

PENGARUH RESIDU PUPUK ORGANIK DAN NPK TERHADAP PERUBAHAN DAN KONDISI TANAH VERTISOL NGAWI PADA TANAMAN KEDELAI

**Henny Kuntastuti, Andy Wijanarko, R.D. Purwaningrahyu,
dan Abdullah Taufiq**

Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian, Malang

ABSTRAK

Upaya meningkatkan produksi tanaman pangan mengarah pada kondisi ramah lingkungan, dan lebih banyak menekankan keseimbangan antara penggunaan pupuk anorganik dengan pupuk organik yang didasarkan atas kemampuan lahan menyediakan kebutuhan hara bagi tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh residu pupuk organik dan anorganik NPK terhadap sifat fisik dan kimia tanah serta hasil kedelai di lahan sawah Vertisol Ngawi. Penelitian dilaksanakan di lahan sawah Vertisol KP. Ngale Kabupaten Ngawi sejak tahun 2006 hingga 2007. Pada MK 2006, percobaan kedelai (tanaman I) diulang tiga kali menggunakan rancangan acak kelompok dengan sembilan perlakuan kombinasi pupuk anorganik NPK, pupuk kandang dan jerami padi. Setelah panen kedelai, lahan ditanami padi (tanaman II) pada MH 2006/2007, kemudian ditanami kedelai (tanaman III) pada MK 2007. Pada makalah ini yang dibahas adalah tanaman kedelai pada MK 2007 serta hasil analisis tanah sebelum tanam dan setelah panen kedelai. Hasil penelitian menunjukkan, bahwa pada lahan sawah Vertisol Ngawi setelah dua musim tanam kedelai-padi (1) residu pupuk organik dan anorganik NPK meningkatkan serapan unsur hara makro 25–76%, tetapi tidak meningkatkan hasil kedelai, dengan rata-rata hasil 1,74 t/ha, (2) residu pupuk kandang 5 t/ha + jerami padi 5 t/ha dibakar meningkatkan penetrasi tanah 60 N/cm², menurunkan (Ca,Mg)-P 31%, dan meningkatkan (Fe,Al)-P terselubung 132% dan (3) residu pupuk kandang 5 t/ha dapat mengurangi jerapan unsur P dalam bentuk Al-P dan Fe-P (mengurangi Al-P dan Fe-P 45%) dibanding jerami padi 5 t/ha dibakar (mengurangi Al-P 18% dan Fe-P 19%). Setelah tiga musim tanam kedelai-padi-kedelai, maka (1) residu pupuk kandang 5 t/ha + jerami padi 5 t/ha dibakar meningkatkan kadar C-organik dari 1,74% menjadi 2,12%, (2) budidaya kedelai meningkatkan kadar C-organik, K dan Ca sebesar 32%, 75% dan 45% yaitu menjadi 1,78%, 0,42 me K/100 g dan 57,6 me Ca/100 g setelah panen kedelai, (3) residu pupuk kandang 5 t/ha atau jerami padi 5 t/ha dibakar meningkatkan kadar K dari harkat sedang (0,45 me K/100 g) menjadi harkat tinggi (0,62 me K/100 g), dan (4) residu pupuk anorganik NPK menurunkan porositas tanah dari 89% menjadi 73–76%, diikuti oleh penurunan konduktivitas hidraulik jenuh atau penurunan kecepatan aliran air dalam kondisi jenuh.

Kata kunci: kedelai, Vertisol, residu pupuk organik dan anorganik

ABSTRACT

Residual Effect Of Npk Fertilizer And Organic On Soybeans In Vertisol, Ngawi.

Efforts to increase food crop production is focused on environmentally friendly conditions, and more concerned about the balance between the use of inorganic fertilizers with organic fertilizers based on the ability of land to provide nutrients to the plants needs. This study aims to evaluate the residual effect of organic and inorganic NPK fertilizer on soil physical and chemical properties and soybean yields in Vertisol wetland Vertisol, Ngawi. The experiments were conducted at Ngale Experimental station, Ngawi district in Vertisol wetland from 2006

to 2007. In the dry season 2006, soybean (plant I) were planted using a randomized block design was repeated three times with nine treatment combinations of NPK inorganic fertilizer with manure and rice straw. After soybean harvest, land planted with rice (crop II) in the rainy season 2006/2007, then planted with soybeans (crop III) on the dry season 2007. In this paper we discussed the soybean crop in the dry season 2007 and the results of the analysis of the soil before planting and after harvest of soybeans. The results showed that the wetland Vertisol in Ngawi after two soybean-rice growing season (1) residuals of organic and inorganic fertilizer NPK macro-nutrients increases absorption 25–76%, but did not increase the yield of soybean, soybean yields an average of 1.74 t/ha, (2) manure residues 5 t/ha rice straw + 5 t/ha burned N/cm² increase the penetration of the soil, reduce (Ca, Mg)-P 31%, and increase the (Fe, Al)-P covered 132%, and (3) residual manure 5 t / ha better effect to reduce the element of P sorption in the form of Al-P and Fe-P (reduced Al-P and Fe-P 45%) compared to rice straw 5 t/ha burned (reducing the Al-P and Fe-18% P 19%). After three seasons of soybean-rice-soybean (1) residual manure 5 t/ha rice straw + 5 t/ha burnt-increasing levels of organic C from 1.74% to 2.12%, (2) increasing levels of soybean cultivation C-organic, K and Ca by 32%, 75% and 45% to 1.78%, 0.42 me K/100 g and 57.6 g Ca/100 me after soybean harvest, (3) residual manure 5 t/ha or rice straw 5 t/ha burnt increase levels of dignity was an element of K (0.45 me K/100 g) to a high status (0.62 me K/100 g) and (4) residues of inorganic fertilizers NPK reduce soil porosity of 89% to 73–76%, followed by a decrease in saturated hydraulic conductivity or decreased water flow rate in a saturated condition.

Keywords: soybean, Vertisol, organic fertilizer and inorganic residues

PENDAHULUAN

Akhir-akhir ini telah terjadi perubahan pendekatan dalam upaya meningkatkan produksi tanaman pangan. Selama ini peningkatan produksi lebih ditekankan pada penggunaan pupuk anorganik, karena mudah, praktis dan tersedia, serta varietas unggul responsif terhadap pemberian pupuk. Pada masa sekarang dan mendatang, upaya tersebut lebih menekankan pada keseimbangan antara penggunaan pupuk anorganik dan organik sehingga lebih ramah lingkungan. Efisiensi dan efektivitas pengelolaan hara mengacu pada keberlanjutan daya dukung lahan menjadi suatu keharusan. Bahan organik harus menjadi prioritas utama dalam pengelolaan untuk mempertahankan sistem pertanian berkelanjutan. Pengelolaan residu tanaman menjadi sangat penting dalam aspek kesuburan tanah jangka panjang pada suatu pola tanam. Pembenanisan sisa tanaman dapat mengubah proses mikrobial dalam tanah, sehingga mempengaruhi ketersediaan hara dan akhirnya hasil tanaman (Devevre & Horwath 2000).

Pengelolaan hara berbasis bahan organik memberi keuntungan sebagai berikut: (1) dapat meningkatkan kemampuan menahan air (Prayoto & Herudjito 1989) (Mather *et al.* 1977), (2) dapat menaikkan pH tanah dan menambah ketersediaan hara Mg, P, K serta meningkatkan kapasitas tukar kation (Lund & Doss 1980), (3) memperbaiki sifat fisik, kimia dan aktivitas biologi tanah. KTK tanah sangat penting dalam proses serapan unsur hara dan pergerakan ion dan KTK tanah sangat berkorelasi dengan kadar karbon organik dan fraksi liat tanah (Gao & Chang 1996).

Penggunaan pupuk organik bermanfaat bagi perkembangan tanah dan tanaman. Pembenanisan pupuk organik berupa jerami, kompos, bokasi, dan pupuk kandang dapat meningkatkan agregat tanah. Koloid organik sebagai hasil perombakan bahan organik

oleh jasad renik tanah dan cairan yang dikeluarkan oleh jasad renik tersebut berfungsi sebagai perekat partikel-partikel tanah menjadi butir-butir tanah.

Pada tanah Asosiasi Regosol/Latosol dan Aluvial kelabu, kombinasi pupuk organik dan pupuk anorganik tidak mempengaruhi pertumbuhan dan hasil kedelai setelah padi (Suhartina *et al.* 1996). Sebaiknya pada tanah Alfisol dengan kadar C-organik rendah, penambahan kotoran ayam 10 t/ha meningkatkan hasil kedelai 0,25 t/ha (Kuntyastuti 1996). Di lahan sawah, akibat penggunaan pupuk anorganik yang cukup tinggi setiap tahun, disinyalir telah terjadi penumpukan beberapa unsur hara terutama P dan K (Partohardjono 1994). Hal ini menyebabkan tanaman kedelai kurang atau tidak respon terhadap pemupukan NPK (Harnowo 1998; Kuntyastuti 1996; Suhartina *et al.* 1996). Respon tanaman terhadap pemberian pupuk dan bahan organik terjadi pada lahan yang kahat hara tertentu, misalnya kalium atau sulfur (Kuntyastuti & Susanto 2001). Pengaruh negatif dari penggunaan pupuk anorganik, perlu diatur melalui upaya perbaikan kondisi fisik dan kimia tanah. Oleh karena itu penggunaan pupuk organik sebagai substitusi pupuk anorganik perlu diteliti lebih seksama.

Pembenaman arang sekam, kompos jerami dan kompos bagas 5–20 t/ha pada saat pengolahan tanah untuk padi di tanah Entisol KP. Kendalpayak, Malang tidak meningkatkan kadar C-organik dan unsur hara makro setelah panen padi (tanaman I), tetapi meningkatkan kadar unsur P, K, Ca dan Mg tanah setelah panen kedelai (tanaman II) dan tidak meningkatkan hasil kedelai (Kuntyastuti 2003; Kuntyastuti & Riwanodja 2004). Setelah empat musim tanam, residu pupuk organik menurunkan pH tanah 0,35–0,55, meningkatkan kadar C-organik, hara N, P dan K serta hasil kedelai (Adisarwanto *et al.* 2003). Oleh karena itu, evaluasi pengaruh residu pupuk terhadap dinamika unsur hara dalam tanah dan produktivitas tanaman sebaiknya dilakukan selama beberapa musim tanam.

Pemberian langsung dan residu ZKK (merk dagang pupuk yang merupakan sumber zeolit) tidak mempengaruhi hasil kedelai, kacang hijau dan kacang tanah selama empat musim tanam berturut-turut pada pola tanam kedelai–kedelai–kacang hijau–kacang tanah. Pada tanaman ke-5 (kacang hijau) residu ZKK 5 t/ha meningkatkan hasil kacang hijau. Sebaliknya, pemberian langsung dan residu kotoran ayam + bagas tidak meningkatkan hasil tanaman ke-1 dan ke-2 (kedelai–kedelai) serta tanaman ke-4 dan ke-5 (kacang tanah dan kacang hijau). Residu kotoran ayam 40 t + bagas 20 t/ha meningkatkan hasil kacang hijau (tanaman ke-3) sebesar 0,2 t/ha (Kuntyastuti 2000; 2001).

Kedelai dapat memanfaatkan sisa pupuk yang tidak digunakan tanaman sebelumnya (Pasaribu & Suprpto 1993). Oleh karena itu pemupukan pada kedelai belum perlu dilakukan pada tanah sawah yang mengandung cukup unsur hara residu dari tanaman padi. Menurut Soemarno dan Suyamto (1991), tanaman kedelai lebih tanggap terhadap residu pupuk dibandingkan pemupukan langsung. Upaya yang dilakukan untuk meningkatkan produktivitas kedelai adalah dengan melakukan pengelolaan lahan dan hara secara terpadu. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh residu pupuk organik dan anorganik terhadap tanah dan tanaman kedelai di lahan sawah Vertisol, Ngawi.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di lahan sawah Vertisol KP. Ngale, Kabupaten Ngawi mulai MK 2006 sampai dengan MK 2007 dengan pola tanam kedelai-padi-kedelai. Pada makalah ini yang dibahas adalah tanaman kedelai pada MK 2007 serta analisis tanah sebelum tanam dan setelah panen kedelai.

Pada MK 2006, kedelai (tanaman I) ditanam menggunakan rancangan acak kelompok tiga ulangan dengan sembilan perlakuan kombinasi pupuk anorganik NPK, pupuk kandang, dan jerami padi (Tabel 1) (Purwaningrahayu *et al.* 2011). Setelah panen kedelai, lahan ditanami padi (tanaman II) pada MH 2006/2007, kemudian ditanami kedelai varietas Sinabung (tanaman III) pada MK 2007.

Tabel 1. Pengaruh residu kombinasi pupuk organik dan anorganik NPK terhadap sifat kimia tanah (kedalaman 0–20 cm) setelah dua musim tanam sebelum tanam kedelai (tanaman III) di lahan sawah Vertisol Ngawi, MK 2007

Perla Kuan	pH		N	CO	P ₂ O ₅	SO ₄	K	Na	Ca	Mg	P-tot	K-tot
	H ₂ O	KCl	(%)		(ppm)		(me/100 g)			(mg/100 g)		
1	6,5	5,5	0,07	1,39	31,9	27,0	0,27	0,57	38,9	8,05	13,2	29,4
2	6,7	6,4	0,07	1,20	18,3	28,0	0,22	0,47	35,6	7,93	7,6	19,7
3	6,6	6,4	0,06	1,33	26,5	39,1	0,19	0,52	38,6	7,94	10,5	21,9
4	6,6	6,4	0,06	1,44	34,5	31,3	0,29	0,57	39,2	7,84	30,1	25,2
5	6,6	6,5	0,07	1,41	36,2	28,0	0,32	0,50	38,4	8,22	16,7	16,5
6	6,6	6,4	0,07	1,29	25,0	29,3	0,22	0,60	42,2	8,20	10,6	24,1
7	6,6	6,1	0,07	1,37	30,9	33,5	0,18	0,60	38,7	8,07	11,6	30,7
8	6,4	6,0	0,06	1,35	27,3	26,7	0,22	0,43	39,2	8,25	10,4	11,1
9	6,6	5,9	0,07	1,39	31,4	32,4	0,23	0,47	45,2	8,12	17,1	20,8
Rerata	6,6	6,2	0,07	1,35	29,1	30,6	0,24	0,53	39,6	8,07	14,2	22,2

Keterangan perlakuan:

Kontrol (tanpa pupuk)

50 kg ZA + 50 kg SP-36 + 100 kg KCl/ha

50 kg ZA + 50 kg SP-36 + 100 kg KCl + 5000 kg pupuk kandang/ha

50 kg ZA + 50 kg SP-36 + 100 kg KCl/ha + 5000 kg jerami padi/ha dibakar

50 kg ZA + 50 kg SP-36 + 100 kg KCl + 5000 kg pukan + 5000 kg jerami padi/ha dibakar

5000 kg pupuk kandang/ha

5000 kg jerami padi/ha dibakar

5000 kg pupuk kandang + 5000 kg jerami padi/ha dibakar

50 kg ZA + 5000 kg jerami padi/ha dibakar

Setelah panen padi, tanah tidak diolah. Benih kedelai dicampur insektisida karbo-sulfan, ditanam pada petak berukuran (3,2 m + 3,2 m) x 8 m (16 baris x 80 lubang), jarak tanam 40 cm x 10 cm, dua tanaman/rumpun. Ukuran petak yang dimaksud berupa dua bedengan selebar 3,2 m (untuk 8 baris tanaman) dipisahkan oleh saluran drainase selebar 20 cm sedalam 25 cm. Penjarangan atau penyulaman dilakukan pada umur 10 hari setelah tanam (HST) dan disisakan dua tanaman/rumpun. Pengairan dilakukan 20 hari sekali. Pengendalian hama dan penyakit dilakukan intensif.

Sebelum tanam dan setelah panen kedelai dilakukan pengambilan contoh tanah untuk undisturbed (soil sample), untuk analisis sifat fisik tanah, yaitu air tersedia, porositas dan penetrasi tanah, dan contoh tanah komposit untuk analisis sifat kimia tanah, yaitu pH, C-organik, kadar N, P, K, Na, Ca, Mg dan S. N, P, K, Ca, Mg dan S diukur pada fase berbunga penuh (umur 45 HST). Empat rumpun tanaman dalam satu baris di luar plot panen, diambil, dicuci dan dikeringkan. Pengambilan contoh tanaman

menggunakan sekop agar akar terambil utuh. Tanaman kedelai dipanen menggunakan sabit pada saat 95% polong sudah berwarna coklat dan daun rontok, sedangkan tanaman contoh untuk pengamatan komponen hasil diambil dengan cara dicabut. Pengamatan tinggi tanaman, jumlah polong isi dan hampa, bobot 100 butir biji dan bobot biji/tanaman pada saat panen berdasarkan 10 tanaman contoh, sedangkan pengamatan jumlah tanaman dipanen dan bobot biji kering (hasil biji) berdasarkan petak panen (3,2 m + 3,2 m) x 4 m (16 baris x 40 lubang).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Residu pupuk organik dan anorganik NPK setelah dua musim tanam kedelai-padi meningkatkan porositas tanah Vertisol sebesar 1,61–7,37% dibanding kontrol (Tabel 2). Peningkatan porositas tanah tertinggi (7,4%) diperoleh pada perlakuan no 8 yaitu residu pupuk kandang 5 t/ha + jerami padi 5 t/ha dibakar. Namun, perlakuan ini juga meningkatkan kekerasan tanah tertinggi (60 N/cm²) dibanding perlakuan lainnya, dan tidak meningkatkan kapasitas tanah menahan air. Setelah panen padi, tanah Vertisol KP. Ngale Ngawi dapat menyimpan air tersedia rata-rata 36,5%. Menurut Prayoto dan Herudjito (1989) pengelolaan hara dengan penekanan pemakaian bahan organik memberi beberapa keuntungan, antara lain meningkatkan kemampuan tanah menahan air.

Tabel 2 Pengaruh residu kombinasi pupuk organik dan anorganik NPK terhadap sifat fisik tanah (kedalaman 0–20 cm) setelah dua musim tanam sebelum tanam kedelai (tanaman III) di lahan sawah Vertisol Ngawi, MK 2007

Perlakuan	Porositas (%)	Penetrasi (N/cm ²)	Kadar air (%)		Air tersedia (%)
			pF 2,5	pF 4,2	
1	79,99	321,2	64,1	26,8	37,3
2	81,60	331,1	68,1	28,0	40,1
3	77,70	328,3	65,3	30,4	34,9
4	75,72	321,6	65,3	30,9	34,4
5	87,56	351,2	74,5	35,3	39,2
6	86,02	365,1	69,6	35,3	34,3
7	85,12	374,5	69,7	30,2	39,5
8	87,36	381,2	61,8	27,8	34,0
9	80,59	380,2	67,2	32,6	34,6
Rata-rata	82,41	350,5	67,3	30,8	36,5

Residu pupuk organik dan anorganik NPK setelah dua musim tanam kedelai-padi pada MK 2006 dan MH 2006/2007 mengubah kesuburan kimia (Tabel 1). Lapisan olah tanah (kedalaman 0–20 cm) bereaksi netral (rata-rata pH 6,6), miskin bahan organik dan unsur hara N. Residu pupuk anorganik NPK tanpa pupuk organik (perlakuan) menurunkan kadar P-tersedia dan PK-total. Kadar P-total meningkat dari 13,2 mg/100 g (perlakuan kontrol) menjadi 30,1 mg/100 g apabila pupuk anorganik NPK dikombinasi dengan jerami padi 5 t/ha dibakar. Sebaliknya kadar PK-total lebih rendah dibanding perlakuan kontrol dijumpai pada perlakuan pupuk kandang 5 t/ha dikombinasi dengan jerami padi 5 t/ha dibakar. Secara umum, lapisan olah tanah Vertisol Ngale Ngawi miskin bahan organik dan hara N, K_{dd} dan S, sebaliknya kaya hara P, Ca_{dd} dan Mg_{dd}. Di bawah lapisan olah (kedalaman 21–40 cm) tanah bereaksi agak masam (pH 6,3), miskin bahan organik serta hara N, S dan K_{dd}, tetapi kaya unsur P, Ca_{dd} dan Mg_{dd} (Tabel 3). Kadar P dan K-tersedia serta P-total lapisan bawah lebih rendah dibanding lapisan olah,

tetapi kadar Ca_{dd} dan Mg_{dd} lapisan bawah tidak berbeda dengan lapisan atas. Sampai dengan lapisan bawah, tanah Vertisol Ngale Ngawi kaya unsur hara Ca dan Mg.

Tabel 3 Pengaruh residu kombinasi pupuk organik dan anorganik NPK terhadap sifat kimia tanah (kedalaman 21–40 cm) setelah dua musim tanam sebelum tanam kedelai (tanaman III) di lahan sawah Vertisol Ngawi, MK 2007

Perlakuan	pH		N	Co	P ₂ O ₅	SO ₄	K	Na	Ca	Mg	P-tot	K-tot
	H ₂ O	KCl	(%)		(ppm)		(me/100 g)				(mg/100 g)	
1	6,3	5,4	0,07	1,54	25,8	38,0	0,19	0,49	40,0	8,14	10,9	27,4
2	6,5	6,0	0,05	1,36	28,7	28,5	0,23	0,41	36,3	7,24	11,0	15,8
3	6,3	5,9	0,05	1,11	10,7	27,7	0,14	0,48	40,7	8,14	7,5	22,1
4	6,2	5,8	0,06	1,25	26,8	32,0	0,24	0,46	39,6	8,14	16,8	20,5
5	6,3	5,9	0,06	1,28	13,3	28,8	0,22	0,44	38,5	8,32	9,3	13,5
6	6,4	5,7	0,06	1,51	26,8	29,0	0,21	0,52	41,8	8,50	9,1	22,8
7	6,5	5,8	0,05	1,32	18,3	28,8	0,17	0,56	38,5	8,16	6,9	26,4
8	6,2	5,9	0,06	1,39	14,5	27,0	0,14	0,45	39,6	8,35	5,6	13,4
9	6,1	5,3	0,05	1,38	20,9	29,7	0,18	0,46	46,2	8,41	11,4	21,7
Rerata	6,3	5,7	0,07	1,35	20,6	29,9	0,19	0,47	40,1	8,16	9,8	20,4

Tabel 4 Pengaruh residu kombinasi pupuk organik dan anorganik NPK terhadap fraksi P-tanah setelah dua musim tanam sebelum tanam kedelai (tanaman III) di lahan sawah Vertisol Ngawi, MK 2007

Perlakuan	P-terlarut	Al-P	Fe-P	Fe-P larut pereduksi	(Fe,Al)-P terselubung	(Ca,Mg)-P
	(ppm)					
1	2,3	76,1	87,3	0,0	9,6	21,0
2	2,6	59,4	51,8	0,0	21,1	21,3
3	1,5	65,0	63,4	0,0	21,2	19,5
4	2,2	57,4	63,0	9,7	21,5	22,2
5	1,3	53,6	57,4	1,6	8,2	14,7
6	1,5	41,8	47,7	1,6	14,1	24,8
7	2,5	62,4	71,0	1,6	16,9	22,7
8	1,4	52,9	57,3	1,6	22,3	14,5
9	1,7	53,0	65,3	4,8	22,8	22,0
Rata-rata	1,9	58,0	62,7	2,3	17,5	20,3

Hasil analisis fraksionasi P-tanah sebelum tanam kedelai memberikan informasi bervariasi di antara sembilan perlakuan. Pada perlakuan kontrol, kadar P-terlarut cukup tinggi, yaitu 2,3 ppm. Jerapan P didominasi oleh bentuk Al-P dan Fe-P, kadarnya sangat tinggi, masing-masing lebih dari 75 ppm (Tabel 4). Residu pemupukan anorganik NPK menurunkan jerapan P dalam bentuk Al-P dan Fe-P sebanyak 22–41%, tetapi meningkatkan jerapan P bentuk (Fe,Al)-P terselubung sebanyak 120% menjadi 21,1 ppm. Apabila pupuk anorganik NPK dikombinasi dengan pupuk kandang 5 t/ha, maka jerapan P dalam bentuk Al-P dan Fe-P berkurang 15–27% dan P-terlarut berkurang 0,8 ppm menjadi hanya 1,5 ppm. Kombinasi antara pupuk anorganik NPK dengan jerami padi 5 t/ha dibakar menurunkan jerapan P bentuk Al-P sebanyak 25%, sekaligus meningkatkan fraksi Fe-P larut pereduksi dari tidak terdeteksi menjadi 9,7 ppm. Kombinasi pemupukan lainnya, yaitu pupuk anorganik NPK + pupuk kandang 5 t/ha + jerami padi 5 t/ha diba-

kar menurunkan P-terlarut 1 ppm, sekaligus juga mengurangi jerapan P bentuk Al-P, Fe-P dan (Ca,Mg)-P berturut-turut sebesar 30%, 34% dan 30%.

Residu pupuk kandang 5 t/ha mengurangi fraksi P-terlarut 0,8 ppm dan sangat menekan jerapan P bentuk Al-P (berkurang 45%) dan Fe-P (berkurang 45%). Akan tetapi meningkatkan jerapan P bentuk Fe-P larut pereduksi 1,6 ppm dan (Fe,Al)-P terselubung 4,5 ppm (47%). Untuk mengurangi jerapan P dalam bentuk Al-P dan Fe-P, penggunaan pupuk kandang 5 t/ha lebih baik pengaruhnya dibanding jerami padi 5 t/ha dibakar. Selain itu, kombinasi antara pupuk kandang 5 t/ha dengan jerami padi 5 t/ha dibakar menurunkan (Ca,Mg)-P sebanyak 6,5 ppm (31%), tetapi meningkatkan (Fe,Al)-P terselubung 12,7 ppm (132%).

Tabel 5. Pengaruh residu kombinasi pupuk organik dan anorganik NPK terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai (tanaman III) di lahan sawah Vertisol Ngawi, MK 2007.

Perlakuan	Tinggi tnm (cm)	Jml cab/tnm	Jml polong/tnm		Jml tnm dipanen/ha	Hasil biji (t/ha)	Bobot 100 biji (g)
			Isi	Hampa			
1	42,5 a	3,2 a	47,9 a	6,0 a	388.000 a	1,94 a	9,96 a
2	40,6 a	3,1 a	43,5 a	6,3 a	362.667 a	1,71 a	9,07 a
3	43,2 a	3,0 a	38,8 a	6,0 a	384.000 a	1,72 a	9,47 a
4	43,7 a	2,9 a	42,5 a	6,9 a	386.833 a	1,70 a	9,63 a
5	42,4 a	3,1 a	46,7 a	4,7 a	376.667 a	1,60 a	9,60 a
6	42,9 a	3,4 a	42,0 a	7,1 a	365.333 a	1,74 a	9,87 a
7	43,8 a	3,1 a	41,7 a	5,5 a	356.167 a	1,82 a	9,53 a
8	45,5 a	3,0 a	45,9 a	7,7 a	377.000 a	1,78 a	9,67 a
9	41,5 a	3,0 a	42,4 a	6,1 a	377.000 a	1,65 a	9,50 a
Rata-rata	42,9	3,1	43,5	6,3	374.852	1,74	9,59
KK (%)	5,04	14,03	9,65	20,70	6,04	13,02	4,86

Tabel 6. Pengaruh residu pupuk organik dan anorganik NPK terhadap serapan unsur hara makro pada kedelai fase berbunga penuh (R2) di lahan sawah Vertisol Ngawi, MK 2007.

Perlakuan	Serapan unsur hara makro kedelai fase R2 (g/tanaman)						
	N	P	K	Na	Ca	Mg	S
1	0,43	0,74	0,40	0,20	0,53	0,82	0,64
2	0,45	0,76	0,39	0,19	0,50	0,95	0,88
3	0,370	0,74	0,42	0,22	0,49	0,90	0,78
4	0,50	0,81	0,47	0,24	0,55	1,02	0,97
5	0,39	0,84	0,56	0,29	0,52	0,91	0,79
6	0,46	0,92	0,51	0,26	0,51	1,03	1,12
7	0,43	0,83	0,52	0,27	0,45	0,88	0,81
8	0,46	0,85	0,38	0,19	0,51	0,92	0,90
9	0,37	0,62	0,40	0,20	0,37	0,76	0,74
Rata-rata	0,43	0,79	0,45	0,23	0,49	0,91	0,85

Hasil analisis ragam menunjukkan, bahwa residu pemupukan organik dan anorganik NPK tidak mempengaruhi seluruh peubah komponen pertumbuhan, komponen hasil dan hasil kedelai (Tabel 5). Hal ini dapat diartikan bahwa efek residu pupuk organik dan anorganik NPK sudah mulai berkurang, tetapi rata-rata hasil kedelai masih mencapai 1,74 t/ha. Tanah Vertisol merupakan tanah yang subur apabila ditinjau dari aspek kimia tanah, namun permasalahan tanah Vertisol yang utama adalah sifat fisiknya.

Pertumbuhan vegetatif kedelai kurang memuaskan, tinggi tanaman saat panen hanya 43 cm dengan 3,1 cabang/tanaman. Pada saat panen, populasi tanaman mendekati optimal, yaitu 375 ribu tanaman/ha, dan tanaman mampu membentuk 44 polong isi/tanaman dengan bobot biji sebesar 9,59 g/100 biji. Tingginya populasi tanaman saat panen serta tingginya jumlah polong isi yang terbentuk tersebut menyebabkan produktivitas kedelai tergolong baik (rata-rata 1,74 t/ha), walaupun dengan pertumbuhan vegetatif kurang memuaskan.

Residu pupuk organik dan anorganik NPK meningkatkan serapan unsur hara makro, walaupun tidak mempengaruhi hasil kedelai. Residu pupuk yang meningkatkan serapan unsur hara N, P, K, S, Na, Ca dan Mg dibanding perlakuan kontrol adalah residu pupuk anorganik NPK + jerami padi 5 t/ha dibakar dan residu pupuk kandang 5 t/ha. Peningkatan serapan unsur hara berkisar dari 5% sampai 76%, terendah pada unsur Ca (5%), dan tertinggi pada unsur S (76%). Peningkatan serapan unsur tertinggi, yaitu S sebanyak 76%, P sebanyak 25% dan Mg sebanyak 26% diperoleh pada pemberian pupuk kandang 5 t/ha (Tabel 6). Residu pemupukan anorganik NPK + pupuk kandang 5 t/ha + jerami padi 5 t/ha dibakar meningkatkan serapan unsur K dan Na tertinggi, yaitu 41% (unsur K) dan 44% (unsur Na). Sebaliknya residu pupuk ZA + jerami padi 5 t/ha dibakar menurunkan serapan Ca terbanyak, yaitu 29% dibanding perlakuan kontrol. Pada fase berbunga penuh (R2), tanaman kedelai varietas Sinabung menyerap unsur hara berturut-turut sebesar 0,43 g N/tanaman; 0,79 g P/tanaman; 0,45 g K/tanaman; 0,23 g Na/tanaman; 0,49 g Ca/tanaman; 0,91 g Mg/tanaman dan 0,85 g S/tanaman.

Hasil analisis sifat kimia tanah setelah panen kedelai menunjukkan, bahwa residu pupuk organik dan anorganik NPK menyebabkan perbedaan sifat kimia tanah (Tabel 7). Sejak sebelum tanam sampai setelah panen kedelai, tanah bereaksi netral (pH H₂O 6,6) dan miskin hara N (0,08% N), tidak ada perubahan pH maupun kadar unsur N (Tabel 3 dan 8). Residu pupuk kandang 5 t/ha + jerami padi 5 t/ha dibakar dapat meningkatkan kadar C-organik dari 1,74% (kontrol) menjadi 2,12%. Selain itu, ternyata budidaya kedelai dapat meningkatkan kadar C-organik dari 1,35% (rata-rata sebelum tanam, Tabel 3) menjadi 1,78% (rata-rata setelah panen, Tabel 8). Sebaliknya kadar unsur P, S, Na dan Mg relatif tidak berubah.

Tabel 7. Pengaruh residu kombinasi pupuk organik dan anorganik NPK terhadap sifat kimia tanah (kedalaman 0–20 cm) setelah panen kedelai (tanaman III) di lahan sawah Vertisol Ngawi, MK 2007.

Perla- kuan	pH		N	CO	P ₂ O ₅	SO ₄	K	Na	Ca	Mg
	H ₂ O	KCl	(%)		(ppm)		(me/100 g)			
1	6,5	6,0	0,10	1,74	35,8	25,9	0,45	0,76	46,5	6,85
2	6,8	6,2	0,09	1,52	22,1	25,9	0,27	0,45	62,6	8,60
3	6,6	5,9	0,07	1,65	26,6	26,2	0,32	0,50	44,1	6,77
4	6,6	6,1	0,09	1,98	26,9	26,2	0,34	0,40	56,3	7,01
5	6,6	6,2	0,08	1,76	33,4	22,2	0,33	0,52	62,4	8,58
6	6,7	6,4	0,07	1,72	29,3	26,2	0,63	0,43	62,0	8,65
7	6,6	6,4	0,08	1,96	38,2	24,6	0,62	0,50	54,3	6,96
8	6,7	6,4	0,09	2,12	24,0	26,4	0,30	0,40	67,6	8,65
9	6,6	6,2	0,09	1,61	26,0	28,4	0,52	0,52	62,6	8,60
Rerata	6,6	6,2	0,08	1,78	29,1	25,8	0,42	0,50	57,6	7,85

Tabel 8. Pengaruh residu kombinasi pupuk organik dan anorganik NPK terhadap sifat fisik tanah setelah panen kedelai (tanaman III) di lahan sawah Vertisol Ngawi, MK 2007.

Perlakuan	Berat (g/cm ³)		Porositas (%)	Kjh (cm/jam)	Kadar air (%)		Air tersedia (%)
	Isi	Jenis			pF 2,5	pF 4,2	
1	1,12	2,50	88,57	0,571	69,4	27,2	42,2
2	1,01	2,60	72,62	0,421	58,9	21,1	37,8
3	1,05	2,60	74,83	0,251	61,5	30,6	30,9
4	1,03	2,54	75,94	0,156	60,4	29,4	31,0
5	1,01	2,53	76,48	0,202	62,5	27,8	34,7
6	1,02	2,60	83,31	0,354	63,2	42,0	21,2
7	1,04	2,55	84,54	0,253	65,5	32,1	33,4
8	1,05	2,51	80,02	0,125	65,1	28,2	38,9
9	1,15	2,53	88,66	0,512	70,0	31,2	38,8
Rata-rata	1,05	2,56	80,44	0,316	64,1	30,0	34,3

Residu pupuk kandang 5 t/ha atau jerami padi 5 t/ha dibakar meningkatkan kadar unsur K dari harkat sedang pada perlakuan kontrol (0,45 me K/100 g) menjadi harkat tinggi (0,62 me K/100 g). Setelah panen kedelai, rata-rata kadar unsur K meningkat 75% dari 0,24 me K/100 g (sebelum tanam) menjadi 0,42 me K/100 g. Begitu juga halnya dengan kadar unsur Ca, yang meningkat 45% dari 39,6 me Ca/100 g (sebelum tanam) menjadi 57,6 me Ca/100 g (Tabel 3 dan 7).

Residu pupuk organik dan anorganik NPK tidak mempengaruhi bobot isi tanah setelah tiga musim tanam kedelai-padi-kedelai dengan rata-rata 1,05 g/cm³ dan bobot jenis 2,56 g/cm³ (Tabel 8). Residu tambahan pupuk anorganik NPK (perlakuan No 2, 3, 4 dan 5) ternyata menurunkan porositas tanah saat panen dari 88,6% (kontrol) menjadi 72,6–76,5% (Tabel 9). Penurunan porositas tanah tersebut ternyata juga diikuti penurunan nilai konduktivitas hidraulik jenuh atau penurunan kecepatan aliran air dalam kondisi jenuh. Selain itu, pemupukan ternyata dapat menurunkan kapasitas tanah menahan air.

Secara ringkas, pada lahan sawah Vertisol Ngawi, residu pupuk organik dan anorganik NPK setelah dua musim tanam kedelai-padi tidak meningkatkan hasil kedelai, rata-rata hasil kedelai 1,74 t/ha. Residu pupuk organik dan anorganik NPK mempengaruhi sifat fisik dan kimia tanah setelah dua musim tanam kedelai-padi dan setelah tiga musim tanam kedelai-padi-kedelai dengan informasi seperti berikut.

Setelah Dua Musim Tanam Kedelai-Padi

1. Residu pupuk organik dan anorganik NPK meningkatkan porositas dan penetrasi tanah, tetapi tidak meningkatkan kapasitas tanah menahan air dibanding perlakuan kontrol.
2. Residu pupuk kandang 5 t/ha + jerami padi 5 t/ha dibakar meningkatkan porositas tanah 7,37% dan penetrasi tanah 60 N/cm² dibanding perlakuan kontrol.
3. Tanah lapisan olah (kedalaman 0–20 cm) miskin C-organik, unsur hara N, K dan S, tetapi kaya unsur hara P, Ca dan Mg.
4. Residu pupuk anorganik NPK tanpa pupuk organik menurunkan kadar unsur P-tersedia dan PK-total.
5. Residu pupuk anorganik NPK + jerami padi 5 t/ha dibakar meningkatkan kadar P-total dari 13,2 mg/100 g (perlakuan kontrol) menjadi 30,1 mg/100 g.
6. Residu pupuk kandang 5 t/ha + jerami padi 5 t/ha dibakar menurunkan kadar PK-

- total dibanding perlakuan kontrol.
7. Tanah di bawah lapisan olah (kedalaman 21–40 cm) bereaksi agak masam (pH 6,3), miskin C-organik, unsur hara N, S dan K, tetapi kaya unsur P, Ca dan Mg.
 8. Kadar unsur P dan K-tersedia serta P-total lapisan bawah lebih rendah dibanding lapisan olah, tetapi kadar unsur Ca dan Mg lapisan bawah tidak berbeda dengan lapisan atas. Sampai dengan lapisan bawah, tanah Vertisol Ngale Ngawi kaya unsur hara Ca dan Mg.
 9. Pada perlakuan kontrol, kadar P-terlarut 2,3 ppm, dan jerapan P didominasi oleh Al-P dan Fe-P, masing-masing lebih dari 75 ppm.
 10. Residu pupuk anorganik NPK mengurangi Al-P dan Fe-P sebanyak 22–41%, tetapi meningkatkan (Fe,Al)-P terselubung sebesar 120%.
 11. Residu pupuk anorganik NPK + pupuk kandang 5 t/ha mengurangi Al-P dan Fe-P 15–27% dan P-terlarut 65%.
 12. Residu pupuk anorganik NPK + jerami padi 5 t/ha dibakar menurunkan Al-P 25%, tetapi meningkatkan Fe-P larut pereduksi dari tidak terukur menjadi 9,7 ppm.
 13. Residu pupuk anorganik NPK + pupuk kandang 5 t/ha + jerami padi 5 t/ha dibakar menurunkan P-terlarut 1 ppm, Al-P, Fe-P dan (Ca,Mg)-P berturut-turut 30%, 34% dan 30%.
 14. Residu pupuk kandang 5 t/ha mengurangi P-terlarut 0,8 ppm, Al-P 45% dan Fe-P 45%, meningkatkan Fe-P larut pereduksi dari tidak terukur menjadi 1,6 ppm dan (Fe,Al)-P terselubung 47%.
 15. Untuk mengurangi jerapan P dalam bentuk Al-P dan Fe-P, penggunaan pupuk kandang 5 t/ha lebih baik pengaruhnya dibandingkan jerami padi 5 t/ha dibakar. Residu pupuk kandang 5 t/ha + jerami padi 5 t/ha dibakar menurunkan (Ca,Mg)-P 31%, tetapi meningkatkan (Fe,Al)-P terselubung 132%.
 16. Residu pupuk anorganik NPK + jerami padi 5 t/ha dibakar dan residu pupuk kandang 5 t/ha meningkatkan serapan unsur hara N, P, K, S, Na, Ca dan Mg 5–76%.
 17. Residu pupuk kandang 5 t/ha meningkatkan serapan unsur S, P dan Mg tertinggi (76% S, 25% P dan 26% Mg) dibanding perlakuan kontrol.
 18. Residu pupuk anorganik NPK + pupuk kandang 5 t/ha + jerami padi 5 t/ha dibakar meningkatkan serapan unsur K dan Na tertinggi (41% K dan 44% Na) dibanding perlakuan kontrol.
 19. Residu pupuk ZA 50 kg/ha + jerami padi 5 t/ha dibakar menurunkan serapan Ca terbanyak, yaitu 29% dibanding perlakuan kontrol.

Setelah Tiga Musim Tanam Kedelai–Padi–Kedelai

1. Residu pupuk kandang 5 t/ha + jerami padi 5 t/ha dibakar meningkatkan kadar C-organik dari 1,74% (kontrol) menjadi 2,12%.
2. Budidaya kedelai meningkatkan kadar C-organik dari 1,35% (rata-rata sebelum tanam) menjadi 1,78% (rata-rata setelah panen). Kadar unsur hara P, S, Na dan Mg relatif tidak berubah.
3. Residu pupuk kandang 5 t/ha atau jerami padi 5 t/ha dibakar meningkatkan kadar unsur K dari harkat sedang pada perlakuan kontrol (0,45 me K/100 g) menjadi harkat tinggi (0,62 me K/100 g).
4. Setelah panen kedelai, rata-rata kadar unsur K meningkat 75% dari 0,24 me K/100 g

(sebelum tanam) menjadi 0,42 me K/100 g, dan kadar unsur Ca meningkat 45% dari 39,6 me Ca/100 g (sebelum tanam) menjadi 57,6 me Ca/100 g.

5. Residu pupuk organik dan anorganik NPK tidak mempengaruhi berat isi tanah. Residu pupuk anorganik NPK menurunkan porositas tanah pada saat panen dari 88,57% (kontrol) menjadi 72,62–76,48%, yang diikuti oleh penurunan nilai konduktivitas hidraulik jenuh atau penurunan kecepatan aliran air dalam kondisi jenuh.

KESIMPULAN

Pada lahan sawah Vertisol Ngawi setelah dua musim tanam kedelai–padi:

1. Residu pupuk organik dan anorganik NPK meningkatkan serapan unsur hara makro 25–76%, tetapi tidak meningkatkan hasil kedelai, rata-rata hasil kedelai 1,74 t/ha.
2. Residu pupuk kandang 5 t/ha + jerami padi 5 t/ha dibakar meningkatkan penetrasi tanah 60 N/cm², menurunkan (Ca,Mg)-P 31%, dan meningkatkan (Fe,Al)-P terselubung 132%.
3. Residu pupuk kandang 5 t/ha berpengaruh lebih baik untuk mengurangi jerapan unsur P dalam bentuk Al-P dan Fe-P (mengurangi Al-P dan Fe-P 45%) dibanding jerami padi 5 t/ha dibakar (mengurangi Al-P 18% dan Fe-P 19%).

Pada lahan sawah Vertisol Ngawi setelah tiga musim tanam kedelai–padi–kedelai:

1. Residu pupuk kandang 5 t/ha + jerami padi 5 t/ha dibakar meningkatkan kadar C-organik dari 1,74% menjadi 2,12%.
2. Budidaya kedelai meningkatkan kadar C-organik, unsur K dan Ca sebesar 32%, 75% dan 45% menjadi 1,78%, 0,42 me K/100 g dan 57,6 me Ca/100 g setelah panen kedelai.
3. Residu pupuk kandang 5 t/ha atau jerami padi 5 t/ha dibakar meningkatkan kadar unsur K dari harkat sedang (0,45 me K/100 g) menjadi harkat tinggi (0,62 me K/100 g).
4. Residu pupuk anorganik NPK menurunkan porositas tanah dari 89% menjadi 73–76%, diikuti oleh penurunan konduktivitas hidraulik jenuh atau penurunan kecepatan aliran air dalam kondisi jenuh.

DAFTAR PUSTAKA

- Adisarwanto T, Riwanodja, Kuntastuti H, Suryantini, Manshuri AG. 2003. Efisiensi pengelolaan hara dan bahan organik pada tanaman kedelai di lahan sawah dan lahan kering. Hlm. C-98-C-152. Laporan Teknis Balitkabi TA 2003.
- Devevre OC, Horwath WR. 2000. Decomposition of rice straw and microbial carbon use efficiency under different soil temperatures and moistures. *Soil Biol and Biochem.* 32: 1773–1785.
- Harnowo D. 1997. Pengaruh residu pupuk makro oleh tanaman kedelai setelah padi di lahan sawah. Pros. Sem. Hasil Penelitian Balitkabi, Malang Tahun 1997/1998. Edisi Khusus Balitkabi No. 13–1999. Hlm. 139–149.
- Harnowo D. 1998. Pengaruh pupuk PK terhadap produktivitas kedelai setelah padi di lahan sawah serta mutu fisiologis benihnya. Makalah pada Seminar Nasional Kedelai II. UNSOED Purwokerto. 17 Maret 1999. 9 hlm.
- Kuntastuti H. 1996. Peningkatan efisiensi pemupukan K dengan pengelolaan air dan bahan organik di tanah Vertisol kahat K. Laporan Teknis Balitkabi 1995/1996. Hlm 18–36.

- Kuntyastuti H. 2001. Pengaruh saat pengairan dan pemupukan KCl, kotoran ayam serta sesbania terhadap kedelai di lahan sawah Vertisol Ngawi. Hlm. 105–112. Dalam N.K. Wardhani dkk. (Penyt.). Pros. Seminar Nasional Teknologi Pertanian Pendukung Agribisnis Dalam Upaya Pengembangan Ekonomi Wilayah di Yogyakarta tanggal 14 November 2001. Puslitbangsosek. Bappeda Prop. DIY dan UPN Veteran Yogyakarta.
- Kuntyastuti H, Susanto GWA. 2001. Pemupukan kalium dan sulfur pada kedelai di lahan sawah dan lahan kering. *Tropika*. 9(1): 32–44.
- Kuntyastuti H. 2002. Penggunaan pupuk KS anorganik dan kotoran ayam pada kedelai di lahan sawah Entisol dan Vertisol. Hlm. 111–117. Dalam Rob. Mudjisihono dkk. (Penyt.). Pros. Seminar Nasional Inovasi Teknologi Dalam Mendukung Agribisnis di Yogyakarta tanggal 2 November 2002. Puslitbangsosek. Univ. Muhammadiyah Yogyakarta.
- Kuntyastuti H. 2003. Pengaruh residu arang sekam, kompos jerami dan kompos bagas terhadap tanah dan tanaman kacang hijau dan kacang tunggak di tanah Entisol. Hlm. 208–216. Dalam I.W. Rusastra dkk. (Penyt.). Pros. Seminar Nasional Revitalisasi Teknologi Kreatif Dalam Mendukung Agribisnis dan Otonomi Daerah di Denpasar 7 Oktober 2003. Puslitbangsosek.
- Kuntyastuti H, Riwanodja. 2004. Penggunaan arang sekam, kompos jerami dan kompos bagas pada padi dan efek residunya pada kedelai di lahan sawah Entisol. Hlm. 349–356. Dalam Sri Hardaningsih dkk. (Penyt.). Teknologi Inovatif Agribisnis Kacang-kacangan dan Umbi-umbian untuk Mendukung Tanaman Pangan. Puslitbang Tanaman Pangan.
- Lund FZ, Doss BD. 1980. Residual Affect of Dairy Cattle Manure on Plant Growth and Soil Properties. *Agron. J.* 72:123–130.
- Melati, Rumawas MF, Bahrsyah YS, Widjaja-Adhi IPG.1991. Tanggap kedelai (*Glycine max(L)Merr*) thd pupuk mikro Zn,Cu,B pada beberapa dosis pupuk kandang ditanah Latosol. *Forum Poasca Sarjana* 14(1) : 1–12
- Partohardjono S. 1994. Peranan Pupuk dalam Peningkatan Produk Tanaman Pangan di Indonesia. Makalah pada Training Workshop Penerapan Uji Tanah untuk Meningkatkan Hasil Pertanian dan Memelihara Lingkungan. Cisarua, 9–11 November 1994. 18 hal.
- Pasaribu D, Suprpto S. 1993. Pemupukan NPK pada kedelai. Dalam Sadikin Somaatmadja, M. Ismunadji, Sumarno, Mahyuddin S., Manurung dan Yuswandi (eds) *Kedelai*. Pusat Penelitian Pengembangan Tanaman Pangan Bogor. Hlm. 159–169.
- Prayoto, Herudjito. 1989. Pengaruh beberapa soil conditioner terhadap sifat fisik tanah podzolik dan hasil kedelai di Nanegung, Jawa Barat. Hlm.327–334. Dalam Subandi dkk (eds.) *Pros. Lok. Pen. Komoditas dan Studi Khusus*. 1989.
- Purwaningrahyu RD, Kuntyastuti H, Wijanarko A, Taufiq A, Subandi. 2011. Penggunaan pupuk organik dan anorganik pada kedelai di tanah Vertisol Ngawi. Hlm. 219–231. Dalam A. Wijono dkk. (Peyt.) *Akselerasi Inovasi Teknologi untuk Mendukung Peningkatan Produksi Aneka Kacang dan Ubi*. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. 21 Des 2009. Puslitbangtan. Bogor.
- Subowo, Suaaya, Sudjadi M. 1990. Pengaruh bahan organik terhadap pencucian hara tanah ultisol Rangkasbitung, Jawa Barat. *Pemberitaan.Penel.Tanah dan Pupuk*. 9:26–
- Suhartina, Isgiyanto, Adisarwanto T. 1996. Takaran dan jenis bahan organik untuk meningkatkan kesuburan tanah lahan sawah dan hasil kedelai setelah padi. *Laporan Teknis Balitkabi Tahun 1995/1996*. Hlm. 1–17.
- Sumarno, Suyamto. 1991. Pengaruh Pupuk Kalium dan Jerami Padi terhadap Hasil Padi dan Kedelai pada Tanah Vertisol. *Penelitian Palawija* 6(1&2):29–35.