

PERAN PUPUK KANDANG DALAM MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS TANAH DAN MENEKAN PENCEMARAN LINGKUNGAN

Mulyadi, Ali Pramono dan H.Suganda
Loka Penelitian Pencemaran Lingkungan Pertanian

ABSTRAK

Swasembada beras tercapai melalui program intensifikasi, diantaranya melalui penggunaan pupuk kimia dengan takaran tinggi, pemberantasan hama dan penyakit menggunakan pestisida kimia secara intensif. Namun demikian timbul dampak negatif akibat penggunaan bahan agrokimia secara intensif, yaitu terjadinya penurunan tingkat kesuburan dan produktivitas tanah, meningkatnya emisi gas rumah kaca seperti CH_4 , pencemaran logam berat dan residu pestisida dalam tanah dan produk pertanian. Hal tersebut dapat berakibat penolakan produk ekspor pertanian karena mengandung kontaminan yang melampaui batas yang aman untuk dikonsumsi. Pupuk kandang merupakan salah satu sumber bahan organik tanah yang berperan dalam memperbaiki kesuburan fisik, kimia maupun biologis tanah. Pemberian pupuk kandang bukan saja meningkatkan ketersediaan unsur nitrogen, fosfor, kalium, dan unsur mikro, tetapi juga ramah lingkungan diantaranya adalah pupuk rendah mengemisi gas metan. Pemakaian pupuk kandang mengemisi gas CH_4 lebih rendah dibandingkan bahan organik lain seperti jerami kering dan daun turi masing-masing 189, 412 dan 339 kg CH_4 /ha/musim. Kandungan logam berat dalam pupuk kandang lebih rendah dari pupuk buatan (SP 36 dan KCl merah). Kombinasi pupuk kandang dan pupuk anorganik dapat mengurangi kandungan logam berat, khususnya Cd dalam tanah. Pupuk kandang sebagai penyerap residu pestisida dalam tanah, bahan organik seperti pupuk kandang dapat berasosiasi secara erat dengan komponen anorganik tanah, dan memperbesar luas permukaan tanah karena struktur molekulnya yang porus. Oleh karena itu, peluang insektisida untuk kontak pertama kali dengan permukaan bahan organik sangat tinggi. Distribusi residu karbofuran pada profil tanah mengikuti pola distribusi karbon organik dan kandungan C organik tanah yang cenderung menyebabkan pengurangan mobilitas residu karbofuran dalam tanah.

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan membawa kemajuan pula di bidang pertanian. Pertanian modern merupakan pertanian yang dilengkapi dengan teknologi-teknologi baru, seperti pupuk dan pestisida kimia untuk meningkatkan

produksi pertanian. Djojosoewito (2000) cit Yulianto dan Kartaatmadja. (2002) menyatakan bahwa penerapan teknologi pertanian, khususnya pemakaian pupuk dan pestisida kimia apabila tidak dilakukan secara bijaksana dapat mengakibatkan hal-hal sebagai berikut : (1) merusak sumberdaya pertanian sehingga mengganggu keseimbangan ekologi tanah, turunnya persediaan hara dan bahan organik tanah, (2) residu pestisida melampaui ambang batas toleransi, (3) musuh alami hama semakin langka, (4) perubahan kekebalan hama tanaman sehingga dapat menimbulkan ledakan hama baru dengan daya serang yang lebih besar, dan (5) hasil pertanian bila dikonsumsi dapat menimbulkan berbagai macam penyakit karena residu pestisida yang tinggi.

Selanjutnya Sarlan dan Supriyadi. (1999) cit Supriyadi *et al.* (2002), menyatakan program intensifikasi dengan pemakaian pupuk anorganik takaran tinggi menyebabkan penggunaan pupuk organik menjadi terabaikan. Pemberian pupuk anorganik secara terus menerus dapat menyebabkan terjadinya ketidakseimbangan hara dalam tanah. Bahkan pemberian pupuk N anorganik dengan takaran tinggi dapat menimbulkan masalah seperti peningkatan kepekaan tanaman terhadap penyakit, meningkatkan gabah hampa, mutu beras menurun dan menimbulkan polusi terhadap lingkungan.

Dampak negatif terhadap lingkungan akibat pemakaian pupuk kimia secara terus menerus diantaranya adalah meningkatnya kandungan logam berat dalam tanah. Kandungan logam berat di dalam pupuk, dikhawatirkan akan terakumulasi dalam tanah dan terangkut tanaman melalui panen dan masuk ke dalam rantai makanan manusia. Kadar logam berat, khususnya Cd dari berbagai sumber pupuk kandang, jauh lebih rendah dari pupuk anorganik yang sering digunakan petani seperti SP 36 dan KCl merah. Agar produksi dapat dipertahankan dari pencemaran lingkungan pertanian dapat ditekan, maka pemupukan berimbang perlu dilakukan dengan cara pemakaian pupuk anorganik bersamaan dengan bahan organik.

Bahan organik yang ditambahkan akan berpengaruh terhadap tana, yaitu : (1) sebagai granulator, (dapat memperbaiki struktur tanah), (2) sumber unsur hara N, P, S, dan unsur mikro, (3) menambah kemampuan tanah dalam menahan air; dan (4) menambah kemampuan tanah menahan unsur-unsur hara (KTK tanah menjadi tinggi), serta sebagai sumber energi bagi mikroorganisme tanah, (Kartini, 2000). Selanjutnya Hesse. (1985), menyatakan unsur hara mikro seperti Mn, Cu, Zn dan Fe menjadi tersedia bagi tanaman dengan pemberian bahan organik. Bahan organik berupa pupuk kandang yang mengandung 0,03 dan 0,05% asam fulvik dapat meningkatkan hasil gabah masing-masing 56 dan 85%.

Selain itu pupuk kandang sangat berperan positif terhadap lingkungan, diantaranya: (1) mengemisi gas metan lebih rendah dari bahan organik lain

(Mulyadi, 2000 dan Wihardjaka *et al.*, 1999). Bahan organik berupa pupuk kandang yang sudah matang (terdekomposisi) dengan kadar C/N ratio rendah akan mengemisi gas metan lebih rendah, dan (2) sebagai pengabsorpsi residu pestisida dalam tanah. Residu pestisida lebih persisten pada tanah yang mempunyai kandungan bahan organik tinggi (tanah lempung) dibandingkan dengan tanah pasir. Bahan organik seperti pupuk kandang, diketahui dapat berasosiasi secara erat dengan komponen anorganik tanah, dan memperbesar luas permukaan tanah karena struktur molekulnya yang porous.

Tulisan ini merupakan review dari berbagai hasil penelitian yang mengupas tentang pupuk kandang, dalam hubungannya dengan produktivitas tanah, produksi pertanian dan pencemaran lingkungan.

KADAR HARA DALAM PUPUK KANDANG

Pemberian bahan organik berupa pupuk kandang (pukan) sangat diperlukan untuk memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Pukan mengandung unsur hara dengan konsentrasi yang bervariasi tergantung jenis ternak, makanan, umur dan kesehatan ternak. Biasanya petani selain mengusahakan lahan juga mengusahakan ternak, sehingga pupuk kandang merupakan komponen usahatani. Akan tetapi, pupuk kandang yang tersedia kurang mencukupi kebutuhan, sehingga perlu upaya agar penggunaannya dapat lebih kontinyu.

Abdurachman *et al.* (2000) dalam Suriadikarta *et al.* (2002), melaporkan bahwa pemberian beberapa jenis pupuk kandang sapi, kambing dan ayam dengan takarsan 5 t/ha pada tanah Ultisol Jambi nyata meningkatkan C-organik tanah, hasil jagung dan kedelai. Adapun kandungan hara pupuk kandang yang digunakan dalam penelitian tersebut disajikan pada Tabel 1. Pupuk kandang ayam mengandung hara Ca dan P masing-masing sebesar 6,09 dan 1,5%, lebih tinggi dari pukan sapi dan kambing, sedangkan pukan kambing mengandung C-organik, K dan Cu masing-masing sebesar 12,46; 0,47 dan 135% lebih tinggi dari pukan sapi dan ayam. Selanjutnya Tan (1993) cit Suriadikarta *et al.* (2002), melaporkan kandungan hara berbagai kotoran hewan yang berasal dari usahatani pertanian secara umum lebih rendah daripada pupuk kimia (Tabel 1). Oleh karena itu aplikasi dan pemberian pupuk kandang ini lebih besar dari pada pupuk anorganik.

Tabel. 1. Kandungan hara dalam pupuk kandang

Kandungan (%)	Pupuk kandang							
	Sapi ¹⁾	Kambing ¹⁾	Ayam ¹⁾	Sapi perah ²⁾	Sapi daging ²⁾	Kuda ²⁾	Unggas ²⁾	Domba ²⁾
Kadar air	34,15	55,83	4,87	-	-	-	-	-
N-Kjedahl	0,26	0,73	0,53	0,53	0,65	0,70	1,50	1,28
P	0,07	0,56	1,56	0,35	0,15	0,10	0,77	0,19
K	0,19	0,47	0,10	0,41	0,30	0,58	0,89	0,93
Ca	0,14	1,85	6,09	0,2.8	0,12	0,79	0,30	0,59
Mg	0,10	0,40	0,28	0,11	0,10	0,14	0,88	0,19
Na	0,05	0,03	0,05	-	-	-	-	-
Fe	43,75	17,62	18,26	0,004	0,004	0,010	0,100	0,020
S	-	-	-	0,05	0,09	0,07	0,00	0,09
Mn	130	378	450	-	-	-	-	-
Cu	38	135	56	-	-	-	-	-
Zn	137	208	295	-	-	-	-	-
C-organik	9,46	12,46	10,98	-	-	-	-	-
C/N organik	36	17	21	-	-	-	-	-

Sumber : ¹⁾ Abdulrachman *et al.*, (1999) cit Suriadikarta *et al.*, (2002)

²⁾ Tan, (1993) cit Suriadikarta *et al.*, (2002)

PERANAN PUPUK KANDANG TERHADAP PRODUKTIVITAS TANAH

Lahan sawah tadah hujan di Jawa Tengah khususnya dikabupaten Pati dan Rembang bertekstur ringan pada lapisan olah, kandungan C-organik rendah dan kation dapat dipertukarkan rendah, khususnya kalium. Di beberapa areal pertanian padi tanpa aplikasi kalium sulit untuk mendapatkan hasil tinggi. Beberapa petani yang sudah terbiasa menggunakan pupuk kandang dapat mengurangi masalah yang berhubungan dengan kondisi kesuburan tanah rendah, khususnya defisiensi kalium (Tirtoutomo *et al.*, 2000).

Pupuk kandang merupakan salah satu sumber bahan organik tanah yang sangat berperan dalam memperbaiki kesuburan tanah baik secara fisik, kimia maupun biologis. Pemberian pupuk kandang dalam jumlah yang cukup akan meningkatkan ketersediaan unsur makro seperti nitrogen, fospor, kalium dan unsur mikro sehingga dapat memperbaiki pertumbuhan tanaman (Supriyadi *et al.*, 2002). Hal yang sama juga disampaikan Agus. (1999), bahwa penggunaan pupuk kandang 10-15 t/ha dapat menyumbangkan hara sebanyak 26 kg N, 60 kg P dan 10 kg K, sehingga dapat mensuplai sebagian kebutuhan hara bagi tanaman.

Pemberian bahan organik bokashi atau yang lain ditambah pupuk buatan takaran rendah dapat meningkatkan populasi *Actinomycetes*, sebaliknya jika pemberian NPK tinggi justru menurunkan populasi *Actinomycetes*. Peningkatan pupuk kimia akan mengganggu keseimbangan mikroorganisme tanah, sehingga

pada beberapa keadaan, pemberian pupuk anorganik justru menekan pertumbuhan *Actinomyces*.

Bahan organik yang diberikan ke dalam tanah akan terdekomposisi, sehingga meningkatkan C dan N-organik tanah. Pemberian pupuk kandang sebanyak 10 t/ha dengan meningkatkan kandungan C-organik, N-organik, P dan KTK, yang semula masing-masing sebesar 1,60%; 0,14%; 91,58 ppm P_2O_5 dan 11,51 m.e/100g, meningkat menjadi 1,84%; 0,17%; 103,74 ppm P_2O_5 dan 12,92 m.e/100g, (Nursyamsi *et al.*, 1995).

Pupuk kandang yang ditambahkan ke dalam tanah dapat mendorong agregasi tanah, mengurangi berat isi atau kepadatan tanah (Hafez, 1977). Dengan terbentuknya agregat-agregat tanah dengan ukuran butir yang cukup besar akan menghasilkan porositas tanah yang tinggi dan akan memperbesar daya serap tanah terhadap air (Prayoto dan Herujito, 1989 cit Indrawati, 2000). Pembenaan bahan organik pada tanah Regosol Mojosari terbukti dapat mengurangi berat isi tanah rata-rata 30% di lapisan atas (0-20 cm) dan 16% di lapisan bawah (20-40 cm), serta meningkatkan kapasitas tanah menahan air rata-rata 18% di lapisan atas dan rata-rata 19% di lapisan bawah (Tabel 2).

Tabel 2. Berat isi tanah dan kapasitas tanah menahan air pada berbagai pemberian bahan organik tanah Regosol Mojosari

Jenis bahan organik	Berat isi tanah (g/cm^3)		Kapasitas tanah menahan air (%)	
	Lapisan atas (0-20 cm)	Lapisan bawah (20-40 cm)	Lapisan atas (0-20 cm)	Lapisan bawah (20-40 cm)
Kompos crotalaria	0,67	0,94	38,9	33,1
Kompos sekam	0,58	0,77	44,1	37,8
Kompos jerami	0,67	0,84	42,9	33,5
Pupuk kandang	0,84	1,10	34,8	31,1
Tanpa bahan organik	0,99	1,11	34,1	28,6

Sumber : Indrawati, 2000.

Hasil jagung dan kedelai meningkat nyata karena pemberian pupuk kandang (Tabel 3). Semakin tinggi takaran pupuk kandang yang diberikan masih terjadi peningkatan hasil. Di antara jenis pupuk kandang terlihat bahwa pupuk kandang ayam dapat meningkatkan hasil jagung sangat nyata. Hal ini karena adanya suplai hara P dari pupuk kandang, sedangkan perbedaan jenis pukan tidak terlihat mempengaruhi hasil kedelai.

Tabel 3. Rata-rata hasil pipilan kering jagung dan kedelai pada penelitian pemberian berbagai jenis dan takaran pupuk kandang

Takaran pupuk	Pukan sapi		Pukan kambing		Pukan ayam		Rata-rata	
	Jagung 97/98	Kedelai 98/99	Jagung (97/98)	Kedelai (98/99)	Jagung (97/98)	Kedelai (98/99)	Jagung (97/98)	Kedelai (98/99)
t/ha	(t/ha)							
0	1,37	0,87	1,48	0,93	1,52	0,86	1,46 a	0,89 a
5	2,98	1,31	2,04	1,26	2,38	1,26	2,47 b	1,25 b
10	3,05	1,37	3,14	1,28	2,74	1,32	2,98 b	1,35 b
20	3,45	1,43	2,89	1,47	3,63	1,47	3,32 c	1,45 c
Rata-rata	2,71A*	1,24A	2,38A	1,24A	3,16A	1,23A		

* Angka rata-rata dalam kolom atau baris yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 0,05 uji Duncan

Sumber : Abdurachman *et al.*, (1999) cit Suriadikarta *et al.* (2002).

PUPUK KANDANG RENDAH EMISI METAN

Emisi gas CH_4 dari lahan sawah dan berbagai sumber lainnya di bumi, lambat laun dapat membentuk suatu lapisan pemancar panas di atmosfer (efek rumah kaca), sehingga dapat menyebabkan pemanasan bumi secara global. Ini akan memberi dampak buruk terhadap pertanian antara lain mempercepat evapotranspirasi, kegiatan fotosintesis tanaman, yang selanjutnya dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil pertanian. Gas metan lepas ke atmosfer melalui degradasi anaerobik bahan organik (Biogenik) dan nonbiogenik, (Cicerone dan Ortemland, 1988).

Bahan organik merupakan sumber terbentuknya gas metan, terutama bahan organik berasal dari bahan organik tanah, sisa-sisa tanaman dan bahan organik yang sengaja diberikan ke dalam tanah. Nisbah C/N yang tinggi dari bahan organik berkaitan erat dengan perkembangan bakteri methanogen dalam memproduksi CH_4 . Makin banyak bahan organik yang diberikan ke dalam tanah, akan semakin besar peluang terbentuknya gas metan (Partohardjono, 2002).

Pupuk kandang yang sudah matang (terdekomposisi) sempurna dengan C/N ratio rendah, akan mengemisi gas metan lebih rendah. Hasil penelitian pada tanah sawah, menunjukkan pemberian pupuk kandang 10 t/ha dapat mengemisi gas CH_4 sebesar 189 kg/ha/musim, jauh lebih rendah dibandingkan jerami kering dan pupuk hijau daun turi masing-masing sebesar 412 dan 339 kg CH_4 /ha/musim (Wiwardjaka *et al.*, 1999). Untuk menurunkan C/N rasio yang tinggi pada bahan organik, perlu didekomposisikan dahulu dengan cara dikomposkan. Pupuk kompos mampu menekan emisi gas CH_4 rata-rata sebesar 16,7 dan 12,9% dibandingkan dengan jerami dan pupuk kandang. Selanjutnya pada musim kedua,

residu dari kompos mampu menekan gas CH_4 yang lebih besar dibandingkan dengan jerami, pupuk kandang dan kontrol masing-masing sebesar 103,7, 123,9 dan 44,5%, (Poniman, 2003).

Kombinasi antara pupuk kandang dan ZA pada cara olah tanah tanpa (TOT), rata-rata mengemisi gas CH_4 lebih yang rendah dibandingkan dengan jerami dan ZA maupun dengan pupuk ZA saja, masing-masing sebesar 399, 728 dan 413 gr/m²/hari. Demikian pula pada olah tanah OTS, pupuk kandang dan ZA mengemisi gas CH_4 lebih rendah dibandingkan dengan pemberian jerami dan ZA dan lebih rendah lagi bila dipupuk ZA saja, masing-masing sebesar 1100, 2066 dan 1004 g/m²/hari (Mulyadi, 2000). Dengan demikian pemberian pupuk kandang yang sudah terdekomposisi (matang), selain dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil padi di lahan sawah tadah hujan juga dapat menurunkan emisi gas CH_4 .

LOGAM BERAT DALAM PUPUK KANDANG

Sebagai salah satu input produksi, pupuk anorganik berpotensi mencemari lingkungan lahan pertanian bila pemakaiannya tidak bijaksana. Kandungan logam berat di dalam pupuk yang diaplikasikan ke lahan pertanian dikhawatirkan akan terakumulasi dalam tanah dan terserap oleh tanaman dan masuk ke dalam rantai makanan manusia. Kandungan logam berat, khususnya Cd dari berbagai sumber pupuk kandang, jauh lebih rendah dari pupuk anorganik yang sering digunakan petani seperti SP 36 dan KCl merah (Tabel 4).

Upaya melakukan pemupukan melalui kombinasi pupuk anorganik dengan pupuk organik seperti pupuk kandang sangatlah tepat. Selain akan meningkatkan efisiensi pemakaian pupuk anorganik, juga mengurangi kandungan logam berat khususnya Cd dalam tanah. Hal ini sangatlah penting karena mobilitas Cd dalam tanah lebih besar dibandingkan Pb dan Cu, sehingga Cd lebih mudah diserap tanaman. Persaingan dengan logam lain seperti Pb, Ni, Cu, Cr dan Co dalam tanah serta pengkhelatan Cd dengan senyawa organik akan menghambat penyerapan Cd.

PUPUK KANDANG SEBAGAI PENJERAP RESIDU PESTISIDA

Meningkatnya penggunaan pestisida menimbulkan dampak negatif terhadap ekosistem pertanian, dan dapat menurunkan populasi mikroba di dalam tanah. Tinggi rendahnya kandungan bahan organik tanah sangat mempengaruhi dinamika dan persistensi residu pestisida, karena akan mempengaruhi proses difusi, pencucian dan volatilisasi residu pestisida dalam tanah (Noegrohati, 1992).

Tabel 4. Kadar P_2O_5 dan logam berat dari pupuk anorganik dan pupuk organik

Jenis pupuk	P_2O_5		Logam berat		
	Asam sitrat	Total	Cd	Cr	Pb
	----- % -----		-----ppm-----		
RP Powder	-	-	7	-	10
RP Christmas hijau	15,02	28,14	41	375	89
RP Christmas biru	18,78	35,36	50	269	tu
RP Christmas	10,84	32,47	38	-	60
RP Tunisia	24,32	32,54	76	182	42
RP Senegal	10,96	35,58	113	-	55
RP Maroko	11,91	31,16	57		113
RP Minang A	-	-	40		50
RP Minang C	-	-	tu		43
RP Minang D	-	-	97		60
RP Minang E	-	-	16		41
RP China Huinan	11,48	29,84	3		tu
RP China Guizhou	11,02	31,84	2		tu
RP Vietnam	7,35	35,16	tu	33	tu
RP Mesir	14,62	31,68	9	120	tu
RP Algaria	13,98	27,64	30	452	6
RP Jordan	12,68	30,66	5	344	tu
RP Maroko	15,13	30,67	75	164	tu
RP Senegal	8,39	22,26	79	315	tu
RP Togo	14,62	27,62	53	436	tu
RP Ciamis 1	29,40	35,51	28	20	tu
RP Ciamis 2	20,84	23,23	58	-	58
RP Sukabumi	9,05	9,10	65	-	65
RP Cileungsi	13,35	13,62	tu	-	tu
SP 36	33,80	36,29	11	4	tu
KCl putih	-	51,1%K	tu	0,65	tu
KCL merah	-	51,8%K	0,82	0,36	tu
Pupuk kandang ayam	-	-	0,11	33	11
Pupuk kandang domba	-	-	0,44	67	9
Pupuk kandang kambing	-	-	tu	44	4
Pupuk kandang kuda	-	-	0,22	78	8
Pupuk kandang sapi	-	-	0,22	122	24

Sumber: Setyorini *et al.*, 2003.

Residu pestisida lebih persisten pada tanah yang mempunyai kandungan bahan organik tinggi (tanah lempung) dibandingkan dengan tanah pasir. Bahan organik seperti pupuk kandang, diketahui dapat berasosiasi secara erat dengan komponen anorganik tanah, dan memperbesar luas permukaan tanah karena struktur molekulnya yang porous. Oleh karena itu peluang insektisida untuk kontak pertama kali dengan permukaan bahan organik sangat tinggi. Distribusi residu karbofuran pada profil tanah mengikuti pola distribusi karbon organik dan kandungan C-organik tanah yang cenderung menyebabkan pengurangan mobilitas residu karbofuran dalam tanah (Fermanich dan Daniel, 1991 cit Marmer, 2000).

Hasil penelitian pengukuran residu karbofuran dalam limpasan permukaan dan perkolasi disajikan dalam Tabel 5. Pemberian pupuk kandang dan blotong pada tanah Andisol di Cagar dan Tulungrejo berpengaruh sangat nyata meningkatkan adsorpsi karbofuran dalam bahan organik, sehingga mengakibatkan residu karbofuran dalam limpasan permukaan dan perkolasi menjadi lebih rendah dibandingkan dengan tanpa bahan organik.

Tabel 5. Pengaruh pemberian pupuk kandang dan blotong terhadap residu karbofuran melalui limpasan permukaan dan perkolasi.

Perlakuan	Pestisida terangkut (mg/m ²)		
	Limp. permukaan	Perkolasi	Jumlah
Tanah Andisol I + tanpa bahan organik	78,85	6,31 d *	85,16
Tanah Andisol I + pupuk kandang	56,75	2,06 a	58,81
Tanah Andisol I + blotong	71,05	2,09 a	73,14
Tanah Andisol II + tanpa bahan organik	147,71	9,83 e	157,54
Tanah Andisol II + pupuk kandang	113,36	4,82 b	118,18
Tanah andisol II + blotong	137,95	5,03 c	142,98
BNT 0.05	1.08	0,073	

Nilai dalam kolom yang sama yang didampingi huruf berbeda, berbeda nyata dengan BNT 0.05

DAFTAR PUSTAKA

Agus, F. Kontribusi bahan organik untuk meningkatkan produksi pangan pada lahan kering bereaksi masam. Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Lahan. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor. p. 9-11.

Cicerone, R.J., dan R.S. Oremland. 1998. Biogeochemical aspects of atmospheric methane. *Global Biogeochem. Cycles* 2:299-327

- Hafez, A.A.R. 1977. Comparative changes in soil physical properties induced by all mixture of manures from various domestic animals. *Soil Sci.* 118:53-59.
- Hesse, P.R. 1985. Potential of organic materials for soil improvement. p. 35-44. *In: Organic Matter and Rice*. International Rice Research Institute. Los Banos Laguna Philippines.
- Indrawati, 2000. Pengolahan tanah dan penambahan bahan organik tanah dalam peningkatan tanah menahan air. *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian dalam Upaya Mendukung Ketahanan Pangan Nasional*. Puslitbang. Sosial Ekonomi Pertanian. Bogor. p. 64-69.
- Kartini, N. L. 2000. Pertanian organik sebagai pertanian masa depan. *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian dalam Upaya mendukung Ketahanan Pangan Nasional*. Puslitbang Sosial Ekonomi Pertanian. Bogor. p. 98-105
- Marmer, W. 2000. Pengaruh bahan organik terhadap persisten karbofuran dalam tanah, residu dalam limpasan permukaan dan perkolasi pada tanah Andisol. *Prosiding Seminar Nasional Olah Tanah dan Konservasi Fak. Pert. UPN "Veteran" Yogyakarta*. p. 114-125.
- Mulyadi. 2000. Upaya menekan emisi gas metan pada padi gogorancan melalui cara pengolahan tanah dan pemberian bahan organik. *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian Dalam Upaya Mendukung Ketahanan Pangan Nasional*. Bogor, 2000
- Noegrohati, S. 1992. *Petunjuk Laboratorium Analisis Pestisida Organoklorin*, PAU-Bioteknologi, Universitas Gajah Mada Yogyakarta.
- Nursyamsi, D., O, Soepandi., D. Erfandi, Sholeh, dan I.P.G. Widjaja-Adhi. 1995. Penggunaan bahan organik, pupuk P dan K untuk meningkatkan produktivitas tanah Podsolik. *Risalah Seminar Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat*. No.2. 1995. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat.

- Tirtoutomo, S., S. Abdurachman, A. Wihardjaka, dan G.J.D. Kirk. 2000. Dinamika kalium pada kondisi intensifikasi dan diversifikasi dalam usahatani berbasis padi. Prosiding Seminar Nasional Budidaya Tanaman Pangan Berwawasan Lingkungan. Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor. p. 126-140.
- Partohardjono, 2002. Pengelolaan lahan sawah irigasi dalam menekan emisi gas metan. Prosiding Seminar Nasional Membangun Sistem Produksi Tanaman Pangan Berwawasan Lngkungan.Puslitbang Tanaman Pangan.Bogor. p. 37-42
- Poniman, 2003. Pertanian ramah lingkungan : Kenyataan dan harapan. Prosiding Seminar Nasional Peningkatan Kualitas Lingkungan dan Produk Pertanian. Puslitbang Tanah dan Agroklimat. Bogor. p. 219-230.
- Setyorini, D., Suparto dan Sulaeman. 2003. Kadar logam berat dalam pupuk. Prosiding Seminar Nasional Peningkatan Kualitas Lingkungan dan Produk Pertanian. Puslitbang Tanah dan Agroklimat. Bogor. p. 219-230.
- Supriyadi, S. Abdurachman, I. Yuliardi dan Pahim, 2002. Pemupukan berimbang pada tanaman padi di lahan awah irigasi dan tadah hujan. Prosiding Seminar Nasional Membangun Sistem Produksi Tanaman Pangan Berwawasan Lngkungan.Puslitbang Tanaman Pangan.Bogor. p. 139-144.
- Suriadikarta, D.A., T. Prihatini., D. Setyorini, dan W. Hartatik. 2002. Teknologi pengelolaan bahan organik tanah. Teknologi Pengelolaan Lahan Kering Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan. Puslitbang Tanah dan Agroklimat. Bogor p. 183-238.
- Wihardjaka, A., P. Setyanto dan A.K.Makarim. 1999. Pengaruh penggunaan bahan organik terhadap hasil padi dan emisi gas metan pada lahan sawah. Risalah Seminar Hasil Penelitian Emisi Gas Rumah Kaca dan Peningkatan Produktivitas Padi diLahan Sawah. Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor. p. 44-53.
- Yulianto dan S. Kartaatmadja. 2002. Pengembangan teknologi produksi padi ramah lingkungan di lahan sawah irigasi. Prosiding Seminar Nasional

Membangun Sistem Produksi Tanaman Pangan Berwawasan
Lingkungan. Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor. p. 153-165.

Standarisasi

Cat