



INOVASI PUPUK ORGANIK KOTORAN AYAM DAN ECENG GONDOK DIKOMBINASI DENGAN BIOTEKNOLOGI MIKORIZA BENTUK GRANUL

A Asngad[✉]

Prodi Pend. Biologi, FKIP, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Februari 2013
Disetujui Maret 2013
Dipublikasikan April 2013

Keywords:
chicken poop; CMA;
enceng gondok;
organic fertilizer

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah membuat formula pupuk organik limbah dari campuran kotoran ayam dan eceng gondok sebagai pupuk organik dasar dan memproduksi pupuk organik unggul kombinasi pupuk organik dasar dan pupuk hayati spora CMA dalam kemasan granul. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen dan analisis laboratorium dilakukan untuk mengetahui kuantitas dan kualitas hara pupuk yang dihasilkan, serta kandungan logam berat. Pupuk secara diskriptif dibandingkan dengan baku mutu pupuk organik menurut SK Mentan 2009. Hasil analisis hara makro dan mikro, serta logam berat pada pupuk organik dasar sudah memenuhi persyaratan baku mutu pupuk organik. Perbanyakan pupuk hayati CMA diperoleh 35 butir spora CMA/gram. Formula pembuatan campuran pupuk organik dasar: 2 kotoran ayam, 1 eceng gondok. Pupuk tersebut ditambah dengan 1 kg inokulum CMA atau pupuk hayati, 0,5 kg clay merah, 0,5 kg fosfat alam, 0,25 kg clay putih; 500 cc air. Hasil analisis hara makro dan mikro, campuran pupuk organik dasar dan hayati yang telah digranul sesuai dengan standar pupuk organik dari SK Mentan 2009. Disimpulkan bahwa campuran pupuk organik dari bahan dasar (kotoran ayam dan gulma air), yang ditambah dengan pupuk hayati dapat digunakan sebagai alternatif pengganti pupuk anorganik. Pupuk granul lebih efisien dan efektif digunakan untuk berbagai campuran dan di lapang.

Abstract

The research objective is to make the formula of organic fertilizer from water weed and chicken poop mixture as the basic organic fertilizer and to produce excellent organic fertilizer from the combination of basic organic fertilizer and biologic CMA spore fertilizer in a granule package. The study was conducted with an experimental method and laboratory analysis to determine the quantity and quality of fertilizer nutrients and heavy metal content that was descriptively compared to the standard organic fertilizer by SK Mentan 2009. The results showed that the quantity and quality of the fertilizer research was appropriate according to the standard quality of organic fertilizer. The propagation of CMA bio fertilizer was obtained from 35 spores /gram. The mixture formula of organic fertilizer was 1 kg of chicken poop, water weed, 0.5 kg of red clay, 0.5 kg of phosphate; 1 kg of inoculum CMA; 0.25 kg of white clay; 500 cc of water. The result of micro and macro nutrients of the fertilizer mixture was appropriate of SK 2009. It can be concluded that the mixture of organic fertilizer (chicken poop and water weed) and biologic fertilizer can be used as an alternative to replace the inorganic fertilizer, while the granule fertilizer was determined efficiently and effectively as the mixture compound.

© 2013 Universitas Negeri Semarang

[✉] Alamat korespondensi:

Jl. A.Yani Tromol Pos I Pabelan Kartasura Surakarta 57102
E-mail: aminah271@yahoo.com

Pendahuluan

Potensi sumber daya lahan Indonesia cukup besar yang memiliki daratan sekitar 188,2 juta ha, terdiri atas 148 juta lahan kering dan sisanya berupa lahan basah termasuk lahan rawa (gambut, pasang surut, lebak) dan lahan yang sudah menjadi sawah permanen. Namun potensi tersebut lambat laun menurun, yang berakibat meningkatnya lahan kritis. Pada tahun 2000 terdapat 23.242.881 ha lahan kritis yang terdiri atas 8.136.647 ha dalam kawasan hutan dan 15.106.234 ha di luar kawasan hutan. Pada tahun 2006 tercatat lahan kritis seluas 77.806.881 ha yang terdiri atas 47.610.081 ha sangat kritis, 23.306.233 ha kritis, dan agak kritis seluas 6.890.567 ha. Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa laju lahan kritis sangat cepat dibanding dengan kemajuan realisasi kegiatan rehabilitasi lahan kritis sejak tahun 2002-2006, perkembangannya dalam kawasan hutan 743.591 ha dan 1.162.695 ha (Anonim 2012).

Pertambahan jumlah penduduk menyebabkan kebutuhan (sandang, pangan, dan papan) semakin meningkat. Di sisi lain lapangan kerja sangat terbatas mengakibatkan penduduk tidak mempunyai banyak pilihan untuk memenuhi kebutuhan hidupnya, selain bertani pada lahan yang sudah tidak layak untuk diusahakan. Keadaan lebih diperburuk dengan terbatasnya pengetahuan sehingga pengelolaan lahan yang diterapkan hanya memburu kenaikan produksi tanpa memperhatikan kelestarian sumberdaya lahannya, dengan pemakaian pupuk anorganik yang berlebihan, sehingga memperburuk kondisi lahan. Lahan yang seharusnya memiliki potensi untuk menghasilkan komoditas bernilai tinggi (kentang, kubis, wortel, sayur-sayuran) pengolahannya sangat intensif tanpa mempertimbangkan kemampuan lahan yang rentan terhadap erosi (Sallata 2011).

Ada beberapa solusi untuk meningkatkan kualitas lahan, terutama akibat pengolahan super intensif yang hanya terfokus pada produksi, tanpa memikirkan dampaknya. Salah satu solusi menanggulangi dampak negatif tersebut adalah penggunaan pupuk organik, yaitu memanfaatkan kotoran ayam dari limbah peternakan ayam sebagai salah satu pupuk organik ditambah dengan limbah organik dari gulma perairan (eceng

gondok), untuk meningkatkan nilai C organik, sehingga pupuk organik lebih berkualitas dengan cara difermentasi untuk meningkatkan pengomposan dan efisiensi pengolahan limbah (Purwanto 2012). Kondisi tanah yang memiliki kandungan Ca, Fe, dan Al tinggi, dapat mengikat hara makro, khususnya fosfat (PO_4), sehingga dapat menghambat pertumbuhan dan produksi tanaman. Penggunaan pupuk fosfat alam untuk pertanian sampai saat ini masih sangat diperlukan oleh petani. Pupuk fosfat alam mengandung fosfor (P) yang merupakan salah satu dari tiga unsur makro atau esensial selain nitrogen dan kalium, yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman. Unsur tersebut tersedia di alam berupa batuan fosfat, yang biasanya digunakan dalam pertanian sebagai pupuk buatan (Suciati 2004).

Cendawan mikoriza arbuskular (CMA) adalah cendawan yang tersebar luas sekitar 600 juta tahun yang lalu (Redecker *et al.* 2000). Cendawan mikoriza arbuskular (CMA) adalah mikroorganisme yang bersifat simbiosis obligat karena pertumbuhan dan perkembangannya membutuhkan fotosintat tanaman inang. Tanpa tanaman inang (asimbiotik), pertumbuhan hifa sangat sedikit dan hanya mampu bertahan hidup selama 20-30 hari. Di samping itu CMA juga bersifat simbiosis mutualistik terhadap inangnya (Bonfante *et al.* 1994).

Cendawan mikorhiza arbuskula (CMA) adalah mikroorganisme tanah bersifat obligat, sehingga selalu hidup. Smith dan Read (1997) menyatakan bahwa CMA adalah simbiosis penting dalam perakaran, karena mampu bersimbiosis dengan sebagian besar familia tanaman darat (97%), di antaranya adalah tanaman komersial kelompok tanaman pangan, hortikultura, kehutanan, perkebunan, dan pakan ternak. Pada pertanian berkelanjutan, simbiosis CMA dengan tanaman memainkan peran kunci untuk membantu tidak hanya ketahanan hidup tanaman, tetapi menjadikan produktif dalam kondisi tanah marjinal (Jeffries & Barea 2001).

Jasa paling utama yang diberikan oleh CMA adalah pengambilan, asimilasi, dan translokasi nutrisi di luar zone rhizosfir kepada akar tanaman, dan tugas tersebut dilaksanakan oleh ekstraradikal miselium CMA. Umumnya CMA dapat meningkatkan kesuburan tanaman, daya tahan

terhadap serangan patogen, dan kekeringan (Bever *et al.* 2001). Cendawan jenis ini juga menguntungkan untuk pertanian (Jeffries *et al.* 2003), reklamasi lahan (de-Souza 2005). Penggunaan CMA merupakan sumber daya yang efisien dan dapat diperbaharui, misalkan fosfat (Jakobsen 2004). Smith *et al.* (2003) menyatakan bahwa CMA mampu mengeluarkan enzim fosfatase dan asam organik sehingga pada tanah yang kahat P, karena mampu melepas P yang terikat sehingga dapat membantu penyediaan unsur P. Widiastuti (2004) menyatakan bahwa infeksi CMA terhadap kelapa sawit dapat menyebabkan terjadinya perubahan akar pada tingkat sel, yaitu dengan terlihat adanya hifa eksternal, internal, hifa gelung, vesikula dan arbuskula dalam kortek akar, serta hifa eksternal di rhizosfir.

Pupuk organik mengandung banyak bahan organik dibanding kadar haranya. Sumber bahan organik dapat berupa kompos, pupuk hijau (eceng gondok), pupuk kandang, limbah perkotaan atau domestik dll. (Simanungkalit *et al.* 2006). Pupuk organik memiliki fungsi kimia yang penting seperti, penyediaan hara makro (nitrogen, fosfor, kalium, kalsium, magnesium, dan sulfur) dan mikro seperti zinc, tembaga, kobalt, barium, mangan, dan besi, meskipun jumlahnya relatif kecil (Kloepper 1993).

Kadar nutrisi daun eceng gondok dalam bentuk bahan kering (BK) memiliki kadar protein kasar 6,31%, serat kasar 26,61%, lemak kasar 2,83%, abu 16,12%, dan memiliki kadar bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN) 48,18% (Mangisah *et al.* 2009). Eceng gondok segar mempunyai kandungan air sebesar 94,09%, dan dalam 100% bahan kering mempunyai kadar protein 11,95% dan serat kasar 37,1% (Sumarsih *et al.* 2007). Unsur hara makro nitrogen berfungsi merangsang pertumbuhan tanaman secara keseluruhan, untuk sintesis asam amino dan protein dalam tanaman, merangsang pertumbuhan vegetatif, di antaranya, warna hijau daun, panjang daun, lebar daun, dan pertumbuhan vegetatif batang (tinggi dan ukuran batang). Fosfor berfungsi untuk pengangkutan energi hasil metabolisme dalam tanaman, merangsang pembungaan dan penguatan,

pertumbuhan akar, pembentukan biji, pembelahan sel tanaman dan memperbesar jaringan sel. Kalium berfungsi dalam proses fotosintesis, pengangkutan hasil asimilasi, enzim, dan mineral, termasuk air; meningkatkan daya tahan atau ketahanan tanaman terhadap penyakit; meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah; dan membentuk senyawa kompleks dengan ion logam yang meracuni tanaman seperti aluminium, besi, dan mangan (Kloepper 1993). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas dan kuantitas pupuk organik dasar dan campuran dalam bentuk granul, memproduksi pupuk hayati CMA, dan memproduksi campuran pupuk organik dan pupuk hayati dalam bentuk granul.

Metode Penelitian

Kotoran ayam dilembutkan di dalam mesin pencacah, selanjutnya diayak untuk mendapatkan ukuran yang bertekstur lembut. Sebagai bahan tambahan adalah eceng gondok, yang dicacah dengan ukuran 0.5 cm. Kemudian cacahan eceng gondok tersebut dicampur dengan kotoran ayam, dengan perbandingan 2:1. Pengomposan dilakukan dalam ember dengan volume 7 kg, selama 21 hari, dan tiap tiga hari dilakukan pembalikan, agar proses dekomposisi merata. Setelah 21 hari kondisi pupuk berubah tekstur, warna, dan bau, mengindikasikan bahwa pengomposan telah berhasil

Produksi pupuk hayati CMA menggunakan tanaman inang *Pueraria pasioloides*, dengan teknik *Triping* dan dilanjutkan dengan *Sieving* (Chalimah 2007), yang selanjutnya dihitung jumlah spora per gram. Optimasi pembuatan campuran pupuk organik dan hayati dalam bentuk granul dilakukan dengan menghomogenisasi semua bahan yang tersedia, ditambah dengan *clay* merah, putih dan P alami, selanjutnya dimasukkan kedalam mesin granulasi sambil diaduk. Saat proses granulasi, bahan yang telah tercampur kemudian ditambah air. Selama mesin granul berputar bahan disemprot dengan cara pengkabutan, terbentuklah pupuk granul, untuk selanjutnya dijemur.

Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis kualitas dan kuantitas hara makro dan mikro, logam berat, bahan organik, C organik, pH, kadar air, ukuran granul, serta C/N rasio yang disajikan pada Tabel 1, telah memenuhi baku mutu dari Permentan No. 28/Permentan/SR.130/5/2009. Demikian pula kualitas dan kuantitas hasil pengukuran campuran pupuk organik dasar dan hayati CMA bentuk granul (Tabel 1).

Pupuk organik memiliki fungsi kimia yang penting seperti, penyediaan hara makro, fosfor, kalium, kalsium, magnesium, natrium, sulfur, dan hara mikro seperti zinc, tembaga, kobalt, barium, mangan, dan besi, meskipun dalam jumlah relatif kecil (Kloepper 1993). Pupuk organik mengandung banyak bahan organik dibanding kadar haranya. Sumber bahan organik dapat berupa kompos, pupuk hijau (eceng gondok), pupuk kandang, limbah perkotaan atau domestik dll. (Simanungkalit *et al.* 2006).

Keunggulan pupuk organik adalah tersedianya hara bagi tanaman, baik hara makro maupun mikro yang relatif lengkap dibanding pupuk anorganik. Keuntungan lain adalah dapat meningkatkan kesuburan tanah, menambah unsur hara mikro tanah, menggemburkan tanah, memperbaiki kemasaman tanah, memperbaiki porositas tanah, meningkatkan kemampuan tanah dalam menyediakan oksigen bagi perakaran. Bahan organik juga memacu pertumbuhan dan perkembangan bakteri dan biota tanah lainnya. Secara umum pupuk organik berguna bagi konservasi lahan kritis yang semakin meluas di Indonesia (Simanungkalit *et al.* 2006).

Fungsi unsur hara makro, N, P, K, adalah merangsang pertumbuhan tanaman secara keseluruhan; meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah; dan membentuk senyawa kompleks dengan ion logam yang meracuni tanaman seperti aluminium, besi, dan mangan. Hara mikro adalah elemen penting untuk pertumbuhan tanaman, tapi dibutuhkan dalam jumlah yang sedikit dibandingkan dengan nutrisi primer. Unsur tersebut berfungsi sebagai kofaktor enzimatik, hal ini karena mikronutrien umumnya memainkan peranan katalitik yang hanya dibutuhkan oleh

tumbuhan dalam jumlah yang kecil (Kloepper 1993).

Hasil analisis kualitatif maupun kuantitatif pupuk organik yang telah digranul menunjukkan peningkatan nilai kuantitatif beberapa unsur, di antaranya P_2O_5 , Ca, Mg, Fe, pH, dan C/N (Tabel 1). Pupuk granul yang dihasilkan, ada beberapa unsur yang melebihi baku mutu, misalkan Mg dan Fe yang mendukung pembentukan klorofil, sehingga tidak dikhawatirkan keberadaannya. Rasio C/N meningkat menjadi 14.97, sementara standar Permentan antara 15-25, jadi rasio minimal masih tercapai (Tabel 1).

Produksi pupuk hayati CMA diperoleh 35 butir CMA/1 g, cukup digunakan sebagai campuran pupuk organik dan pupuk hayati. Menurut Chalimah (2010), dalam bentuk granul, karena penggunaan inokulum CMA berkisar antara 10-15 butir per tanaman, jika spora besar dan aktif berkecambah (gigaspora dan acaulospora) berkisar 5-10 spora /tanaman. Untuk mikoriza ukuran besar (gigaspora dan acaulospora), inokulum CMA yang digunakan antara 10-15, sedang mikoriza ukuran kecil bisa lebih dari 20 butir (Widiastuti 2004). Dengan demikian dapat dikatakan bahwa 1 g cukup untuk inokulum.

Inokulasi CMA dapat mempercepat pertumbuhan akar dan dapat mengubah bentuk percabangan akar sehingga tanaman mempunyai lebih banyak akar lateral. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Lucia (2005) bahwa, semua inokulum CMA yang diinokulasikan pada bibit manggis menghasilkan jumlah akar lateral yang nyata lebih banyak, dibanding yang tidak diinokulasi CMA. Widiastuti (2004), menyatakan bahwa infeksi CMA terhadap kelapa sawit dapat menyebabkan terjadinya perubahan akar pada tingkat sel, yaitu dengan terlihat adanya hifa eksternal, hifa internal, hifa gelung, vesikula, dan arbuskula dalam kortek akar, serta hifa eksternal di rhizosfir.

CMA dapat meningkatkan kesuburan tanaman, daya tahan terhadap serangan pathogen, dan kekeringan (Bever *et al.* 2001). CMA juga menguntungkan untuk pertanian dan reklamasi lahan (De-Souza 2005). Penggunaan CMA merupakan sumber daya yang efisien dan dapat

Tabel 1. Hasil analisis hara makro dan mikro pupuk organik P1 (kotoran ayam + eceng gondok) sebagai pupuk dasar

No	Kode	Kotoran ayam + Eg	Kotoran ayam + Eg + CMA granul	Standar kualitas pupuk Permentan
1	C. organik (%)	6.58	19.48	>12 (7-12%)
2	Bahan organik (%)	49.99	33.59	> 12
3	N (%)	21.45	1.05	< 6 *
4	P ₂ O ₅ (%)	36.95	2.18	< 6 *
5	K ₂ O (%)	1.47	0.69	< 6 *
6	Ca (ppm)	1.83	6.32	< 25,49 ppm
7	Mg (ppm)	1.59	0.99	< 0,63 ppm
8	Fe (ppm)	1.27	2.03	Maks 8000 ppm
9	Kadar air (%)	0.79	15.14	4 - 15 *)
10	pH	1.71	7.64	4 - 8
11	C/N ratio	14.58	18.55	15-25
12	Cu (ppm)	0.002	-	<50 (ppm)
13	Pb (ppm)	0.001	-	<10(ppm)
14	Cd (ppm)	< 0.001	-	5000(ppm)

Standarisasi pupuk kompos No. 28/Permentan/SR.130/5/2009,22 Mei 2009, dan 2005

Keterangan: P1 = pupuk organik dasar (kotoran ayam + eceng gondok), POG1 = Pupuk organik + pupuk hayati CMA + granul

* Bahan tertentu yang berasal dari bahan organik alami diperbolehkan mengandung kadar P₂O₅ dan K₂O > 6%.



Gambar 1. Produk campuran pupuk organik (gulma air dan pupuk ayam secara aerob) dan hayati CMA bentuk granul. (A) pupuk dasar kotoran ayam dan eceng gondok, (B) pupuk dasar yang dikemas, (C) Pupuk granul, (D) pupuk hayati CMA dalam zeolit, (E) campuran pupuk dasar dan CMA digranul siap pakai.

diperbaharui, misalkan fosfat (Jakobsen 2004). Smith *et al.* (2003) menyatakan bahwa CMA mampu mengeluarkan enzim fosfatase dan asam organik sehingga pada tanah yang kahat P, CMA mampu melepas P yang terikat sehingga dapat membantu penyediaan unsur P.

Perakaran mempunyai arti penting, selain untuk penopang tegaknya tanaman, untuk penyerapan hara yang tidak mudah bergerak, misalkan unsur P dan air. Dengan adanya simbiosis CMA akan mengubah arsitektur perakaran sehingga zona rhizozfir lebih luas, dan pengambilan nutrisi maupun air yang digunakan sebagai bahan dasar proses fotosintesis tersedia secara optimal. Akibatnya pertumbuhan dan perkembangan tanaman dapat mencapai optimal, karena proses fotosintesis dapat berlangsung dengan optimal, sehingga menghasilkan biomasa yang optimal.

Jasa paling utama yang diberikan oleh CMA kepada tanaman adalah pengambilan, asimilasi, dan translokasi nutrisi di luar zona rhizozfir kepada akar tanaman, dan tugas tersebut dilaksanakan oleh ekstraradikal miselium CMA. Oleh karena itu pada umumnya CMA dapat meningkatkan kesuburan tanaman, daya tahan terhadap serangan pathogen, dan kekeringan serta meningkatkan biomasa (Bevan & Chilton 2003). CMA juga menguntungkan untuk pertanian maupun reklamasi lahan (de Souza 2005), dan sebagai sumber daya efisien.

Orcutt dan Nielsen (2000) menyatakan bahwa ada empat cara peningkatan serapan hara tanaman oleh CMA, yaitu: 1) melalui luasnya perakaran tanaman, sehingga memperluas area penyerapan, 2) adanya hifa eksternal akan memperluas area penyerapan karena diameter yang lebih kecil dibandingkan akar (0,1), sehingga dapat meningkatkan serapan hara 60 kali, 3) dapat menyebabkan pergerakan P dengan baik, 4) menginduksi pembentukan asam organik dan fosfatase, yang masing-masing meningkatkan persediaan P untuk tanaman melalui pelarutan dan mineralisasi, 5) meningkatkan secara langsung atau tidak langsung transfer hara sesama tanaman bermikoriza, dan 6) meningkatkan kapasitas serapan hara oleh akar, karena akar bermikoriza dapat hidup lebih lama.

Dari uraian tersebut dapat dikatakan bahwa, perbaikan struktur akar dari tanaman, dengan terbentuknya simbiosis dengan CMA, dapat meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman, meningkatkan proses fotosintesis, dan menstabilkan pertumbuhan

Secara umum unsur mikro mengalami kenaikan ketika pupuk organik diproses dalam bentuk granul, ketika dalam tahapan proses penggranulan menggunakan bahan tambah berupa *clay* merah, *clay* putih, dan fosfat alami. Keuntungan lain proses pengolahan pupuk secara granul adalah dapat menggabungkan antara pupuk organik berbahan limbah kotoran hewan dengan bahan tambah limbah pertanian (eceng gondok) dengan pupuk hayati CMA.

Hasil uji optimasi komposisi percampuran antar bahan untuk pembuatan pupuk granul, diperoleh hasil optimal dengan konsentrasi percampuran bahan yaitu 1 kg pupuk organik (kotoran ayam + eceng gondok), 0,5 kg *clay* merah, 0,5 kg fosfat; 1 kg inokulum CMA; 0,25 kg *clay* putih; 500 cc air.

Penutup

Kualitas pupuk yang dihasilkan, baik pupuk dasar maupun granul, berdasarkan kandungan hara makro maupun mikro, serta logam berat telah memenuhi kriteria baku mutu dari Permentan 2009, dan aman dipakai. Produksi Spora CMA yang digunakan sebagai pupuk hayati berkisar antara 35 -50 spora. Dari penelitian diperoleh formula untuk membentuk campuran pupuk organik dan pupuk hayati dalam bentuk granul.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih kepada Dr. Edwi Mahajoeno, MSi, dan Dr. Siti Chalimah, MPd yang telah menjadi anggota peneliti dalam Hibah Bersaing, dan tak lupa saudara Dodik Lutfianto MSi, selaku teknisi yang telah berperan aktif dalam pelaksanaan penelitian Hibah Bersaing. Diucapkan pula, banyak terimakasih Kepada Kopertis VI, yang telah membiayai program riset Hibah Bersaing Multi tahun Nomor: 007/006.2/PP/SP/2012.

Daftar Pustaka

- Anonim. 2012. *IPTEK Mendukung Kelestarian Hutan dan Kesehataan Masyarakat*. Kumpulan Karya Ilmiah Balai Penelitian Kehutanan Makasar 2012.
- Bever JD, Schultz PA, Pringle A, & Morton JB. 2001. Arbuscular mycorrhizal fungi: More diverse than meets the eye, and the ecological tale of why. *BioScience* 51: 923-931.
- Bonfante P & Perotto S. 1995. Strategies of arbuscular mycorrhizal fungi when infecting host plants. *New Phytol.* 130:13-21.
- Bevan & Chilton. 2003. *Interactions of plants with Agrobacteria and Rhizogenes* <http://www.uky.edu> . (Diakses 28 Agustus 2003).
- Chalimah S. 2007. *Pemanfaatan Teknologi in vitro untuk Perkembangan Gigaspora margarita dan Acaulospora tuberculata*. Disertasi. Sekolah Pascasarjana IPB, Bogor. (Unpublished).
- 2010. Produksi *Gigaspora margarita* dan *acaulospora tuberculosa* secara *in vivo*. *J Biosmart*, 7: 27-29.
- De Souza FA. 2005. *Biology, Ecology and evolution of the family Gigasporaceae arbuscular*. Nederlands Institut Mycorrhizal of Ecology, p 121-158.
- Jakobsen J. 2004. Transport of phosphorus and carbon in arbuscular mycorrhizas. In A. Varma B. Hock (Ed.). *Mycorrhiza: Structure, Function, Molecular Biology and Biotechnology*. 2nd ed. Springer Verlag Berlin Heidelberg.
- Jeffries P & Barea JM. 2001. Arbuscular mycorrhiza—a key component of sustainable plant–soil ecosystems. In: Hock B. (Ed.). *The Mycota. IX Fungal Associations*. Springer–Verlag, Berlin, pp. 95–113.
- Jeffries P, Gianinzi S, Perotto S, Turnau KK, & Barea JM. 2010. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. *Biol and Fertili Soils*. 37:1-16.
- Kloepper JW. 1993. Plant growth-promoting rhizobacteria as biological control agents. Pages 255-274. In: *Soil Microbial Ecology: Applications in Agricultural and Environmental Management*. F. B. Metting, Jr. (Ed.) Marcel Dekker Inc., New York.
- Lucia Y. 2005. *Cendawan mikoriza arbuskula di bawah tegakan tanaman manggis dan peranannya dalam pertumbuhan bibit manggis (Garcinia mangostana)*. Tesis. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.
- Mangisah I, Suthama N, & Wahyuni HI. 2009. *Pengaruh Penambahan Starbio dalam ransum berserat kasar tinggi terhadap performa itik*. Makalah disajikan dalam Seminar Nasional Kebangkitan Peternakan Universitas Diponegoro, Semarang.
- Orcutt DM. & Nilsen ET. 2000. *The Physiology of Plants Under Stress: Soil and biotic factors*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Redecker D, Morton JB, & Bruns TD. 2000. Ancestral lineages of arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomales*). *Molec Phylogenet Evol.* 14: 276–284.
- Sallata MK. 2011. *Pengembangan partisipasi masyarakat dalam kegiatan konservasi tanah dan air*. Makalah disajikan pada Seminar Hasil Penelitian BPK Makassar 6 Oktober 2011, Makassar (Belum dipublikasikan).
- Simanungkalit RDM, Suriadikarta DA, Saraswati R, Setyorini D, & Hartatik W. 2006. *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Jawa Barat: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Hal 2. ISBN 978-979-9474-57-5.
- Smith SE, & Read DJ. (Eds.), 1997. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press, London, etc.
- Smith SE, Smith FA, & Jacobsen I. 2003. Mycorrhizal fungi can dominate phosphate supply to pints irrespective of growth responses. *Plant Physiol.* 133:16-20.
- Widiastuti H. 2004. *Biologi interaksi cendawan mikoriza arbuskula kelapa sawit pada tanah asam sebagai dasar pengembangan teknologi aplikasi dini*. Disertasi. Sekolah Pascasarjana, IPB. Bogor.