

DEKOMPOSISI DAN MINERALISASI KADAR N BOKASHI PUPUK KANDANG KOTORAN AYAM

Widowati dan I Made Indra Agastya

PS. Agroteknologi, Fak. Pertanian, Universitas Tribhuwana Tunggaladewi

Abstract

Aims of the study is to evaluate the decomposition and mineralization Nitrogen of bokashi chicken manure made by litter and battery systems. Litter system usually developed the floor of cage cover by the form of sawdust and rice husk but battery with cage type of tenuous and perforated floor. Soil incubation of bokashi experiment was conducted in the laboratory and in field the Village Tunggulwulung, Malang. Incubation activities with five sample in the laboratory laid under conditions with and without leached. Observation was made in amount of nitrogen for 2, 4, 6, and 8 weeks. Bokashi manure decomposition of chicken manure was observed in litter bag using method recommended by the Tropical Soil Biology and Fertility. Bags of litter were observed at 1, 2, 4, 8, and 14 weeks. The amount of mineral N in KCl extracts - soil determined using Kjeldahl distillation method. Results of research showed that on leached condition leached mineralization at 2, 4, 8, and 14 weeks bokashi battery lower compared with litter by 0.8, 8, 0.2, 0.6 t N/ha and 0.3, 10, 13, 0.8 t N/ha respectively.

Key words: System of litter and battery, mineralization, nitrogen

Pendahuluan

Peningkatan produksi tanaman pangan tidak terlepas dari penggunaan pupuk kimia, apalagi varietas unggul yang dihasilkan merupakan jenis tanaman yang membutuhkan masukan pupuk yang tinggi. Namun demikian pupuk kimia menimbulkan dampak buruk terhadap lingkungan dan kesehatan. Oleh karena itu penggunaan pupuk kimia seharusnya dikurangi dan lebih memberi perhatian pada pupuk organik. Peranan pupuk organik dalam perbaikan sifat-sifat tanah (Stevenson, 1982) dan produktivitas tanaman (Karama *et al.*, 1990; Handayanto, 1997), dan peningkatan efisiensi pemupukan (Nursyamsi *et al.*, 1997) sudah terbukti. Perbaikan kesuburan tanah dengan sisa tanaman legum, sisa panen tanaman pangan, dan biomassa beragam species tumbuhan

telah banyak dilakukan. Demikian pula pemakaian pupuk kandang sebagai pupuk organik telah terbukti dalam meningkatkan kesuburan dan hasil tanaman. Namun belum banyak informasi perbedaan pupuk kandang yang berasal dari alas kandang dari sistem *litter* dan *battery* yang dapat mempengaruhi unsur hara yang dihasilkan. Apalagi bila pupuk kandang tersebut dijadikan bokashi yang dipandang lebih efektif dalam menyediakan unsur hara bagi tanaman yang ditanam secara pergiliran tanaman maupun tumpang gilir.

Penyediaan unsur hara dari bahan organik ditentukan oleh kecepatan dekomposisi dan mineralisasi bahan organik. Jumlah hara nitrogen dari bahan organik yang dapat diserap oleh tanaman umumnya sangat rendah. Penambahan bahan organik asal famili kacang-kacangan dapat melepaskan hara N

sekitar 20-45% dari jumlah total N yang terkandung di dalamnya selama satu siklus tanaman semusim (Handayanto *et al.*, 1994). Dari jumlah tersebut hanya sekitar 30% yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman semusim.

Dekomposisi bahan organik dipengaruhi oleh kadar nitrogen dalam pupuk organik. Pupuk organik dengan nitrogen tinggi akan mendorong perkembangan jasad mikro lebih cepat sehingga populasi jasad mikro menjadi lebih banyak. Pemberian EM₄ yang dikombinasikan dengan kompos dan kotoran ayam dapat meningkatkan C organik, N total, mikroorganisme tanah berturut-turut 24.01%; 37.71%; 106.35% dibanding kontrol (Nuraini, *et al.*, 2003).

Tidak semua kadar hara N yang ada di dalam tanah dimanfaatkan oleh tanaman. Hal ini tergantung dari sinkronisasi antara kebutuhan tanaman akan unsur hara N dengan banyaknya N dari bahan organik yang termineralisasi di dalam tanah. Sinkronisasi antara kadar hara N yang dilepas dengan saat tanaman menggunakan kadar hara N ditentukan oleh kualitas bahan organik dan praktek pengelolaan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan dekomposisi dan mineralisasi kadar N organik bokashi pupuk kandang kotoran ayam dari sistem alas kandang yang berbeda.

Metode Penelitian

Percobaan inkubasi dilakukan pada dua lokasi pada bulan April sampai Juli 2009 yaitu di Laboratorium Jurusan Tanah Universitas Brawijaya Malang dan di lapangan di Desa Bawang, Kelurahan Tunggulwulung, Kecamatan Lowokwaru, Kotamadya Malang. Inkubasi di laboratorium dilakukan dengan perlakuan kondisi tercuci dan tidak tercuci. Inkubasi di laboratorium sebanyak 5 sampel dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui jumlah nitrogen yang dilepas dari bokashi selama periode waktu tertentu (2, 4, 6, dan 8 minggu). Dilain pihak inkubasi yang dilaksanakan di lapangan digunakan untuk mengetahui kehilangan berat kering bokashi maupun banyaknya nitrogen yang dilepas dari hasil dekomposisi dan mineralisasi. Dekomposisi bokashi pupuk kandang kotoran ayam diamati dengan menggunakan metode kantong serasah yang disarankan oleh TSBF (*Tropical Soil Biology and Fertility*) (Anderson dan Ingram, 1992 dalam Handayanto, 1996). Kantong plastik serasah sebanyak 5 lokasi dengan berat sekitar 2 kg diletakkan secara teratur di tanah dan diamati pada minggu ke 1, 2, 4, 8, dan 14. Jumlah N mineral dalam ekstrak KCl – tanah ditetapkan dengan menggunakan metode distilasi Kjeldahl.

Jenis tanah yang digunakan bertekstur *sandy loam* (pasir 72%, debu 16%, liat 10%) dengan karakteristik disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Tanah Sebelum Perlakuan

pH H ₂ O	pH KCl	C _{org} (%)	N total (%)	C/N	P Bray I (mg/kg)	NH ₄ OAc 1N1H		Ca	Mg	Jumlah basa	KTK	KB (%)
						K	Na					
me/100g												
7,4	6,9	1,01	0,15	10	34,79	0,56	0,36	14,4	0,15	15,43	28	55

Pembuatan bokashi pupuk kandang ayam menggunakan dekomposer Bio-Sun. Pupuk kandang ayam diambil dari alas kandang dua sistem yang berbeda yaitu sistem *litter* dan *bateri*. Sistem *litter* merupakan kandang/m² yang menggunakan alas penutup lantai berupa serbuk gergaji (1 kg) dan sekam padi (5 kg) dan disebar dengan ketebalan sekitar 2 cm dan bokashi ini berasal dari Farm PT. Charoen Pokhpand di Jombang. Sistem *bateri* merupakan bentuk kandang mempunyai tipe lantai renggang dan berlubang dan bokashi sistem ini di ambil dari peternak di Desa Tungguwulung, Kecamatan Lowokwaru, Kotamadya Malang.

Bahan organik berupa bokashi kotoran ayam, terlebih dahulu dikering udarkan selama 5 hari dan setelah cukup kering kemudian diayak memakai saringan berukuran lobang 2 mm kemudian bahan ini digunakan untuk percobaan inkubasi di laboratorium. Analisa untuk perlakuan inkubasi tercuci dan tidak tercuci meliputi N mineral (NH_4^+ dan NO_3^-) dengan metode Kjeldahl. Jumlah N mineral (NH_4^+ + NO_3^-) dalam tanah pada kondisi tercuci ditetapkan pada larutan hasil pencucian dengan menggunakan metode distilasi Kjeldahl (Keeney dan Nelson, 1982). Jumlah N yang dilepaskan dari bokashi yang kemudian ditemukan kembali di dalam tanah sebagai N mineral dihitung sebagai jumlah N mineral dalam tanah yang ditambahkan bokashi dikurangi jumlah mineral N pada perlakuan kontrol. Konstanta kecepatan pelepasan N (k) dihitung dengan menggunakan persamaan eksponensial tunggal, $y = \text{eks}(-k.t)$ (Wieder and Lang, 1982), dimana y adalah persentase berat sisa dari komponen (bahan kering atau N) pada waktu t. Dekomposisi bokashi di lapangan diamati dengan menggunakan metode kantong serasah yang disarankan

oleh TSBF (*Tropical Soil Biology and Fertility*) (Anderson dan Ingram, 1992). Jumlah N mineral dalam ekstrak KCl – tanah ditetapkan dengan menggunakan metode distilasi Kjeldahl.

Analisis komposisi kimia bokashi pupuk kandang dilakukan sebelum dan setelah 3 bulan inkubasi. Variabel yang diamati meliputi kadar N yang dilepas dari bokashi di laboratorium pada kondisi tercuci dan tidak tercuci selama 8 minggu, kadar N yang dilepas dari bokashi di lapangan, berat kering bokashi (2 jenis) dalam kantong serasah.

Hasil dan Pembahasan

Komposisi Kimia Bokashi Pupuk Kandang (sistem litter dan baterai)

Pupuk berasal dari alas kandang sistem *litter* lebih baik dari pada *bateri* dalam komposisi kimia (C organik, N total, P, K, Na, Ca, Mg, KTK) (Tabel 2). Pada sistem *litter* menggunakan alas kandang yang diberi tambahan serbuk gergaji dan sekam padi sedangkan sistem *bateri* tanpa tambahan bahan pada alas kandang. Tambahan serbuk gergaji dan sekam ternyata dapat memperbaiki kualitas mineral dalam pupuk kandang ayam yaitu C organik, N total, Kalium, Calsium, dan Kapasitas Tukar Kation (KTK). Informasi lain menambahkan bahwa penggunaan bahan organik ke dalam tanah dapat memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah (Engelstad, 1997). Bahan organik merupakan sumber utama karbon dan energi bagi mikroorganisme heterotrof (Hanafiah, 2005). Disisi lain karbon merupakan sumber makanan mikroorganisme tanah, sehingga keberadaan dan ketersediaan unsur ini dalam tanah akan memacu kegiatan mikroorganisme sehingga meningkatkan proses dekomposisi tanah.

Hasil analisis tanah setelah 3 bulan inkubasi bokashi disajikan pada Tabel 3.

Bokashi yang digunakan menunjukkan adanya peningkatan sifat kimia tanah dibanding tanpa pemberian bokashi (K), khususnya kandungan C organik 59,11% (Bi) – 65,76% (B), dan KTK 10,63% (Bi) - 18,15% (B). Kandungan C organik yang meningkat telah diikuti dengan meningkatnya bahan organik tanah. Bahan organik yang bertambah dapat meningkatkan muatan ion negatif tanah

sehingga nilai KTK tanah meningkat. Makin tinggi KTK tanah, makin tinggi kemampuan tanah menyimpan hara sehingga unsur hara akan tersedia bagi tanaman. Kadar unsur N total, P dan K dalam tanah lebih tinggi dari pada tanpa diberi bokashi (K) baik. N total sebesar 53,13% (B) - 54,84% (Bi), P sebesar 68,16% (Bi) – 71,72% (B), dan K sebesar 77,33% (B) – 83,28% (Bi).

Tabel 2. Komposisi Kimia Bokashi

Bahan	pH (1:1)		Komposisi			BO	P	K	Na	Ca	Mg	KTK
	H ₂ O	KCl 1N	C _{org} (%)	N total (%)	C/N							
Bi (sistem <i>litter</i>)	7,1	6,9	20,61	3,02	7	35,66	2,77	2,44	4,78	7,31	0,94	41,73
B (sistem <i>bateri</i>)	7,2	6,9	14,54	2,41	6	25,66	2,52	1,58	4,47	4,02	0,59	17,16

Tabel 3. Analisis Tanah Setelah 3 bulan Aplikasi Bokashi

Bahan	C _{org} (%)	N total	C/N	BO (%)	P Bray (mg kg ⁻¹)	NH ₄ OAc 1N1H	
						K	KTK
						me/100g	me/100g
Bi (sistem <i>litter</i>)	2,47	0,31	8	4,27	109,27	3,35	31,33
B (sistem <i>bateri</i>)	2,95	0,32	9	5,11	123,04	2,47	34,21
K (no bokashi)	1,02	0,17	6	1,76	24,43	0,48	17,07

Dekomposisi dan Mineralisasi Nitrogen di Lapangan

Bahan organik yang mengalami proses mineralisasi ditunjukkan dengan adanya penurunan berat kering. Kehilangan berat kering bokashi di lapangan lebih banyak pada bokashi *litter* dari pada bokashi *bateri*. Kehilangan tersebut masing-masing sebesar 27,88% (Bi) dan 11,05% (B) pada minggu ke-14 (Tabel 4). Hasil penelitian Broder dan Wagner (1988) menyatakan bahwa kecepatan dekomposisi antara jagung, gandum dan kedelai menunjukkan bahwa bahan organik kedelai proses mineralisasinya paling cepat yaitu sebesar 68%, dalam 32 hari, sedangkan bahan organik jagung dan gandum dalam 42 hari mengalami

kehilangan sebesar 47%. Selanjutnya setelah 756 hari, bahan organik jagung hanya tersisa 15% dan gandum 18%. Proses dekomposisi selalu akan diikuti dengan proses mineralisasi atau pelepasan unsur hara. Selama proses tersebut ada senyawa-senyawa yang dilepas pada saat terjadinya dekomposisi. Senyawa-senyawa yang dilepas tersebut berupa unsur hara yang penting bagi pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu bahan organik selain berperan sebagai sumber unsur hara juga mempengaruhi tingkat kesuburan tanah. Jumlah kadar hara N yang dilepas dari bokashi pada kondisi lapangan tidak berbeda diantara sistem *litter* dan *bateri*.

Tabel 4. Kehilangan Berat Kering Bokashi dalam Kantong Serasah di Lapangan selama 14 minggu

Bokashi	Kehilangan Berat Kering (%)				
	1 mgg	2 mgg	4 mgg	8 mgg	14 mgg
Bi (<i>litter</i>)	14,50	21,43	23,03	31,81	27,88
B (<i>bateri</i>)	5,80	11,41	11,66	13,44	11,05

Tabel 5. Proses Mineralisasi kadar N di Lapangan

Bokashi	N yang dilepaskan (kg N ha ⁻¹)				
	1 mgg	2 mgg	4 mgg	8 mgg	14 mgg
Bi (<i>litter</i>)	1274,42	1361,07	537,28	691,06	778,28
B (<i>bateri</i>)	1443,92	1057,72	346,23	590,73	574,23

Dalam waktu inkubasi hanya 1 minggu sudah terjadi proses mineralisasidan pelepasan hara, dan proses ini bahkan sampai minggu ke 14 masih terus berlangsung antara *litter* dan *bateri* berturut-turut 574,23 kg N/ha dan 778,28 kg N/ha. (Tabel 5). Kandungan N dalam bokashi masih berada di atas nilai kritis konsentrasi N, yaitu 2,41% dan 3,02% sedangkan batas nilai kritis konsentrasi N adalah 1.90%.

Konstanta kecepatan mineralisasi bokashi di lapangan selama 14 minggu menunjukkan nilai berkisar antara 5,85 – 7,22 (Tabel 7). Nilai konstanta di lapangan tersebut memiliki nilai lebih tinggi dari pada di laboratorium pada kondisi tercuci yang hanya berkisar antara 0,75 – 4,65 Kecepatan mineralisasi N dari sisa-sisa tanaman sangat ditentukan oleh komposisi kimia bahan organik, atau yang disebut dengan kualitas sisa tanaman itu sendiri (Swift *et al.*, 1979) selain itu kecepatan mineralisasi hara N juga dapat menentukan jumlah N sisa tanaman yang dimanfaatkan oleh tanaman. Ketersediaan hara melalui penambahan bokashi dengan C/N berkisar 6 – 7 mempunyai kemampuan yang sama dengan pupuk anorganik yang dapat menyediakan hara dengan cepat. Kemudahan dekomposisi bahan organik berkaitan erat dengan nisbah kadar hara. Pada nisbah C/N kurang dari 20 akan

terjadi mineralisasi unsur hara sehingga lebih cepat menyediakan hara bagi tanaman.

Mineralisasi Bokashi pada Kondisi Tercuci

Jumlah hara N mineral (NH₄⁺ dan NO₃⁻) bokashi yang dilepas setelah inkubasi 8 minggu berkisar 174 (B) - 212 kg N/ha (Bi) pada kondisi tercuci (Tabel 6). Mulai 4 hingga 8 minggu, jumlah N yang dilepas bokashi sistem *litter* lebih besar dari pada *bateri*. Pada sistem *litter*, adanya bahan organik tambahan berupa serbuk gergaji dan sekam diindikasikan dapat menyebabkan jumlah hara N yang dilepas lebih besar (Tabel 6).

Pada saat 4 minggu, jumlah N yang dilepas dari sistem *litter* tertinggi menunjukkan nilai sebesar 107 kg N/ha. Pada sistem *bateri* nilai tertinggi sebanyak 83 kg N/ha dicapai pada 2 minggu dan berbeda dengan sistem *litter* yang hanya 31kg N/ha. Jumlah hara N yang dilepas cenderung menurun dengan bertambahnya waktu inkubasi hal ini karena berkurangnya bahan organik. Bokashi sistem *bateri* melepaskan hara N lebih cepat dan berbeda dibanding sistem *litter* terutama pada 2 minggu. Setelah itu, pelepasan hara N dari bokashi tidak menunjukkan nilai angka yang berbeda. Suryadi (2002) melaporkan bahwa pada awal inkubasi biomassa vegetasi yaitu pada minggu 1 – 4 proses pelepasan hara

N mineral yang terjadi relatif cepat, namun setelah minggu ke empat pelepasan hara N mineral berlangsung sangat lambat. Pada minggu 6 dan 8 terjadi peningkatan nilai N mineral.

Konstanta kecepatan pelepasan (k) bokashi dari alas kandang sistem *litter* lebih besar dari pada sistem *bateri* (Tabel 7).

Tabel 6. Jumlah N yang Dilepaskan dari Bokashi di Laboratorium pada Kondisi Tercuci dan Tidak Tercuci Selama 8 Minggu

Bokashi	N yang dilepaskan (kg N ha ⁻¹)									
	Tercuci (minggu)					Tidak Tercuci (minggu)				
	2	4	6	8	Jumlah	2	4	6	8	Jumlah
Bi(<i>litter</i>)	31	107	65	9	212	3934	3364	4580	4413	16291
B(<i>bateri</i>)	83	67	22	2	174	3501	2670	2883	74	9128

Tabel 7. Konstanta Kecepatan Mineralisasi dan Pelepasan Nitrogen (k)

Bokashi	Inkubasi di Laboratorium				Di Lapangan	
	Kondisi Tercuci		Kondisi Tidak Tercuci		Bi	B
	Bi	B	Bi	B		
1 MST	3,45	4,41	8,27	8,16	7,11	7,27
2 MST	4,65	3,89	8,12	7,89	7,22	6,95
4 MST	4,10	3,00	8,43	7,72	6,21	5,85
8 MST	2,01	0,75	8,39	4,00	6,51	6,36
14 MST	-	-	-	-	6,57	6,35

Mineralisasi dari Bokashi pada Kondisi Tidak Tercuci

Setelah periode inkubasi mencapai 8 minggu, jumlah kadar N mineral (NH₄⁺ dan NO₃⁻) yang dilepaskan dari bokashi dan ditemukan dalam tanah masing-masing sebesar 16.291 kg N/ha (Bi) dan 9.128 kg N/ha (B) (Tabel 6). Jumlah kadar N yang dilepas bokashi yang berasal dari alas kandang sistem *litter* (Bi) lebih besar dari pada *bateri* (B). Pada saat 4 dan 8 minggu, kadar N yang dilepas dari Bi berbeda dengan B (Tabel 5). Jumlah kadar N yang dilepas pada kondisi tidak tercuci lebih besar dari pada kondisi tercuci. Konstanta kecepatan pelepasan N(k) dari bokashi yang berasal dari ternak ayam dengan sistem kandang yang berbeda (*litter* dan *bateri*) menunjukkan hasil yang berbeda pada 4 dan 8 minggu. Kondisi tidak tercuci memberikan konstanta kecepatan

pelepasan N (k) yang lebih besar dari pada kondisi tercuci.

Pada 8 minggu, hasil dekomposisi dan mineralisasi di lapangan berbeda dengan di laboratorium. Kecepatan dekomposisi di lapangan dan kondisi tercuci di laboratorium menunjukkan hasil yang sama antara sistem *litter* dan *bateri*. Pada kondisi tidak tercuci menunjukkan hasil yang berbeda yaitu sistem *litter* lebih cepat dari pada *bateri*. Pada 2 minggu, perbedaan kecepatan terjadi pada kondisi tercuci (sistem *bateri* lebih cepat dari pada sistem *litter*), sedangkan pada kondisi tidak tercuci di lapangan kedua sistem menunjukkan kecepatan yang sama.

Prosentase N bahan organik dan pupuk N yang ditemukan dalam daun murbei setelah 14 minggu berkisar antara nilai 42% - 77% (Handayanto *et al.*, 2000). Penelitian Dewi *et al.*, (2006)

mengatakan bahwa pemberian bahan organik terutama *Dolichos labab* (koro uceng), *Phaseolus lunatus* (koro krupuk daun runcing), dan *Psophocarpus tetragonolobus* (kecipir) dapat memperkecil resiko kehilangan N akibat pencucian dan/atau penguapan dengan % recovery N yaitu berturut-turut sebesar 29,60%, 24,80%, dan 23,60%. *Recovery* kadar N oleh tanaman tergantung dari pola pelepasan kadar N (atau imobilisasi) dan apakah kadar N mineral yang telah bebas tersebut hilang dari daerah perakaran atau tidak karena hal ini menentukan tingkat sinkronisasi antara pelepasan kadar N dan saat tanaman membutuhkan kadar N, terutama pada wilayah mempunyai jumlah curah hujan tinggi sehingga tanahnya mudah mengalami pencucian (Handayanto, 1995)

Bahan organik menyumbang muatan negatif tanah lebih banyak sehingga pemberian bahan organik dapat meningkatkan kapasitas pertukaran kation. Hasil mineralisasi bahan organik dapat meningkatkan ketersediaan hara tanah dan nilai kapasitas tukar kation tanah (KTK), sehingga kehilangan hara melalui proses pencucian dapat dikurangi. Peran bahan organik tambahan pada sistem *litter* sangat menekan kehilangan N. Kondisi ini akan menguntungkan bagi ketersediaan N di dalam tanah. Peningkatan N total tanah berasal dari mineralisasi bahan organik (bokashi) yang ditambahkan.

Kesimpulan

Proses dekomposisi dan mineralisasi kadar N didalam bokashi dengan sistem *litter* lebih besar dibanding dengan sistem *bateri*.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan

Tinggi Departemen Pendidikan Nasional yang telah menyediakan dana penelitian Hibah Bersaing. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Bapak drh. Didit Prigastono dan Bapak Nyoman (PT. Charoen Pokhpand).

Daftar Pustaka

- Anderson, J.M. and Ingram, J.S.I. 1992. Tropical Soil Biology and Fertility : A handbook of methods, 2 nd edition. CAB International. Wallingford, Oxon, UK. 191 p.
- Broder, M.W. and G. H. Wagner. 1988. Microbial colonization and decomposition of corn, wheat and soybean residue. *Soil Sci Am J.* 52 : 112 – 117.
- Engelstad, O.P. (ed). 1997. *Teknologi dan Penggunaan Pupuk*. Gadjah Mada University Press.
- Hanafiah, K.A. 2005. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Raja Grafindo Persada. Jakarta. 360 p.
- Handayanto, E. 1997. Sinkronisasi nitrogen dalam system budidaya pagar :I. Kecepatan pelepasan nitrogen dari bahan pangkasan pohon leguminosa. *Jurnal Penelitian* 8 (3) : 1 -17.
- Karama, A.S., A.R. Marzuki, and I. Manwan. 1990. Penggunaan pupuk organik pada tanaman pangan. Makalah disajikan pada Lokakarya Nasional Efisiensi Penggunaan Pupuk V, Cisarua, 12-13 November 1990. Puslitbang, Balitbangtan, Deptan, Bogor.
- Keeney, D.R. and Nelson, D.W. 1982. Nitrogen – inorganic forms. *In* Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Propertis. Eds. A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney. Pp. 643 – 698. American Society of Agronomy Inc, and Soil Science Society of America Inc, Madison, Wisconsin, USA.
- Nuraini, Y., dan Nanang S.A. 2003. Pengaruh pupuk hayati dan bahan organik terhadap sifat kimia dan biologi tanah serta pertumbuhan dan produksi tanaman jagung. *Habitat XIV* (3) : 139 – 145.

- Nursyamsi, D., J. Sri Adiningsih, Sholeh, dan A. Adi. 1997. Penggunaan bahan organik untuk meningkatkan efisiensi pupuk N pada Ultisol Sitiung, Sumbar. Pages 319-330 in Subagyo, H., S. Sabihan, R. Shofiyati, A.B. Siswanto, F. Agus, Irawan, A. Rachman, dan Ropiq (eds). *Prosiding Kongres Nasional VI HITI: Penatagunaan Tanag Sebagai Perangkat Penataan Ruang Dalam Rangka Meningkatkan Kesejahteraan Rakyat*, Buku II. Jakarta 12-15 Desember 1995. HITI, Bogor.
- Stevenson, F.J. 1982. *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions*. John Wiley and Sons. New York.
- Suryadi. 2002. *Mineralisasi N Biomasa Vegetasi Dominan dari Tanah Berkapur di Malang Selatan; Tinjauan dari metode Inkubasi dan Komposisi Biomasa*. Skripsi. Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.
- Swift, M.J., Heal, O.W. and Anderson, J.M. 1979. *Decomposition in Terrestrial Ecosystems*. Studies in ecology vol 5. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK.372 p.
- Tate, K.R. 1985. Soil Phosphorus. In Vaughan, DPRD Kota Balikpapan dan R.E. Malcolm (eds). *Soil Organic Matter and Biological Activity*. Martinus Nijhott/DR. W. Junk Publishers Dordrecht.
- Widodo, M.W., S. Notodimedjo, P. Ngapuli, P.S. Winarto. 2000. Percobaan dan percontohan usaha ternak sapi perah dan polatanam ganda di Pacet dan Pujon. *Jurnal Ilmu-Ilmu Sosial (Social Sciences)*. 12 (2): 150-158.
- Widowati, 2009. Penataan Pertanaman dan Pemupukan Dalam Pola tanam Ganda Jagung-Ubi Kayu-Kedelai. *Agrivita*, 31 (3) :292-303.
- Wieder, D.O. and Lang, G. 1982. A critique of the analysis methods used in examining decomposition data obtained from litterbags. *Ecology* 63 :1636 – 1642.