

Konservasi Tanah Mendukung Pertanian Organik untuk Peningkatan Produktivitas Lahan

Conservation Land Support for Organic Agricultural Land Productivity Improvement

Ishak Juarsah

Balai Penelitian Tanah,
JL. Tentara Pelajar No. 12. Cimanggu Bogor
e-mail: juarsah@yahoo.com

ABSTRACT

Organic fertilizers such as compost and manure today is used by farmers to improve soil productivity. The development of livestock farming has quite good prospects of alternative procurement enriching manure like cow dung, goat and chicken. Organic fertilizer procurement in an amount sufficient to meet all the needs of food crops are difficult to be realized, but it is urgent if food production is expected to reach the optimal level. Agricultural development through conservation techniques by integrating livestock and crops (crop-livestock) as well as the use of legume crops in the form of plants hallway (alley cropping) and ground cover plants (cover crop) as a green manure and compost should be encouraged and intensified.

Keywords. Organic materials, improvement in land productivity

Diterima 10 Agustus 2016 disetujui 29 Agustus 2016

PENDAHULUAN

Di Indonesia terdapat lahan kering masam (lereng <15 %) sekitar 34,6 juta ha yang dapat dikembangkan untuk tanaman semusim/pangan (Adiningsih dan Sudjadi, 1993) yang umumnya menempati tanah ordo *Ultisol* dan *Oxisol* mencakup 54% dari total areal lahan kering (Santoso *et al*, 1994). Kendala yang sering dihadapi pada tanah masam adalah kandungan bahan organik rendah, pH tanah rendah, kandungan Al dan Mn tinggi dan bersifat toksik bagi tanaman. Kandungan K, Ca, Mg, kapasitas tukar kation, kejenuhan basa rendah (Sudjadi, 1984). Di Indonesia pupuk organik sudah lama dikenal para petani, bahkan telah mengenal sebelumnya. Penggunaan pupuk organik untuk membantu tanaman memperbaiki nutrisinya sudah lama dikenal.

Pupuk organik berupa kompos dan pupuk kandang dewasa ini sudah biasa digunakan petani untuk memperbaiki produktivitas tanah. Perkembangan usaha tani ternak yang mempunyai prospek cukup baik memperkaya alternatif pengadaan pupuk kandang seperti kotoran sapi, kambing dan ayam. Agar dapat dimanfaatkan untuk memperbaiki tanah pertanian, kompos dan pupuk kandang terlebih dulu dilapukkan atau dimatangkan. Hasil penelitian yang telah dilaksanakan oleh (Lukman Hakim dan Djoko Santoso.,1980) menyatakan bahwa peranan pupuk organik dalam tanah merupakan kunci keberhasilan usaha tani lahan kering, namun hanya dengan pengembalian sisa tanaman saja ternyata belum cukup mampu mempertahankan kadar C-organik tanah pada kondisi awal 2–2,5% C.

Menurut Brady (1974) Limbah nabati yang kembali ke bumi berupa massa terbusukan akan berubah menjadi humus yang berplastisitas dan berkorelasi rendah. Gejala ini dipergunakan untuk mengusahakan tanah-tanah pertanian terutama struktur tanah menjadi baik dan mudah dibajak/diolah. Pernyataan ini didukung oleh hasil penelitian Harris *et al* (1974) bahwa upaya perbaikan tanah yang sifatnya kurang menguntungkan agar dilakukan dengan pemberian pupuk organik. Sedangkan menurut Sri Adiningsih (1987.a) kandungan bahan organik tanah yang rendah akan mengakibatkan kekurangan daya sangga dan efisiensi pupuk, dan berkurangnya sebagian hara dari lingkungan perakaran. Pupuk organik sebagai komponen massa padat tanah mempengaruhi sifat fisik maupun kimia tanah, meskipun kadarnya di dalam tanaman umumnya kecil. Sifat-sifat fisik tanah yang dipengaruhi oleh bahan organik antara lain kemantapan agregat dan kemampuan menahan air (Kertanegoro, 1981). Peningkatan kemantapan agregat tanah karena pemberian pupuk organik disebabkan oleh adanya gum polisakarida yang dihasilkan oleh bakteri tanah, dan adanya pertumbuhan nifa dan fungi dari aktinomisetes disekitar partikel tanah (Rawls, 1982).

Selain itu Adam (1973) menyatakan adanya pengaruh pupuk organik yang nyata terhadap berat isi suatu tanah. Pendapat senada juga dikemukakan oleh Rawls (1982) yang menghubungkan antara kandungan liat dan pupuk organik terhadap berat isi dengan menggunakan segitiga tekstur. Akan tetapi Harris *et al.* (1974) mengemukakan bahwa pupuk organik berkorelasi positif dengan agregat jika kandungan liat <30% bahan organik tidak mempunyai pengaruh terhadap berat isi. Parton *et al.* (1987) menyatakan bahwa pupuk organik dapat digunakan untuk meramal 4 variabel yang penting yaitu: kadar air, tekstur, temperatur dan kandungan lignin tanah. Dengan mengamati tekstur maka dapat diketahui kandungan susunan dan kecepatan perubahan pupuk organik organik tanah.

Cara pengelolaan tanah dan tanaman, khususnya limbah ternak berupa bahan organik yang tidak tepat serta pembukaan hutan untuk penggunaan lahan non hutan tanpa mengikuti *kaidah konservasi* menyebabkan tanah lebih cepat terdegradasi (Sudjadi 1984, Suwardjo*et al.*, 1984). Selain itu tanah *Ultisols* mempunyai sifat meretensi jumlah air yang rendah, permeabilitas lambat dan sangat peka terhadap erosi. Pengetahuan tentang peranan limbah ternak berupa bahan organik bagi produksi pertanian sudah lama dikenal, demikian juga pupuk organik dari limbah pertanian dan limbah kota. Pupuk organik berasal dari pertanian antara lain berupa sisa tanaman, sisa hasil pertanian, pupuk kandang dan pupuk hijau. Dilain pihak manfaat pupuk organik makin banyak diketahui. Fungsi pupuk organik di dalam tanah dibagi menjadi 3 kelompok yakni fungsi fisika, kimia dan biologi. Tiga fungsi ini akan mempengaruhi kehidupan tanaman untuk dapat tumbuh normal dan berproduksi secara optimal.

Pengadaan Pupuk Organik

Pengadaan pupuk organik dalam jumlah yang memadai untuk memenuhi seluruh kebutuhan tanaman pangan merupakan hal yang sulit direalisasikan, tetapi sangat mendesak apabila produksi pangan diharapkan mencapai tingkat optimal. Jenisnya dapat berupa kompos, pupuk kandang, sisa panen (jerami, sabut kelapa, tongkol jagung), limbah ternak, limbah industri yang menggunakan bahan pertanian, limbah kota, dan sebagainya. Kualitas pupuk organik sangat bervariasi, tergantung dari bahan dasar penyusunnya, yang dicirikan oleh kandungan hara, bahan beracun, patogen, benih gulma, dan kematangan bahan organik tersebut (Setyorini *et al.*, 2006). Jenis pupuk organik yang banyak digunakan adalah kompos, yang merupakan produk pembusukan dari limbah tanaman (jerami, sabut kelapa, alang-alangan, daun-daunan, tongkol jagung) dan kotoran hewan yang mengalami proses dekomposisi oleh mikroorganisme pengurai seperti fungi, aktinomiset, dan cacing tanah. Seiring dengan peningkatan upaya pengembangan usaha ternak, perhatian petani saat ini juga meningkat terhadap penggunaan pupuk kandang. Pupuk kandang merupakan bahan pupuk organik yang mudah terdekomposisi dan menghasilkan C-organik, N-total yang tinggi dibandingkan dengan jerami padi, hijauan jagung, dan flemingia (Erfandi dan Widati, 2008). Kandungan hara pupuk organik yang terdapat pada pupuk kandang bervariasi tergantung pada jenis ternak, makanan

ternak, umur, dan kesehatan ternak. Jenis lainnya adalah pupuk hijau, yang dapat berupa sisa-sisa panen atau yang ditanam secara khusus sebagai penghasil pupuk hijau, atau tanaman liar di pinggir lahan, pinggir jalan, atau saluran irigasi (Rachman *et al.*, 2006).

Penggunaan Pupuk Organik Untuk Peningkatan Produktivitas Lahan

Penggunaan pupuk organik dalam jangka panjang dapat meningkatkan produktivitas lahan dan dapat mencegah degradasi lahan. Sumber bahan untuk pupuk organik sangat beranekaragam, dengan karakteristik fisik dan kandungan kimia/hara yang sangat beragam sehingga pengaruh dari penggunaan pupuk organik terhadap lahan dan tanaman dapat bervariasi. Pupuk organik atau bahan organik tanah merupakan sumber nitrogen tanah yang utama, peranannya cukup besar terhadap perbaikan sifat fisik, kimia dan biologi serta lingkungan. Pupuk organik yang ditambahkan ke dalam tanah akan mengalami beberapa kali fase perombakan oleh mikroorganisme tanah untuk menjadi humus atau bahan organik tanah.

Penambahan pupuk organik saja, tidak akan dapat meningkatkan produktivitas tanaman, dengan sistem pengelolaan hara terpadu dengan melakukan pemberian pupuk organik dan pupuk an-organik dalam rangka meningkatkan produktivitas lahan dan kelestarian lingkungan perlu digalakkan. Sistem pertanian yang disebut sebagai LEISA *Low* organik dan anorganik yang berdasarkan konsep *good agricultur practices* perlu dilakukan agar degradasi lahan dapat dikurangi dalam rangka memelihara kelestarian lingkungan.

Pemanfaatan pupuk organik untuk meningkatkan produktivitas lahan dan produksi pertanian perlu dipromosikan dan digalakkan. Program-program pengembangan pertanian yang mengintegrasikan ternak dan tanaman (*crop-livestock*) serta penggunaan tanaman legume baik berupa tanaman lorong (*alley cropping*) maupun tanaman penutup tanah (*cover crop*) sebagai pupuk hijau maupun kompos perlu digalakkan dan diintensifkan. Pencanangan “Go organic 2010” oleh Departemen Pertanian diharapkan akan menunjang perkembangan pupuk organik di Indonesia. Selain itu dewasa ini mulai dilaksanakannya sistem pertanaman padi SRI oleh para petani mendorong mulai diproduksinya kompos atau kompos in situ oleh para petani.

Konservasi Tanah Mendukung Pertanian Organik

Erosi yang disebabkan oleh air bukan hanya mengangkut partikel-partikel tanah saja, tetapi juga mengangkut hara tanaman dan bahan organik, baik yang terkandung di dalam tanah maupun yang berasal dari input pertanian, sehingga menurunkan kualitas tanah. Oleh karena itu penerapan teknik konservasi merupakan salah satu prasyarat mendukung pertanian organik keberlanjutan. Beberapa macam teknologi telah tersedia dan dapat diaplikasikan, yang dapat digolongkan ke dalam 2 kelompok, yaitu: teknologi pengendalian erosi cara mekanis, dan cara vegetatif. Dalam prakteknya, pengendalian erosi cara vegetatif, sekaligus juga berfungsi sebagai teknik penambahan bahan organik/pupuk organik.

Integrasi Konservasi Tanah dan Pemupukan Organik

a. Teras dengan Tanaman Penguat

Efektivitas teras dalam mengurangi erosi lebih tinggi apabila dikombinasikan dengan tanaman penguat teras. Sebagai contoh, pada tanah Latosol (Oxisols) di Gunasari, laju erosi pada tahun pertama hanya 1,2 t ha⁻¹ dan pada tahun kedua menurun lagi sampai 0,4 t ha⁻¹ apabila teras bangku diperkuat lagi dengan *Brachiaria decumbens* (Haryati *et al.*, 1992). Di Sitiung, selama musim penanaman kedelai (*Glycine max*) dan jagung (*Zea mays*), laju erosi mendekati nol dengan diaplikasikannya teras bangku yang diperkuat dengan *Paspalum notatum* (Tala’ohu *et al.*, 1992). Selain itu, tanaman penguat teras, memberikan nilai tambah lain yaitu sebagai sumber pakan ternak dan bahan organik tanah. Jenis tanaman yang biasa digunakan sebagai tanaman penguat teras adalah tanaman legum seperti hahapaan (*Flemingia congesta*),

gamal (*Gliricidia sepium*) dan rumput seperti bahia (*Paspalum Notatum*), bede (*Brachiaria decumbens*), setaria (*Setaria sphacelata*), gajah (*Penisetum purpureum*) atau akar wangi (*Vetiver zizanoides*).

b. Strip tanaman (rumput) searah kontur

Strip rumput merupakan sistem penanaman rumput yang rapat pada garis kontur, yang berfungsi sebagai penahan aliran permukaan dan erosi, sehingga dapat mendorong terbentuknya teras secara perlahan (teras kredit). Teknik strip dapat mengontrol aliran permukaan dan erosi, serta menyediakan rumput pakan atau mulsa. Di sisi lain, strip rumput juga memiliki kelemahan, yaitu: (1) tidak sesuai untuk lereng > 30%, (2) bila tidak dilakukan pemangkasan secara periodik, dapat menjadi sarang tikus, (3) memerlukan tenaga kerja untuk memelihara rumput, (4) mengurangi luasan lahan yang bisa ditanami tanaman pangan, (4) kompetisi hara, cahaya, dan atau alelopati dengan tanaman pokok (Rachman *et al*, 1989).

c. Pertanaman lorong

Pertanaman lorong (*alley cropping*) merupakan sistem penanaman pohon atau semak jenis legum yang ditanam rapat searah garis kontur, dengan jarak antar lajur 4-8 m tergantung kemiringan lahan, sehingga membentuk lorong-lorong, yang ditanami tanaman pangan sebagai tanaman utama. Legum pohon atau semak yang ditanam rapat berfungsi untuk menyaring partikel tanah yang tererosi dan mengendalikan aliran permukaan. Teknik ini selain mampu menekan erosi dan aliran permukaan, juga mampu memperbaiki kesuburan tanah, menghasilkan kayu bakar dan pakan ternak.

Sistem pertanaman lorong dapat menambah persediaan bahan organik setempat, melalui pangkasannya. Tanaman pagar seperti *F. congesta*, menghasilkan pangkasan biomassa sebanyak 3-9 t ha⁻¹ 6 bulan⁻¹ (Hafif *et al.*, 1992). Penggunaan bahan hijauan *Gliricidia sepium* atau *F. congesta* sebanyak 2 ton berat kering atau sekitar 10-15 ton berat basah dapat menyumbangkan N sebanyak 50 kg, P sebanyak 4 kg, dan K sebanyak 30 kg. Bila diasumsikan bahwa kebutuhan tanaman biji-bijian berturut-turut sebanyak 50 kg N ha⁻¹, 20 kg P ha⁻¹, dan 60 kg K ha⁻¹, maka pupuk hijau tersebut akan dapat memenuhi sebagian kebutuhan hara tanaman (Agus, 2000).

Pertanaman lorong dan strip rumput merupakan teknik konservasi vegetatif yang efektif dalam menekan erosi dan aliran permukaan. Hal ini telah dibuktikan oleh berbagai peneliti, antara lain Dariah *et al* (1989) dan Erfandy *et al.* (1988), yang melaporkan penurunan erosi sampai di bawah ambang batas, setelah penerapan pertanaman lorong dengan *F.congesta* dan strip rumput vetiver, pada pertanaman jagung dan kacang tanah.

Prinsip keduanya sama, yaitu menanam tanaman konservasi dalam barisan searah kontur, dengan jarak antar barisan sesuai kemiringan lahan (semakin miring jaraknya semakin rapat). Perbedaannya terletak pada tanaman konservasi yang dipilih. Pada sistem pertanaman lorong, jenis tanaman yang digunakan sebagai tanaman konservasi adalah legume pohon atau perdu, sedangkan pada sistem tanaman strip adalah tanaman rumput dan sejenisnya misalnya akar wangi (Vetiver).

Konservasi Hara Pupuk Organik

Bahan organik tanah selain berfungsi menyediakan hara bagi tanaman, juga berperan mengkonservasi tanah melalui mekanisme retensi, fiksasi atau khelat. Unsur yang diserap dapat berupa unsur hara makro seperti N,P,K,Ca, Mg dan S, unsur mikro yang esensial bagi pertumbuhan tanaman, logam berat, serta senyawa toksik atau beracun. Sebagian besar unsur hara tersebut terikat dalam ikatan kompleks atau khelat dengan komponen bahan organik dari pool labil dan pool resisten.

Unsur hara pupuk organik tersebut akan tersedia apabila ada mikroorganisme yang merombak bahan organik dalam proses mineralisasi secara biologis dan menghasilkan NH₄⁺, PO₄³⁻, SO₄²⁻, namun pada saat yang sama kehilangan hara pada lapisan bawah dapat dicegah karena hara terfiksasi oleh kaloid organik atau

termobilisasi oleh mikroba (Duxbury *et al* 1989). Kehilangan utama C- organik tanah adalah melalui respirasi selama proses dekomposisi serta kehilangan senyawa organik larut lewat pencucian dan erosi. Reaksi dari senyawa pupuk organik dalam tanah dengan senyawa kimia beracun (*phytotoxic*) seperti pestisida menyebabkan senyawa kimia beracun menjadi tidak berbahaya. Exudat akar dan sekresi hasil aktivitas mikroba akan meningkat, menyemat atau mengkompleks kation toksik (Fe,Al, Mn) atau senyawa organik toksik dalam bentuk khelat (Hue *et al.*, 1986). Berkurangnya bahan organik tanah dan aktivitas mikroba akan mengurangkemampuan dan bahan toksik stoksikistem tanah dalam menetralsisir pengaruh toksik dari pemberian senyawa kimia toksik dan bahan toksik alami.

Kemampuan komponen koloid tanah dalam menyerap unsur sangat tergantung pada sifat inheren tanah. Sohn and Peach (1958) menunjukkan bahwa tanah organik mempunyai kemampuan memfiksasi amonia lebih tinggi dibanding tanah mineral. Pada tanah mineral, fiksasi amonia tertinggi dicapai pada tanah mineral masam yang yang mengandung bahan organik tinggi. Sedikitnya 50 % dari amonia yang difiksasi diakibatkan oleh bahan organik tanah.

Kandungan Hara dari Berbagai Jenis Ternak dan Tanaman Legum

Komposisi hara dalam sisa tanaman cukup bervariasi dan sangat spesifik tergantung dari jenis tanaman. Pada umumnya rasio C/N sisa tanaman bervariasi dari 80:1 pada jerami gandum hingga 20:1 pada tanaman legum. Sekam padi dan jerami mempunyai kandungan silika sangat tinggi dan berkadar nitrogen rendah. Sisa tanaman legume seperti kacang, mucuna, kedelai, kacang tanah dan serbuk kayu mempunyai kandungan nitrogen cukup tinggi. Kandungan Ca tanaman yang tinggi dijumpai pada tanaman kedelai dan serbuk kayu.

Kotoran hewan yang berasal dari usaha tani antara lain adalah kotoran ayam, sapi, kuda, kerbau, dan kambing/domba. Komposisi hara pada masing-masing kotoran hewan sangat bervariasi tergantung pada jumlah dan jenis makanannya. Kandungan hara bahan organik dari ternak dan legum terdapat pada Tabel 1. Secara umum, kandungan hara dalam kotoran hewan lebih rendah daripada pupuk kimia. Oleh karena itu aplikasi dari pemberian pupuk kandang ini lebih besar daripada pupuk anorganik. Pada akhir proses tersebut dihasilkan kompos atau humus yang mempunyai kandungan hara yang memperbaiki struktur tanah dan daya menahan air.

Tabel 1. Kandungan hara dalam bahan organik pupuk kandang

Sumber	N	P	K	Ca	Me	S	Fe
Sapi perah	0,53	0,35	0,41	0,28	0,11	0,05	0,004
Sapi daging	0,65	0,15	0,30	0,12	0,10	0,09	0,004
Kuda	0,70	0,10	0,58	0,79	0,14	0,07	0,010
Unggas	1,50	0,77	0,89	0,30	0,88	0,00	0,100
Domba	1,28	0,19	0,93	0,59	0,19	0,09	0,020

Sumber: D.A. Suriadikarta *et al.* 2005

Peranan Bahan Organik Terhadap Hasil Beberapa Jenis Tanaman

Pemberian pupuk kandang 5 t/ha dikombinasikan dengan pemupukan NPK (90-45-80) pada tanaman jagung pada lahan kering masam dapat memberikan hasil biji 3,4 t /ha, yaitu 1,9 t/ha lebih tinggi dari pemupukan NPK saja (Tabel 2). Sedangkan pemberian serasah sisa panen 5 t/ha (50-90-80) pada tanaman kedelai memberikan hasil 2,3 t biji kering/ha. Terjadi peningkatan 0,9 t/ha dibandingkan pemupukan NPK saja, demikian juga terhadap peningkatan tanaman ubi kayu sekitar 10 t/ha (Adiningsih *et al.*, 1995). Erfandi *et al.*, (1988) melaporkan pertanaman lorong pada tanah Typic Haplortox Kuamanag Kuining dengan tanaman pagar lamtoro, centrosema, kaliandra, dan flemingia ternyata F. Congesta terbaik dalam meningkatkan C- organik dari 1,31 menjadi 2,85, sekaligus dapat meningkatkan produksi tanaman.

Tabel 2. Peranan bahan organik terhadap produksi beberapa jenis tanaman pangan

Tanaman	Rata- rata hasil (t/ha)	
	NPK	NPK + Kompos
Padi	4,78	4,97
Kedelai	1,53	1,93
Barley	1,80	2,27
Gandum	1,90	2,24

Sumber: D.A. Suriadikarta *et al.*, 2005 dan Adiningsih *et al.*;1995

KESIMPULAN

Pupuk organik atau bahan organik tanah merupakan sumber nitrogen tanah yang utama, peranannya cukup besar terhadap perbaikan sifat fisik, kimia dan biologi serta lingkungan. Pupuk organik yang ditambahkan kedalam tanah akan mengalami beberapa kali fase perombakan oleh mikroorganisme tanah untuk menjadi humus atau bahan organik tanah; Pemberian pupuk kandang 5 t/ha dikombinasikan dengan pemupukan NPK (90-45-80) pada tanaman jagung pada lahan kering masam dapat memberikan hasil biji 3,4 t /ha, yaitu 1,9 t/ha lebih tinggi dari pemupukan NPK saja. Sedangkan pemberian serasah sisa panen 5 t/ha (50-90-80) pada tanaman kedelai memberikan hasil 2,3 t biji kering/ha ; dan Tanaman pagar seperti *F. congesta*, menghasilkan pangkasan biomassa sebanyak 3-9 t ha⁻¹ 6 bulan⁻¹ (Hafif *et al.*, 1992). Penggunaan bahan hijauan *Gliricidia sepium* atau *F. congesta* sebanyak 2 ton berat kering atau sekitar 10-15 ton berat basah dapat menyumbangkan N sebanyak 50 kg, P sebanyak 4 kg, dan K sebanyak 30 kg. Bila diasumsikan bahwa kebutuhan tanaman biji-bijian berturut-turut sebanyak 50 kg N ha⁻¹, 20 kg P ha⁻¹, dan 60 kg K ha⁻¹, maka pupuk hijau tersebut akan dapat memenuhi sebagian kebutuhan hara tanaman

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman A., I. Juarsah, dan U. Kurnia. 2000. Pengaruh penggunaan berbagai jenis dan takaran pupuk kandang terhadap produktivitas tanah Ultisols terdegradasi di Desa Batin, Jambi. *dalam* Pros. Seminar Nasional Sumber Daya Tanah, Iklim, dan Pupuk. Buku II. Bogor, 6-8 des. 1999. Puslittanak. pp. 303-319. Lingkungan. Puslitbangtanak. Bogor. pp. 147-182.
- Adam, W.A, 1973. The effect of organic matter on the bulk and the true densities of some inclusions of Podsolc Soil. *J. Sci* 24 :10-7.
- Adiningsih, S.J. dan I.G.P. Wigena, S. Rochayati, W. Hartatik dan S. Desire. 1985. Penelitian Efisiensi Pemupukan di Kuamang Kuning Jambi. Hal 41-72. *Dalam* Penelitian Pola Usahatani Terpadu di Daerah Transmigrasi Jambi, Pusat Penelitian Tanah, Badan Litbang Pertanian.
- Agus, F. 2000. Kontribusi bahan organik untuk meningkatkan produksi pangan pada lahan kering bereaksi masam. hlm 87-104 *dalam* Pros. Seminar Nasional Sumber Daya Lahan. Buku III. Cisarua-Bogor, 9-11 Februari 1999. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat.
- Brady, N.C. 1974. The Nature and Properties of Soil 8 th ed. Mac Millan Publishing Co. Technical Notes 5 : 9-29.
- D.A. Suriadikarta, T. Prihatini, d Setyorini, dan W. Hartatik (2005). Teknologi Pengelolaan Bahan Organik Tanah, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian.

- Duxbury, J.M. Smith, M.S. and Doran, J.W. 1989. Soil organic matter as a source and sink of plant nutrients. In Coleman, D.C., Oades, J.M., and Uehara, G (eds) *Dynamic of soil organic matter in tropical ecosystem Honolulu, Hawaii* : University of Hawaii Press.
- Erfandi, D. Mahmudin Nur, dan T. Budhyastoro, 1988. Perbaikan Lingkungan sifat-sifat fisik tanah dengan strip vetiver dan residu pupuk kandang. *Pros. Pertemuan Pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bid. Fisika dan Konservasi Tanah.*
- Erfandi, D. dan S. Widati. 2008. Dekomposisi Bahan Organik dan Kondisi Sifat Fisik Tanah dalam Upaya Mengatasi Degradasi Lahan. *Pros. Seminar dan Kongres Nas. MKTI VI. Pp. 561-572.*
- Hafif, B Santoso S. Adiningsih dan Suwardjo, 1992. Evaluasi cara pengelolaan tanah untuk reklamasi dan konservasi lahan terdegradasi. *Pemberitaan Penelitian Tanah dan Pupuk No. 11 hlm 7- 12*
- Harris, W.L.G Chester, and D.N Allen. 1974. Rynome at Soil Agregation *Adv Agron 18: 107-179*
- Haryati, U., M. Thamrin, dan Suwardjo, 1992. Evaluasi beberapa model teras pada Latosol Gunasari DAS Citanduy dalam *Pros. Pertemuan Teknis Penelitian Tanah. Bidang Konservasi Tanah dan Air, 22-24 September 1989. Puslitbangtanak, Bogor. pp 187-195.S.*
- Hue, N.V., Craddock, G., and Adam, F. 1986. Effect of organic acids on aluminum toxicities in subsoil. *Soil Science Society of America J. 50 :28-34.*
- Kertanegoro, B.D. 1981. Bahan organik sebagai komponen fase padat. Dalam Notohadiputro A.S (Eds). *Pengantar Ilmu Tanah, Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.*
- Parton, W.J D.S Schmid, C.V Call, and D.S. Ojima. 1987. Analysis of factor controlling soil organic matter levels in great plain grass land. *Soil land. Soil Sci.Soc.Am.J. 51:1173-1179*
- Lukman Hakim, H.S. dan Djoko Santoso. 1980. Usaha Peningkatan Bahan organik melalui pengelolaan pola tanam tanaman pangan dan pupuk hijau. *Prosiding Pertemuan Teknis, Pusat Penelitian Tanah Bogor.*
- Rachman, A., A. Dariah, dan D. Santoso. 2006. Pupuk Hijau. *Dalam Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Hlm 41-57. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Risalah Diskusi ilmiah Hasil Penelitian Pertanian Lahan kering dan Konservasi di daerah Aliran Sungai, Malang 1-3 Maret 1988. P3HTA. Badan Litbang Pertanian.*
- Rawls, 1982. Estimating Soil bulk density from particle Size analysis and organic matter content. *J. Soil. Sci 123-125 (eds).*
- Rahman, A..H. Suwardjo, R.L. Watung dan H. Sembiring 1989. Efisiensi teras bangku dan teras gulud dalam pengendalian erosi. *Dalm risalah Diskusi Ilmiah Hasil Penelitian Pertanian Lahan Kering dan Konservasi Tanah di Daerah Aliran Sungai. Batu (Malang) 1-3 Maret 1989. P3HTA, Badan Litbang Pertanian.*
- Santoso, D., J. Purnomo, I G. P. Wigena, dan E. Tuherkih. 1994. Teknologi konservasi vegetatif. *Olah Tanah Konservasi. dalam Konservasi Tanah pada Lahan Kering Berlereng. Puslittanak. Badan Litbang Pertanian. pp 77-108*
- Sohn, J.B. and M. Peech. 1958. Retention and fixation of ammonia by soil. *Soil Sci. 85: 1-9*
- Sri Adiningsih, J. 1992. Peranan efisiensi penggunaan pupuk untuk melestarikan swasembada pangan. *Orasi Pengukuhan Ahli Peneliti Utama. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.*

- Sri Adiningsih, J. dan I.G.P. Wigena, Sri Rochayati, Wiwik Hartatik dan Desire, S. 1987.a. Penelitian Efisiensi Pemupukan di Kuamang Kuning Jambi. Hal 41- 72. Dalam Penelitian Pola Usahatani Terpadu di Daerah Transmigrasi Jambi, Pusat Penelitian Tanah, Badan Litbang Pertanian
- Sudjadi, M. 1984. Masalah kesuburan tanah Ultisols dan kemungkinan pemecahannya. Hal. 3-10 dalam Prosiding Pertemuan Teknis Penelitian Pola Usahatani Menunjang Transmigrasi, Cisarua, Bogor 27 - 29 Februari 1984. Departemen Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Suwardjo, H., A. Abdurachman, and S. Abujamin. 1989. The use of crop residue mulch to minimize tillage frequency. *Pembrit. Penel. Tanah dan Pupuk* 8: 31-37
- Setyorini, D., R. Saraswati, dan E.K. Anwar. 2006. Kompos. *Dalam Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. BBSDLP. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian pp 11-40
- Tala'ohu, S.H, A. Abdurachman, dan H. Suwardjo, 1992. Pengaruh teras bangku, gulud, slot mulsa Flemingia dan strip rumput terhadap erosi, hasil tanaman dan ketahanan tanah tropudult di Sitiung, hlm 79-89 dalam Pros. Pertemuan Teknis Penelitian Tanah. Bid. Konservasi Tanah dan Air, 22- 24 Agustus 1989. Puslitbangtanak, Bogor.
- Wade, M.K., D.W. Gill, H. Subagio, M. Sudjadi, and Sanhes. 1986. Overcoming soil fertility constraints in a transmigration area of Indonesia. *Trop Soil Bulletin* No.88-101 North Carolina State Univ. Raleigh.