{-1} dalam tanaman jagung akibat pemberian macam BO sebesar 6,0 ton ha^{-1} tanpa kalsit masih memperlihatkan tanaman jagung kekurangan unsur ini, meski belum mencapai titik kritis.

DAFTAR PUSTAKA

- Manitoba, 2013. Effects of Manure and Fertilizer on Soil Fertility and Soil Quality. Manitoba. 68p.
- Beedy, T.L., S.S. Snapp., F.K. Akininfesi and G.W. Silesh. 2010. Impact of Gliricidia sepium intercropping on soil organic matter fractions in a maize-based cropping system. Agric, Ecosyst. Environ. Article In Press, AGEE-3625: 8p
- Gashamura, F. R. 2009. Effects of manure from water hyacinth on soil fertility and maize performance under controlled conditions in Rwanda. Master's thesis, No. 56. International Master Programme at the Swedish Biodiversity Centre, Uppsala Universitet.
- Gelsornino, A., D. Tortorella., V. Clanci., B. Petrovicova., A. Sorgona and M.R. Abenavoll. 2010. Effects of biomimetic iron porphyrin on soil

- respiration and maize root morphology as by a microcosm experiment. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 173: 399-406
- Hong, E., Q. Ketterings and M. McBride. 2010. Manganese. Nutrient Management Spear Program. Cornell University Cooperative Extension.
- Jones, C. And J. Jacobsen. 2001. Plant nutrition and soil fertility. *Nutrition Management Modul*, 4449-2. Extension Service, Montana State University
- Khusrizal. 2009. Karakteristik, klasifikasi dan arahan pengelolaan tanah terpengaruh tsunami di Nanggroe Aceh Darussalam (Studi Kasus Aceh Utara). Disertasi Fakultas Pertanian Pascasarjana Universitas Sumatera Utara. 188p
- Kidanu, Y., D. Mulatu and D.A. Tessema. 2009. Mobilization of iron recalcitrant fraction by using mango (*Mangifera indica*) plant leaf extract. *Ethiop. J. Edu. & Sci.* 5 (1): 21-36
- Kidd, P.S., M.J. Dominguez, J. Diez and C. Monterroso. 2007. Bioavailability and plant accumulation of heavy metals and phosphorus in agriculture soils amended by long-term application of sewage sludge. *J. Chemosphere Vol. 66, Issue 8* : 1458-1467
- Lashermes, G., B. Nicolardot, V. Parnaudeau, L. Thuries, B. Mary, L. Metsger, T. Morvan, J.A. Tricaud, C. Vilette and I.S. Houot. 2009. Indicator of potential residual carbon in soil after exogenous organic application. *Europe Journal of Soil Science*, 60 (2) : 297-310.
- Li, S.L., Y.B. Zhang., Y.K. Rui and F.X. Chen. 2012. Nutrient content in maize kernels grown on different type of soil. *YTON* 81: 41-43
- Miyazawa, M., M.A. Paven., P.L.O. de A Machado., E.L. de Oliveira and M. Yamashita. 1996. Manganese dynamic in acid soil and uptake by maize seedlings. *Commun. Sci. Plant Anal.* 27 (9&10) : 2349-2359
- Moosavi, A.A. and A. Ronaghi. 2011. Influence of foliar and soil applications of iron and manganese on soybean dry matter yield and iron manganese relationship in a calcareous soil. *Australia Jurnal of Crop Science.* 5 (12) : 1550-1556
- Obura, P.A., D.G. Schulze., J.R. Okalebo., C.O. Othieno and C.T. Jonhston. 2010. Characterization on selected kenyan acid soils. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solution for a Changing World. 1-6 August 2010, Brisbane, Australia. Published on DVD : 9-12
- Puslittanak, 2000. Atlas Sumberdaya Tanah Eksplorasi Indonesia. Skala 1:1.000.000. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian.
- Sanchez, P. A. 1992. Properties and Management of Soils in the Tropics. Third Edition. Published by John Wiley and Sons, Inc. 698 p.
- Schulte, E.E. 2004. Soil and applied iron. A3554. University of Winconsin-Extension. [http: www.soils.wisc.edu/extension/pubs/A3554.pdf](http://www.soils.wisc.edu/extension/pubs/A3554.pdf) (diakses 8 February 2014)
- Shen, J., L. Yuan, J. Zhang, H. Li, Z. Bai, X. Chen, W. Zhang and F. Zhang. 2011. Phosphorus dynamics : from soil to plants. *American Society of Plant Biologists. Plant Physiology.* Vol. 156 : 997-1005
- Sierra, C.A., M.E. Harmon and S.S. Perakis. 2011. Decomposition of heterogeneous organic matter and its long-term stabilization in soils. *J. Ecological Society of America*, 81 (4) : 619-634.
- Sing, M.V. 2004. Micronutrient deficiencies in Indian soils and

- field usable practices for their correction. IFA International Conference on Micronutrients. February, 23-24, 2004, New Delhi.
- Subagyo, H., N. Suharta dan A.B. Siswanto. 2000. Tanah-tanah pertanian di Indonesia. Sumberdaya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya. Puslittanak, Balitbang Pertanian. Departemen Pertanian RI : 21- 65
- Tan, K.H. 2008. Soils in the Humid Tropics and Monsoon Region of Indonesia. Their Origin, Properties, and Land Use. Marcel Dekker, Inc. 270 Madison Avenue, New York. 474p.
- Zuo, Y., F. Zhang., X. Li and Y. Cao. 2000. Studies on the improvement in iron nutrition of peanuts by intercropping with maize on calcareous soil. J. Plant and Soil, 220 : 13-25