

Peranan Pupuk Organik dalam Peningkatan Produktivitas Tanah dan Tanaman

Role of Organic Fertilizer to Improving Soil and Crop Productivity

Wiwik Hartatik, Husnain, dan Ladiyani R. Widowati

Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Cimanggu, Bogor 16114. Email: wiwik_hartatik@yahoo.com

Diterima 5 Agustus 2015; Direview 7 Oktober 2015; Disetujui dimuat 24 Nopember 2015

Abstrak: Pupuk organik berperan dalam meningkatkan kesuburan fisik, kimia dan biologi tanah serta mengefisienkan penggunaan pupuk anorganik. Kualitas dan komposisi pupuk organik bervariasi tergantung dari bahan dasar kompos dan proses pembuatannya. Penggunaan tanaman legum baik berupa tanaman lorong (*alley cropping*) maupun tanaman penutup tanah (*cover crop*) serta bahan organik insitu, perlu diintensifkan untuk mendukung pemanfaatan pupuk organik non komersial dan pemulihan kesuburan tanah. Pemberdayaan masyarakat dan kelompok tani dalam pengadaan pupuk organik dapat dilakukan melalui: a) melatih petani membuat pupuk organik insitu yang berasal dari kotoran ternak dan sisa tanaman yang dikomposkan; b) mendorong petani melakukan diversifikasi usaha pertanian berbasis ternak; dan c) mendorong petani melakukan pengelolaan bahan organik insitu terutama pada lahan kering. Pemanfaatan pupuk organik telah diterapkan dalam sistem budidaya pertanian organik (*organic farming*) dan *System rice of intensification* (SRI). Pemberian pupuk organik yang dikombinasikan dengan pupuk anorganik, telah diterapkan dalam sistem pengelolaan tanaman terpadu (PTT), sistem integrasi padi/palawija dan ternak (SIPT), sistem pertanian mandiri yang mengintegrasikan ternak dan tanaman *crop livestock system* (CLS).

Kata kunci: Pupuk Organik / Produktivitas Tanah / Tanaman

Abstract: It is inevitable that organic fertilizer plays a major role in increasing the fertility of the physical, chemical and biological as well as the efficient use of inorganic fertilizers. The main composition of organic fertilizer when it decomposes will consist of mostly water and cellulose, hemiselulose, lignin, and a small portion main macro nutrients, secondary macro nutrients, micro elements and silica. There is also a growth regulating enzymes and vitamins as a byproduct of microbial decomposition. The main component or specific parameters have a major role and the speed of the process of transformation of organic fertilizer into the form of mineral nutrients and the end product is humus. The significance of organic fertilizer is widely recognized by agricultural researchers and practitioners. In addition the use of organic fertilizers in paddy fields and dry land cultivation system of agriculture that combines inorganic fertilizer and organic, has strived implemented by the government in this case the Ministry of Agriculture that the system of integrated crop management (ICM), system integration paddy/crops and livestock (SIPT), an independent agricultural systems that integrate livestock and crop plants livestock system (CLS). If the awareness of farmers on the use of organic fertilizers increases, the availability of both in situ and have to come from outside should be available in sufficient quantity and good quality. Technological innovation of Agricultural Research and Development Agency to support the use of organic fertilizers continue to research and develop. Currently available guidebooks and technological innovation, such as land management guidelines, management guidelines of organic materials and organic fertilizer, granular organic fertilizer product (Tithoganik, POG, POCr), and decomposers products to accelerate the process of decomposition (such as M-dec). Opportunities and challenges in increasing stakeholder awareness is not a barrier in optimizing organic fertilizer. The key is the synergistic integration between institutions regulatory, technical institutions, Research Agency, producers and users in the implementation of socialization, production, guidance and supervision.

Keywords: Organic Fertilizer / Soil / Crop Productivity

PENDAHULUAN

Pada umumnya kondisi lahan pertanian di Indonesia mengalami kemunduran kesuburan dan kerusakan tanah serta telah mengalami penurunan produktivitas, khususnya lahan sawah intensifikasi. Penyebabnya diantaranya adalah: a) ketidakseimbangan kadar hara dalam tanah; b)

pengurasan dan defisit hara; c) penurunan kadar bahan organik tanah; d) pendangkalan lapisan tapak bajak; e) pencemaran oleh bahan agrokimia atau limbah; f) penurunan populasi dan aktivitas mikroba; dan g) salinisasi/alkalinisasi. Akibat pengelolaan hara yang kurang bijaksana, sebagian besar lahan sawah terindikasi berkadar bahan organik sangat rendah (C-organik <2%). Sekitar 65% dari 7,9 juta ha lahan sawah

di Indonesia memiliki kandungan bahan organik rendah sampai sangat rendah (C-organik <2%), sekitar 17% mempunyai kadar total P tanah yang rendah dan sekitar 12% berkadar total K rendah (Kasno *et al.* 2003). Di lahan sawah intensifikasi, dijumpai pula lapisan olah tanah yang semakin dangkal sehingga perakaran tanaman padi tidak dapat berkembang dengan sempurna.

Penggunaan pupuk di lahan kering umumnya menggunakan dosis yang kurang memadai, sehingga diduga terjadi pengurusan hara. Selain itu, penggunaan pupuk organik atau mengembalikan sisa panen ke lahan pertanian hampir tidak dilakukan. Khusus untuk lahan kering di areal yang berlereng, belum menerapkan tindakan konservasi tanah yang memadai, sehingga terjadi erosi dan aliran permukaan yang tinggi. Hal ini menyebabkan kandungan hara dan bahan organik rendah.

Untuk mengurangi kemunduran kesuburan tanah dan meningkatkan produktivitas hasil yang berkelanjutan perlu pemanfaatan pupuk organik yang memadai baik dalam jumlah, kualitas dan kontinuitasnya. Pupuk organik saat ini sudah banyak dikenal masyarakat bahkan menjadi program pemerintah untuk meningkatkan kesuburan dan produksi tanaman.

PENTINGNYA BAHAN ORGANIK TANAH

Bahan organik tanah umumnya berasal dari jaringan tanaman. Residu tanaman mengandung 60-90% air dan sisa bahan keringnya mengandung karbon (C), oksigen, hidrogen (H), dan sejumlah kecil sulfur (S), nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), dan magnesium (Mg). Meskipun jumlahnya sangat kecil, namun unsur hara ini sangat penting dari kesuburan tanah (Bot and Benites 2005).

Menurut Bot dan Benites (2005) sebagai penyumbang unsur hara bagi tanah, bahan organik memiliki peranan kunci sebagai:

1. Bahan organik yang berasal dari residu tanaman yang mengandung unsur hara esensial bagi tanah kemudian terakumulasi sebagai sumber makanan bagi tanaman.
2. Bahan organik yang sudah stabil (humus) berfungsi mengadsorpsi dan menahan unsur hara dalam bentuk tersedia bagi tanaman.

Fungsi penting humus dalam tanah adalah: 1) meningkatkan efisiensi pupuk; 2) memperpanjang

waktu pemanfaatan N; 3) meningkatkan serapan hara tanaman terutama P dan Ca; 4) mengurangi risiko serangan hama dan penyakit tanaman dengan keseimbangan fungsi hara dalam tanah; 5) membuffer Salinitas dalam tanah; dan 6) sebagai katalis meningkatkan status C dalam tanah (Brady and Weil 2002).

PUPUK ORGANIK

Definisi

Definisi pupuk organik menurut *American Plant Food Control Officials* (AAPFCO) adalah bahan yang mengandung karbon dan satu atau lebih unsur hara selain H dan O yang esensial untuk pertumbuhan tanaman. Sedangkan menurut USDA *National Organic Program* adalah semua pupuk organik yang tidak mengandung bahan terlarang dan berasal dari bahan alami yaitu dari tanaman atau hewan, *sewage sludge*, dan bahan non organik tidak termasuk. Menurut USEPA, pupuk organik adalah manure atau kompos yang diaplikasikan ke tanaman sebagai sumber unsur hara (Funk 2014). Berbagai definisi di atas pada intinya adalah bahwa pupuk organik mengandung unsur karbon dan unsur hara lainnya yang berkombinasi dengan karbon.

Pupuk organik merupakan pupuk yang berasal dari tumbuhan mati, kotoran hewan dan/atau bagian hewan dan/atau limbah organik lainnya yang telah melalui proses rekayasa, berbentuk padat atau cair, dapat diperkaya dengan bahan mineral, dan/atau mikroba yang bermanfaat untuk meningkatkan kandungan hara dan bahan organik tanah serta memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Permentan No. 70/Permentan/SR.140/10/2011).

Karakteristik Pupuk Organik

Pupuk organik dapat dibuat dari berbagai jenis bahan, antara lain sisa tanaman (jerami, brangkasan, tongkol jagung, bagas tebu, sabut kelapa), serbuk gergaji, kotoran hewan, limbah media jamur, limbah pasar, rumah tangga, dan pabrik serta pupuk hijau. Oleh karena bahan dasar pembuatan pupuk organik sangat bervariasi, maka kualitas pupuk yang dihasilkan sangat beragam sesuai dengan kualitas bahan dasar dan proses pembuatannya.

Sangat penting untuk membuat kriteria dan seleksi terhadap bahan dasar pupuk organik untuk mengawasi mutunya. Bahan dasar yang berasal dari sisa tanaman dapat dipastikan sedikit mengandung bahan berbahaya seperti logam berat misalnya Pb, Cd, Hg, dan As. Pupuk organik serta pupuk kandang, limbah industri, dan limbah kota cukup mengkhawatirkan karena disinyalir banyak mengandung bahan berbahaya logam berat dan asam-asam fenolat yang dapat mencemari lingkungan dan meracuni tanaman. Beberapa bahan berbahaya ini justru terkonsentrasi dalam limbah cair dan produk akhir pupuk selama proses pengomposan. Untuk itu sangat diperlukan aturan untuk menyeleksi penggunaan bahan dasar pupuk organik yang mengandung bahan-bahan berbahaya dan beracun (B3).

Komposisi hara dalam pupuk organik sangat tergantung dari sumber asal bahan dasar. Menurut sumbernya, pupuk organik dapat diidentifikasi berasal dari kegiatan pertanian dan nonpertanian. Dari pertanian dapat berupa sisa panen dan kotoran ternak, sedangkan dari non pertanian dapat berasal dari sampah organik kota, limbah industri, dan sebagainya (Tan 1993).

Kotoran hewan yang berasal dari usaha tani antara lain adalah ayam, sapi, kerbau, babi, dan kambing. Komposisi hara pada masing-masing kotoran

hewan sangat bervariasi tergantung pada umur hewan, jumlah, dan jenis makanannya. Secara umum, kandungan hara dalam kotoran hewan lebih rendah dari pada pupuk anorganik. Oleh karena itu, dosis pemberian pupuk kandang jauh lebih besar dari pada pupuk anorganik (Tabel 1). Selain sebagai sumber hara, pupuk organik berfungsi juga sebagai pembenah tanah. Pupuk kandang selain mengandung hara-hara yang dibutuhkan oleh tanaman juga mengandung asam-asam humat, fulvat, hormon tumbuh, dan lain-lain yang bersifat memacu pertumbuhan tanaman sehingga serapan hara oleh tanaman meningkat (Stevenson 1994).

Komposisi hara dalam sisa tanaman sangat spesifik dan bervariasi, 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 namun berkadar nitrogen rendah. Sisa tanaman legum seperti kacang kedelaidan kacang tanah, mengandung nitrogen cukup tinggi. Jerami padi, tandan kosong kelapa sawit, kentang, dan ubi jalar mengandung kalium yang tinggi. Kandungan Ca tanaman yang tinggi dijumpai diantaranya pada tanaman kacang tanah (Tabel 2).

Kandungan unsur kimia dan logam berat dari limbah cair industri sangat bervariasi tergantung jenis

Tabel 1. Kandungan hara beberapa jenis pupuk kandang dalam keadaan kering oven*

Table 1. *Nutrient content from manure at dry oven condition*

Sumber	Kandungan unsur hara					
	Total-N	P	K	Ca	Mg	S
 kg t ⁻¹					
Sapi	6	1,5	3,0	1,2	1,0	0,9
Kuda	7	1,0	5,8	7,9	1,4	0,7
Ayam	15	7	8,9	3,0	8,8	0,3
Domba	13	2	9,3	5,9	1,9	0,9

Sumber: Setyorini *et al.* 2006 (Diolah dari Myung and Lee2001); *Kering oven pada 60°C selama 12 jam

Tabel 2. Komposisi hara beberapa jenis sisa tanaman dalam keadaan segar

Table 2. *Nutrient composition from plant residue at fresh condition*

Jenis tanaman	Kandungan hara					
	Total-N	P	K	Ca	Mg	S
 kg t ⁻¹ bahan segar					
Jagung	10,00	0,06	2,90	0,09	1,33	0,38
Jerami padi	7,50	0,02	7,15	0,09	0,55	0,10
Kacang tanah	28,00	0,03	4,54	0,85	0,27	0,81
Tebu	0,19	0,08	1,81	0,28	0,18	0,36

Sumber: Setyorini *et al.* 2006(Diolah dari Agus dan Widiyanto,2004)

industri. Limbah dari industri makanan relatif rendah logam beratnya, namun uji mutu tetap perlu dilakukan untuk menjamin kualitas limbah. Limbah dari peternakan umumnya mengandung hara lebih tinggi dan sedikit logam berat, sehingga dapat digunakan sebagai pupuk organik. Limbah dari industri oli dan beverage mengandung logam berat cukup tinggi sehingga tidak direkomendasikan sebagai pupuk organik (Tabel 3).

Komposisi fisika, kimia, dan biologi pupuk organik sangat bervariasi dan manfaatnya bagi tanaman tidak secara langsung terlihat, serta respon tanaman relatif lambat. Pupuk organik diperlukan dalam dosis yang relatif tinggi (minimal 2t ha⁻¹ MT⁻¹). Selain mempunyai fungsi sebagai sumber hara dan pembenah tanah, terdapat dampak negatif yang harus diwaspadai dari penggunaan pupuk organik diantaranya adalah: a) penggunaan pupuk organik dengan bahan yang sama secara terus menerus dapat menimbulkan ketidakseimbangan hara; b) penggunaan kompos yang belum matang dapat mengganggu pertumbuhan dan produksi tanaman; dan c) kemungkinan adanya kandungan logam berat yang melebihi ambang batas.

Peranan Pupuk Organik terhadap Sifat Fisika, Kimia, dan Biologi Tanah

Berbeda dengan pupuk kimia buatan yang hanya menyediakan satu sampai beberapa jenis hara saja, pupuk organik mempunyai peran penting dalam memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Meskipun kadar hara yang dikandung pupukorganik relatif rendah, namun peranan terhadap sifat kimia

tanah, jauh melebihi pupuk kimia buatan. Peranan pupuk organik terhadap sifat kimia tanah adalah sebagai (a) penyedia hara makro (N, P, K, Ca, Mg dan S) dan mikro (Zn, Cu, Mo, Co, B, Mn dan Fe), (b) meningkatkan Kapasitas Tukar Kation (KTK) tanah, (c) dapat membentuk senyawa kompleks dengan ion logam beracun seperti Al, Fe dan Mn sehingga logam-logam ini tidak meracuni.

Peranan pupuk organik terhadap sifat fisika tanah antara lain adalah (a) memperbaiki struktur tanah karena bahan organik dapat “mengikat” partikel tanah menjadi agregat yang mantap, (b) memperbaiki distribusi ukuran pori tanah sehingga daya pegang air (*water holding capacity*) tanahmenjadi lebih baik dan pergerakan udara (*aerose*) di dalam tanah juga menjadi lebih baik, dan (c) mengurangi (*buffer*) fluktuasi suhu tanah.

Peranan pupuk organik terhadap sifat biologi tanah adalah sebagai sumber energi dan makanan bagi mikro dan meso fauna tanah. Dengan cukupnya tersedia bahan organik maka aktivitas organisme tanah meningkat yang juga meningkatkan ketersediaan hara, siklus hara tanah, dan pembentukan pori mikro dan makro tanah oleh makroorganisme seperti cacing tanah, rayap, colembola.

Pupuk kimia buatan hanya mampu menyediakan satu (pupuk tunggal) sampai beberapa jenis (pupuk majemuk) hara tanaman, namun tidak menyediakan senyawa karbon yang berfungsi memperbaiki sifat fisik dan biologi tanah. Dengan demikian penggunaan pupuk anorganik yang tidak diimbangi dengan pemberian pupuk organik dapat merusak struktur tanah dan mengurangi aktivitas biologi tanah.

Tabel 3. Kandungan hara beberapa limbah industri cair (*sludge*) dan limbah kotoran manusia dalam keadaan kering oven *

Table 3. Nutrient content some sludge and night soil at dry oven condition

Sumber	Kandungan hara							
	Total-C	Total-N	P	K	Cu	Cr	Cd	Pb
	kg t ⁻¹							
Tekstil	308	37	7	2	0,30	0,41	0,00	0,04
Makanan	500	35	1	4	0,10	0,05	0,01	0,06
Peternakan	433	59	21	4	0,07	0,03	0,00	0,01
Kertas	307	5	1	2	0,11	0,04	0,00	0,04
Alkohol	384	43	5	8	0,13	0,02	0,00	0,07
<i>Beverage</i>	417	41	9	5	0,16	0,09	0,02	0,15
Oli	371	15	3	2	0,43	0,12	0,02	0,19
Kotoran manusia	323	23	3	3	0,14	0,04	0,00	0,07

Sumber: Setyorini *et al.* 2006 (Diolah dari Myung and Lee2001), * kering oven pada 60°C selama 12 jam

PROSES TRANSFORMASI PUPUK ORGANIK DALAM TANAH

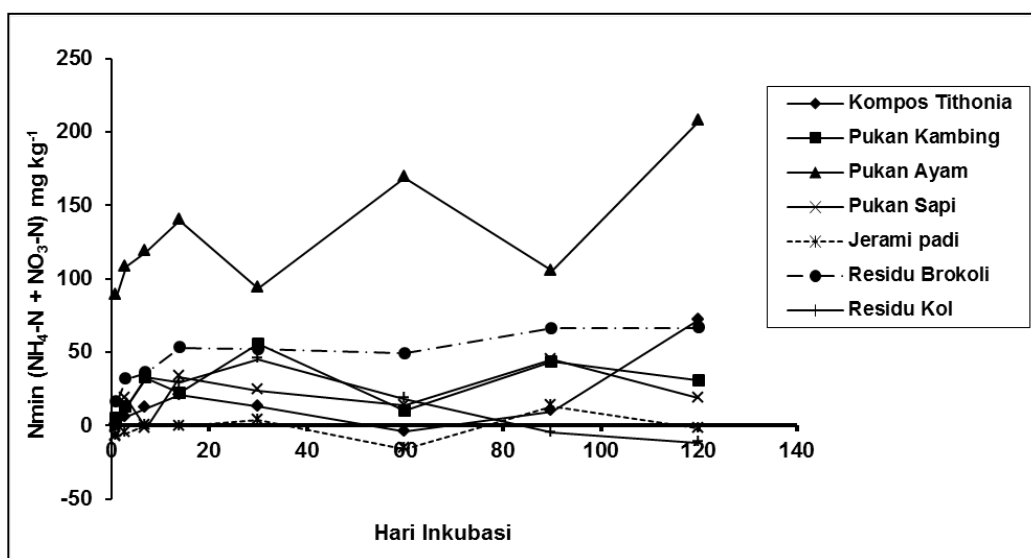
Pupuk organik ataupun bahan organik biasa dipergunakan dalam sistem pertanian di Indonesia, terutama pada sistem pertanian sayuran dataran tinggi. Jenis pupuk yang umum di pasaran adalah pupuk organik granul dengan bahan baku utama pupuk kandang sapi/ayam, jerami, ataupun tandan kosong kelapa sawit, dan dilengkapi dengan filler yang dapat berupa kapur, P-alam, gipsum, ataupun abu sekam. Sedangkan jenis bahan organik yang umum tersedia di lapangan meliputi sisa panen (jerami, brangkasan jagung, sisa tanaman sayuran seperti kubis, dan brokoli), pupuk kandang (ayam, sapi, kambing, dan kuda), pupuk hijau (tithonia, sesbania, dan legum).

Sumber organik tersebut akan mengalami perombakan yang merubah dari bentuk organik menjadi bentuk mineral dan komponen lainnya. Salah satu bentuk perubahan tersebut berupa mineralisasi dan immobilisasi yang terjadi secara simultan ketika bahan tersebut diaplikasikan ke dalam tanah, dimana proses tersebut tergantung pada komposisi bio-kimia bahan, aktivitas biologi tanah, dan faktor abiotik. Diantara parameter sifat bahan organik yang sangat berpengaruh terhadap proses perubahan adalah C/N rasio dan kadar N. Hal ini sesuai dengan hasil laporan penelitian diperoleh bahwa rasio C/N dan kadar N dari residu tanaman sering menjadi faktor pendorong proses dekomposisi (Vanlauwe *et al.* 1996; Kemp *et al.* 2003). Selanjutnya sifat bio-kimia bahan organik seperti lignin,

polyphenol, kadar selulosa atau kombinasinya kadang bisa berpengaruh terhadap pola mineralisasi yang lebih baik (Constantinides and Fownes 1994; Lehmann *et al.* 1995; Schwendener *et al.* 2005).

Selain mempercepat terjadinya proses mineralisasi, kadar nitrogen juga menjadi isu lingkungan karena jumlah yang dilepaskan dan kecepatan mineralisasinya. Dari hasil observasi Widowati *et al.* (2012). Kecepatan net mineralisasi N ($\text{kg N hari}^{-1} \text{ ha}^{-1}$) untuk jerami padi nilai rata-rata $-0.091 \text{ kg N hari}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ dan $2.28 \text{ kg N hari}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ untuk pukan ayam. Untuk jerami padi terdapat tendensi remineralisasi dari N yang diimmobilisasi setelah 70 hari inkubasi (Gambar 1). Residu brokoli memiliki relatif net N mineralisasi yang tertinggi (68,1% dari total N), dimana secara signifikan paling tinggi dibanding dengan sumber bahan organik lainnya, kemudian disusul oleh pukan ayam (47,3% dari total N yang diaplikasikan). Lebih rendah nilai relatif mineralisasi N yang berasal dari pukan sapi dan kambing, bahkan kompos tithonia yang sudah matang hampir melepaskan N dalam jumlah N yang sangat sedikit (hanya 2,6%).

Residu tanaman sisa panen brokoli dan kubis lebih mudah terdekomposisi dibanding jerami dan kompos tithonia. Demikian juga sumber dan jenis pupuk kandang memiliki perbedaan komposisi yang menonjol. Komponen yang paling menonjol itulah yang berpengaruh terhadap kecepatan mineralisasi. Koefisien korelasi merupakan indikator untuk mengukur hubungan antara relatif mineralisasi N dan karakteristik bahan organik terpilih (Tabel 4).



Sumber: Widowati *et al.* (2012)

Gambar 1. Rataan net N mineralisasi ($\text{NH}_4^+-\text{N} + \text{NO}_3-\text{N}$) dari tanah yang ditambah bahan organik

Figure 1. Net N mineralization ($\text{NH}_4^+-\text{N} + \text{NO}_3-\text{N}$) from soil added organic matter

Diantara beberapa jenis pupuk kandang, pukan ayam lalu pukan sapi yang paling sering dipergunakan oleh petani sayuran. Relatif net N mineralisasi diperoleh 47% dari total N yang ditambahkan (Tabel 5), nilai ini setara dengan hasil penelitian Sims yakni antara 40% dan 60% N yang dilepaskan dalam periode 3 sampai 4 bulan (Sims 1995), serta Chae dan Tabatabai (1986) memperoleh 61% dalam periode yang sama. Pukan sapi juga umum dipergunakan oleh petani, tetapi pelepasan relatif N (17% dari total N) adalah jauh lebih rendah dari pukan ayam. N yang dilepaskan oleh pukan sapi hampir sama dengan yang diperoleh oleh Eghball (2000), dimana mineralisasi N selama musim tanam sekitar 21% dari bahan segar dan 11% dari kompos pukan sapi. N mineralisasi dari pukan kambing hampir sama dengan pukan sapi, tetapi ada yang melaporkan lebih rendah. Sorensen *et al.* (1994a,b) mendapatkan 30% pukan kambing yang dilabel, melepaskan N dalam empat bulan pertama.

Penggunaan residu tanaman sisa panen kubis-kubisan dapat menyumbangkan 150-200 kg N ha⁻¹ (Rahn *et al.* 1992; De Neve and Hofman 1996). Widowati *et al.* (2012) memperoleh 104 dan 36 kg N ha⁻¹ atau setara 68 dan 24% dari total N dari residu brokoli

dan kubis. De Neve dan Hofman (1996) melaporkan mineralisasi 60% dari daun brokoli dan kubis merah dalam waktu 15 minggu inkubasi.

Tithonia adalah tanaman perdu liar yang dapat tumbuh disekitar lahan pertanian. Terukur bahwa kadar N adalah 3,5% N secara rata-rata di Afrika (Jama *et al.* 2000), dan 2,73 % N dari Jawa Barat (Setyorini *et al.* 2000). Biomass Tithonia telah dikenal sebagai sumber hara yang efektif untuk sayuran di bagian timur dan selatan Afrika (Jama *et al.* 2000) dan untuk cabai di Ultisols dari Sumatra Barat (Novalina *et al.* 2003).

Persentase dari N termineralisasi dari bahan organik secara positif berkorelasi dengan total N dan N-organik, (Chaves *et al.* 2004; Constantinides and Fownes 1994; De Neve *et al.* 1996; Trinsoutrot *et al.* 2000). Sebenarnya mineralisasi adalah sebuah proses N mineralisasi yang kompleks yang tidak hanya dipengaruhi oleh kadar N. Tentu saja telah dilaporkan bahwa faktor seperti lignin, selulose, polyphenols, dan kombinasinya dengan kadar N misalnya akan memperjelas hal tersebut dibandingkan bila hanya dengan kadar N dan C/N rasio (Vanlauwe *et al.* 1996; Bernhard-Reversat 1998). Beberapa peneliti mendapati korelasi negatif antara mineralisasi N dan kadar lignin

Tabel 4. Koefisien korelasi antara net mineralisasi N dan sifat kimia dan biokimia terpilih dari bahan organik yang ditambahkan

Table 4. Correlation coefficient between net mineralization N and chemical properties and biochemistry from added organic matter

Sifat kimia	Koef. korelasi	Fraksi	Koef. korelasi
N total	0,374*	Larut air	0,260ns
C-organik	0,039ns	Hemisellulose	-0,152ns
N-organik	0,476*	sellulose	0,160ns
C/N	-0,264ns	Lignin	-0,242ns

Sumber: Widowati *et al.* (2012)

Tabel 5. Bahan kering, C-Organik, N-total, dan kandungan mineral N, C/N rasio dan fraksi bahan organik pada percobaan inkubasi

Table 5. Biomass, Organic-C, Total-N and N content, C/N ratio and organic matter fraction on incubation experiment

Sumber bahan organik	Bahan kering	C	N-Total	Mineral N	C/N	Fraksi bahan organik			
						Kelarutan dalam air	Hemiselulosa	Selulosa	Lignin
 %			g kg ⁻¹	 %			
Sisa tanaman kubis	40	39,4	0,71	0,018	55,6	20,6 (+2,15)	29,0 (+3,77)	35,5 (+3,65)	14,8 (+2,07)
Sisa tanaman brokoli	20	39,1	2,50	0,043	15,6	26,2 (±2,64)	24,5 (±0,67)	38,6 (±2,13)	10,7 (±0,80)
Kompos Tithonia	18	39,1	2,84	0,289	13,8	23,9 (±2,81)	31,9 (±1,89)	29,1 (±1,00)	15,1 (±0,87)
Pupuk kandang kambing	46	35,8	2,80	0,039	11,0	11,7 (±1,89)	34,2 (±7,64)	23,9 (±3,84)	30,2 (±1,92)
Pupuk kandang sapi	68	14,3	1,25	0,010	11,4	1,9 (±0,03)	48,1 (±0,57)	8,0 (±0,30)	42,0 (±0,14)
Pupuk kandang ayam	45	17,8	1,14	1,986	15,6	1,3 (±0,20)	47,7 (±0,16)	6,7 (±0,12)	44,4 (±1,60)
	74	27,5	2,61	0,056	10,6	16,1 (±3,37)	27,5 (±4,62)	38,8 (±3,10)	17,6 (±1,77)

(Constatinides and Fownes 1994; Vanlauwe *et al.* 1996), dan kadar hemisellulose (Vanlauwe *et al.* 1996). Selain itu telah diperoleh nilai korelasi yang lebih besar antara mineralisasi N dengan fraksi larut air ($r = 0,792$, $P < 0,01$) dan fraksi lignin ($r = -0,789$; $P < 0,01$) untuk pukan.

HASIL-HASIL PENELITIAN PERANAN PUPUK ORGANIK DALAM MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS TANAMAN

Terdapat korelasi positif antara kadar bahan organik dan produktivitas tanaman padi sawah dimana makin rendah kadar bahan organik, makin rendah produktivitas lahan (Sri Adiningsih *et al.* 1988). Bahan organik berperan sebagai penyangga biologi sehingga tanah dapat menyediakan hara dalam jumlah berimbang untuk tanaman. Tanah miskin bahan organik akan berkurang kemampuan daya sangga terhadap pupuk, sehingga efisiensi pupuk anorganik berkurang karena sebagian besar pupuk akan hilang dari lingkungan perakaran (Sri Adiningsih *et al.* 1992). Mengingat pentingnya peranan bahan organik terhadap kesuburan fisik, kimia, dan biologi tanah, maka pengelolaan hara harus dilakukan secara terpadu dimana pemberian pupuk anorganik berdasarkan uji tanah dikombinasikan dengan pemupukan organik.

Hasil penelitian pengaruh jerami selama enam musim di tanah Latosol di Cicurug Sukabumi menunjukkan, bahwa pemberian jerami meningkatkan hasil padi dan efisiensi pupuk N dan P. Pemupukan urea 200 kg ha⁻¹ dan TSP 150 kg ha⁻¹ + 5 t jerami menghasilkan gabah sekitar 7 t ha⁻¹ dan meningkatkan efisiensi pupuk N dan P (Sri Adiningsih 1986).

Pemanfaatan tanaman legum yang mempunyai kemampuan memfiksasi N₂ udara seperti *Crotalaria*

juncea, *Azolla microphylla*, dan *Sesbania rostrata* di lahan sawah menunjukkan peningkatan hasil yang nyata. Pembenaan *Sesbania rostrata* (berumur 45 hari) yang tahan terhadap genangan dan membentuk bintil pada batangnya dapat menyumbangkan biomassa 12,5 t ha⁻¹ setara dengan 75 kg N ha⁻¹ atau mensubstitusi lebih dari 50% dosis anjuran urea (Sri Adiningsih 1988). Demikian pula dengan *Azolla microphylla* yang ditumbuhkan bersama-sama padi sawah dan ditanamkan secara berkala dapat menyumbang sekitar 40 t biomassa setara dengan 60 kg N ha⁻¹ serta meningkatkan KTK dan C-organik tanah (Prihatinidana Komariah 1986).

Penelitian pengaruh pupuk organik granul dan curah terhadap tanaman caisim, menunjukkan bahwa perlakuan dosis ½ NPK yang dikombinasikan dengan pupuk organik granul dan curah tidak menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun 4 MST dan produksi caisim (Tabel 6) (Suriadikarta 2010).

Aplikasi pupuk organik curah dengan dosis 150 kg ha⁻¹ yang dikombinasikan dengan NPK tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dengan perlakuan POG dosis 500 kg yang dikombinasikan dengan NPK terhadap produksi caisim (Tabel 7). Berdasarkan uraian diatas dapat dikemukakan bahwa aplikasi pupuk organik curah mempunyai efektivitas yang lebih baik atau relatif sama dengan pupuk organik granul. Pada tanaman caisim yang berumur pendek (1 bulan), pupuk organik curah memberikan kecenderungan pengaruhnya lebih baik dari pupuk organik granul. Hal ini karena pupuk organik curah mempunyai luas permukaan kontak antara pupuk dan tanah lebih tinggi dari pupuk organik granul sehingga perbaikan sifat kimia, fisik dan biologi tanah lebih baik dari pupuk organik yang berbentuk granul, demikian juga penyediaan hara juga lebih cepat untuk mendukung kebutuhan hara tanaman (Suriadikarta 2010).

Tabel 6. Pengaruh pupuk organik granul dan curah terhadap pertumbuhan dan produksi caisim di Rumah Kaca
 Table 6. Effect of granule and bulk organic fertilizer on growth and production Chinese cabbage in green house

Perlakuan	Tinggi tanaman			Jumlah daun			Produksi g pot ⁻¹
 cm			2 MST	3 MST	4 MST	
Kontrol	29,4 c	26,43 c	39,83 d	7,7 a	8,67 a	9,33 b	35,57 c
POG 2 t/ha	31,9 bc	30,57 bc	46,97 bc	7,7 a	9,33 a	11,67 a	49,97 bc
PO curah 2 t/ha	30,8 c	29,80 c	43,30 cd	8,0 a	9,67 a	11,00 ab	63,70 b
½ NPK + POG 2 t/ha	33,8 b	35,50 ab	51,83 ab	8,0 a	10,00 a	11,67 a	92,40 a
½ NPK + PO curah 2 t/ha	36,7 a	36,57 a	53,67 a	7,7 a	9,33 a	10,67 ab	96,33 a

*) Angka dalam kolom yang sama diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji DMRT

Penelitian pemupukan 75% dari dosis rekomendasi NPK yang dikombinasikan dengan 2 t ha⁻¹ POG tidak berbeda nyata dengan perlakuan NPK standar terhadap parameter jumlah dan berat malai, berat basah dan kering gabah serta berat basah dan kering jerami (Tabel 8) dan memberikan nilai RAE 90,1 (Tabel 9). Hal ini menunjukkan bahwa dengan penambahan pemberian POG sebanyak 2 t ha⁻¹ dapat mengefisienkan pemakaian pupuk anorganik NPK sebesar 25% (Siregar dan Hartatik 2010).

Uji efektivitas pupuk organik berbentuk granul dan curah terhadap tanaman padi sawah menunjukkan bahwa pupuk organik berpengaruh nyata terhadap peningkatan produktivitas tanaman. Pupuk organik yang dikombinasikan dengan ¾ NPK nyata meningkatkan

produksi padi sawah dibanding dengan kontrol lengkap dan tidak berbeda nyata dengan pupuk standar. Perlakuan pupuk organik baik granul atau curah tanpa pupuk NPK memberikan produksi padi sawah lebih rendah dari pupuk standar. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik baik granul atau curah harus dikombinasikan dengan pupuk NPK untuk meningkatkan produksi padi sawah (Tabel 10). Sejalan dengan data bobot gabah kering, perlakuan ¾ NPK + POch-1200 memberikan nilai RAE tertinggi yaitu sebesar 114% dan perlakuan ¾ NPK + POG-600 memberikan nilai RAE 110%. Berdasar nilai RAE maka perlakuan tersebut efektif meningkatkan bobot gabah kering (Tabel 11) (Hartatik dan Suriadikarta 2012).

Tabel 7. Pengaruh pupuk organik granul dan curah terhadap pertumbuhan caisim di Ultisol Cinangneng, Bogor

Table 7. Effect of granule and bulk organic fertilizer on growth Chinese cabbage on Ultisols Cinangneng, Bogor

No.	Perlakuan	Tinggi tanaman cm	Jumlah daun	Produksi caisim t ha ⁻¹
1.	Kontrol	19,9 c	7,2 c	7,1 c
2.	PO Curah (300 kg/ha)	23,2 c	8,2 c	9,4 c
3.	POG (500 kg/ha)	22,1 c	7,7 c	10,9 c
4.	NPK	33,6 b	12,1 ab	17,7 b
5.	NPK+ POG500 kg/ha	32,6 b	11,9 ab	26,4 a
6.	NPK+ PO curah 150 kg/ha	31,8 b	10,8 ab	29,1 a
7.	NPK+ PO curah 300 kg/ha	32,4 b	11,7 ab	26,6 a
8.	NPK+ PO curah 450 kg/ha	31,0 b	11,8 ab	20,6 b
9.	NPK+ PO curah 600 kg/ha	38,0 a	12,4 a	29,6 a

*) Angka dalam kolom yang sama diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji DMRT

Tabel 8. Pengaruh perlakuan pemupukan terhadap berat kering dan basah gabah serta jerami tanaman padi varietas IR-64 di rumah kaca

Table 8. Effect of fertilization treatment on dry and wet grain rice and straw in green house

No.	Perlakuan	Gabah		Jerami	
		Berat basah	Berat kering	Berat basah	Berat kering
..... g					
1.	Kontrol	15,227 f	12,263 f	30,903 de	13,787 g
2.	NPK standar	25,277 a	19,967 ab	49,010 abc	20,137 abc
3.	NPK + 2 t jerami	26,283 a	21,223 a	46,523 a-d	20,940 ab
4.	NPK + 2 t pukan sapi	21,453 bc	16,313 cde	39,113 b-e	18,213 cde
5.	NPK + 2 t POG	24,603 a	19,513 ab	55,307 a	21,577 a
6.	50% NPK + 2 t jerami	17,723 ef	14,747 def	31,587 de	15,273 fg
7.	50% NPK + 2 t pukan sapi	17,673 ef	14,457 ef	32,330 de	16,567 ef
8.	50% NPK + 2 t POG	19,577 cde	17,630 bcd	35,343 cde	18,883 bcd
9.	75% NPK + 2 t jerami	21,173 bcd	17,160 b-e	29,620 e	17,717 de
10.	75% NPK + 2 t pukan sapi	18,360 de	14,897 def	29,790 e	16,503 ef
11.	75% NPK + 2 t POG	24,093 ab	19,207 abc	51,673 ab	19,590 a-d

*) Angka yang diikuti oleh huruf sama dan pada lajur yang sama tidak berbeda nyata pada Uji DMRT taraf 5%.

Tabel 9. Pengaruh perlakuan pemupukan terhadap berat kering gabah padi dan RAE

Table 9. Effect of fertilization treatment on dry grain rice and RAE

No.	Perlakuan	Berat kering gabah	RAE
		g	%
1.	Kontrol	12,263 f	-
2.	NPK standar	19,967 ab	100
3.	NPK + 2 t jerami	21,223 a	116,3
4.	NPK + 2 t pukan sapi	16,313 cde	52,6
5.	NPK + 2 t POG	19,513 ab	94,1
6.	50% NPK + 2 t jerami	14,747 def	32,2
7.	50% NPK + 2 t pukan sapi	14,457 ef	28,5
8.	50% NPK + 2 t POG	17,630 bcd	69,7
9.	75% NPK + 2 t jerami	17,160 b-e	63,6
10.	75% NPK + 2 t pukan sapi	14,897 def	34,2
11.	75% NPK + 2 t POG	19,207 abc	90,1

Tabel 10. Pengaruh pupuk organik curah dan granul terhadap bobot jerami dan gabah kering tanaman padi sawah pada tanah Inceptisol, Bogor

Table 10. Effect of granule and bulk organic fertilizer on straw and dry grain on Inceptisols, Bogor

No.	Perlakuan	Bobot kering			
		Jerami	Gabah	Gabah 1.000 butir	Gabah/jerami
		t ha ⁻¹		g	
1.	Kontrol Lengkap	6,25 cd	4,99 h	26,37 ab	0,80
2.	POG (Granul)	4,29 e	5,63 g	25,87 b	1,31
3.	PO curah (POch)	5,53 de	5,99 fg	26,47 ab	1,08
4.	NPK standar	8,42 b	8,15 abc	26,77 ab	0,97
5.	¾ NPK + POG-600	6,64 bcd	8,47 ab	27,00 ab	1,28
6.	¾ NPK + POG-900	7,15 bcd	7,11 e	25,83 b	0,99
7.	¾ NPK + POG-1200	8,36 b	8,17 abc	26,23 ab	0,98
8.	¾ NPK + POG-1500	6,97 bcd	7,74 cd	25,80 b	1,11
9.	¾ NPK + POch-600	7,85 bc	7,87 bcd	26,90 ab	1,00
10.	¾ NPK + POch-900	10,33 a	8,19 abc	27,73 a	0,79
11.	¾ NPK + POch-1200	6,69 bcd	8,60 a	26,67 ab	1,29
12.	¾ NPK + POch-1500	7,64 bc	8,28 abc	26,97 ab	1,08
13.	¾ NPK	6,47 cd	7,31 de	25,40 b	1,13
14.	½ NPK	6,66 bcd	6,40 f	27,00 ab	0,96

*) Angka dalam kolom yang sama diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji DMRT

Tabel 11. Pengaruh pupuk organik curah dan granul terhadap nilai relatif efektivitas agronomi (RAE) pada tanah Inceptisols, Bogor

Table 11. Effect of granule and bulk organic fertilizer on relative agronomic effectiveness on Inceptisols, Bogor

No.	Perlakuan	RAE (%)
1.	Kontrol Lengkap	-
2.	POG (Granul)	20
3.	PO curah (POch)	32
4.	NPK standar	100
5.	¾ NPK + POG-600	110
6.	¾ NPK + POG-900	67
7.	¾ NPK + POG-1200	101
8.	¾ NPK + POG-1500	87
9.	¾ NPK + POch-600	91
10.	¾ NPK + POch-900	101
11.	¾ NPK + POch-1200	114
12.	¾ NPK + POch-1500	104
13.	¾ NPK	73
14.	½ NPK	45

KEBUTUHAN PUPUK ORGANIK BERBAGAI KOMODITAS PANGAN DI LAHAN SAWAH DAN LAHAN KERING

Pemanfaatan pupuk kandang untuk padi sawah jumlahnya jauh lebih sedikit dari pada untuk lahan kering (pangan dan sayuran). Jumlah maksimum pupuk kandang yang umum dipergunakan petani padi sawah <2 t pukan ha⁻¹, sedangkan petani sayuran mencapai 25-75 tha⁻¹. Hasil-hasil penelitian aplikasi pupuk kandang pada lahan sawah yang dikombinasikan dengan pupuk anorganik dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk organik dalam kisaran 2-20%.

Pupuk organik mempunyai kandungan hara yang rendah, maka bahan/pupuk organik memerlukan 15-25 kali lebih berat untuk menyediakan hara yang sama jumlahnya dengan hara yang disediakan dari pupuk kimia buatan. Dalam 4 t jerami terkandung sekitar 30 kg N, 2 kg P, 93 kg K, 10 kg Ca, 6 kg Mg, 1 kg S, dan sejumlah unsur mikro Fe, Mn, Zn, Si, Cu, B, Cl, Cu (Agus dan Widiyanto 2004). Apabila semua jerami tersebut dikembalikan untuk tanaman, maka jerami akan dapat mengembalikan hara setara dengan pemberian 50 kg N, 12 kg SP36, dan hampir 180 kg KCl, walaupun sebagian dari unsur tersebut hilang melalui beberapa proses fisik, kimia, dan biologi sehingga tidak dapat dimanfaatkan tanaman. Apabila tanaman padi sawah memerlukan penambahan 250 kg urea, 75 kg SP36, dan 100 kg KCl maka masih diperlukan tambahan sekitar 200 kg urea, dan 63 kg SP-36. Sedangkan hampir semua kebutuhan K akan dapat dipenuhi dari jerami, terutama bila tanah mempunyai status K tinggi.

Apabila semua hara untuk padi tersebut dipenuhi dari pupuk kandang sapi, maka dengan kandungan hara pupuk kandang 0,65% N, 0,15% P, dan 0,3% K diperlukan sebanyak kurang lebih 19 t ha⁻¹ pupuk kandang sapi atau 8 t ha⁻¹ pupuk kandang ayam. Namun di dalam 19 t pupuk kandang sapi tersebut, selain 114 kg N terkandung pula sekitar 28 kg P, 57 kg K, 23 kg Ca, 19 kg Mg, dan 17 kg S. Dalam 8 t pupuk kandang ayam, selain 120 kg N, terkandung pula sekitar 56 kg P, 71 kg K, 24 kg Ca, 70 kg Mg, dan 2,4 kg S (Agus 2000).

Namun pada umumnya petani, terutama untuk padi sawah hanya mampu menyediakan sekitar 2-5 t pupuk kandang (berat basah; dengan kadar air sekitar 60%). Dengan demikian untuk tanaman padi, jagung, dan tanaman biji-bijian lainnya pupuk kandang hanya mampu menjadi suplemen (pelengkap), sehingga penambahan pupuk buatan masih diperlukan. Untuk

areal yang relatif kecil dan tanaman yang bernilai ekonomi tinggi seperti sayuran, petani malah menggunakan pupuk kandang sampai 30 t ha⁻¹. Namun untuk padi yang nilai jualnya relatif rendah, penggunaan pupuk organik dalam jumlah tinggi (memenuhi seluruh kebutuhan hara tanaman) hanya dapat dilakukan oleh sejumlah kecil petani saja, misalnya dalam sistem budidaya pertanian organik.

INOVASI TEKNOLOGI PUPUK ORGANIK

Pupuk organik yang beredar di pasaran umumnya mempunyai kandungan hara yang rendah dan penyediaan hara yang lambat dibandingkan pupuk anorganik (buatan pabrik). Oleh karena itu, untuk meningkatkan kandungan hara dalam pupuk organik, diperlukan formulasi pupuk dengan pengkayaan bahan mineral dan bahan hijauan seperti *Tithonia diversifolia* yang mempunyai kadar hara N, P, dan K tinggi. Bahan mineral tersebut dapat berupa fosfat alam dan dolomit yang merupakan bahan alami yang mengandung hara makro dan mikro serta harganya lebih murah.

Penggunaan *Tithonia* sebagai sumber pupuk dapat direkomendasikan untuk sayuran organik, karena merupakan bahan insitu, mudah tumbuh, dan mengandung hara N, P, dan K yang cukup tinggi. Kandungan N tanaman berkisar antara 1,46-4,0%; K sebesar 1,8-5,1%; dan P sebesar 0,3-1,3% (Setyorini *et al.* 2004).

Produk pupuk organik dari Balai Penelitian Tanah yaitu Tithoganic, POG, dan POCr plus. Tithoganic merupakan pupuk organik yang diperkaya dengan bahan hijauan *Tithonia diversifolia*, fosfat alam/dolomit diharapkan dapat meningkatkan kadar hara dan kualitas pupuk organik selain dapat mempercepat proses pengomposan, bersifat slow release, dan mengurangi dosis aplikasi. Tithoganic berbentuk curah dan granul dengan kandungan hara sebagai berikut: C-organik 20-35%; C/N 15-25%; pH 6-8; kadar P₂O₅ 2-4%; K₂O 2-4%; Ca 3-4%; Mg 0,5-2%; kadar air granul 3-15% dan curah 7-20%. Karakteristik fisika: retensi air 20% dan stabilitas agregat 20%, sedangkan karakteristik biologi mampu meningkatkan respirasi tanah. Keunggulan dari Tithoganic mampu mengefisienkan dosis pupuk organik sampai 50% dengan efek yang sama, meningkatkan efisiensi pemupukan sehingga dapat mengurangi penggunaan pupuk anorganik 30%. Pupuk organik curah dan granul plus diformulasi untuk mengatasi permasalahan

rendahnya kualitas pupuk organik granul yang banyak beredar di masyarakat saat ini.

Pada saat ini banyak bermunculan berbagai jenis pupuk organik umumnya dalam bentuk granul maupun cair yang kualitas dan efektivitasnya terhadap tanaman bervariasi. Agar penggunaan pupuk organik berdaya guna maka perlu di standarisasi oleh pemerintah. Pembinaan produsen pupuk organik dan pengawasan mutu pupuk organik perlu dilakukan secara intensif agar petani tidak dirugikan dan produktivitas tanaman dapat di tingkatkan.

Dalam upaya penertiban dan pengawasan kualitas pupuk organik yang beredar di pasaran, Kementerian Pertanian telah menerbitkan Peraturan Menteri Pertanian No. 70/Permentan/SR.140/10/2011 tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenh Tanah. Dalam keputusan tersebut ditetapkan bahwa semua pupuk organik dan pembenh tanah yang akan diedarkan di pasaran harus mempunyai nomor pendaftaran. Untuk tujuan tersebut, perlu dilakukan uji mutu di laboratorium dan efektivitas pupuk di lapangan agar setiap pupuk yang beredar mempunyai mutu yang sesuai dengan standar mutu dan efektif meningkatkan hasil tanaman dan atau memperbaiki kesuburan tanah.

PELUANG DAN TANTANGAN PENGEMBANGAN PUPUK ORGANIK DI INDONESIA

Indonesia tergolong daerah tropis dengan curah hujan yang tinggi, tingkat perombakan bahan organik berjalan relatif cepat, sehingga pupuk organik diperlukan dalam jumlah besar. Hal ini menimbulkan kesulitan dalam pengangkutan, dan pengadaannya. Terlebih bila pupuk organik tersebut harus didatangkan dari tempat yang cukup jauh.

Kadar hara dalam pupuk organik relatif rendah dan sangat bervariasi, sehingga manfaatnya bagi tanaman berlangsung dalam jangka panjang. Oleh karena itu, penggunaan pupuk organik sebaiknya harus dikombinasikan dengan pupuk anorganik dengan takaran yang lebih rendah. Apabila hanya menggunakan pupuk organik saja dikhawatirkan produktivitas tanah dan tanaman akan terus merosot, karena tanaman menguras hara dalam tanah tanpa pengembalian unsur hara dari pupuk yang memadai. Penggunaan pupuk organik dengan bahan yang sama terus-menerus juga akan menimbulkan ketidakseimbangan hara dalam tanah sehingga dapat terjadi akumulasi hara K dan

defisiensi Mg. Penggunaan pupuk organik dengan C/N rasio tinggi dan belum matang dapat menimbulkan kekahatan N.

Beberapa bahan dasar pembuatan pupuk organik yang terdiri atas bahan-bahan berserat panjang dan keras dapat menyulitkan proses produksinya. Untuk itu diperlukan alat pengolah/pemotong (*chopper*) agar menjadi lebih kecil atau pendek sehingga mudah dikomposkan. Selain itu, pupuk organik dapat membawa patogen dan telur serta serangga yang mengganggu tanaman. Pupuk kandang seringkali mengandung benih gulma atau bibit penyakit bagi manusia. Pupuk kandang juga mempunyai bau yang tidak enak bagi lingkungan, meskipun tidak beracun. Sedangkan pupuk hijau kadang-kadang dapat menimbulkan alelopati bagi tanaman pokok. Pupuk organik terutama yang berasal dari sampah kota atau limbah pabrik bisa mengandung logam berat. Jika pupuk tersebut digunakan pada tanah berdrainase buruk akan menimbulkan akumulasi logam berat dan metan yang dapat berbahaya bagi ternak dan manusia, baik langsung maupun melalui tanaman yang menyerap logam berat tersebut.

Berdasarkan permasalahan yang dihadapi, maka strategi yang dapat dilakukan untuk mendorong implementasi penggunaan pupuk organik (Setyorini 2010) adalah:

- a. Menerapkan teknologi yang relatif murah dan mudah dikerjakan petani, misalnya dengan pengadaan pupuk organik insitu secara *alley cropping*, *strip cropping*, ataupun menanam *cover crop*, dan mengembalikan sisa panen ke lahan usahatannya.
- b. Mendorong tumbuhnya industri kecil, yaitu industri pupuk organik di daerah sentra produksi yang mempunyai bahan baku melimpah, untuk mengatasi masalah yang ada terutama pengangkutan karena jumlah pupuk organik yang diperlukan relatif besar jumlahnya.
- c. Kebijakan pemerintah memberikan bantuan alat untuk membuat pupuk organik dan atau mikroba dekomposer agar mempercepat proses pengomposan kepada kelompok tani di sentra usahatani lahan sawah maupun lahan kering.
- d. Melaksanakan pengawasan mutu pupuk organik dan menerapkan standar mutu pupuk organik yang ramah lingkungan.

PENUTUP

Pengawasan dan monitoring terhadap mutu pupuk organik seperti yang tertuang dalam Permentan No. 70/2011 tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenh Tanah perlu ditingkatkan dalam rangka mengantisipasi semakin banyaknya peredaran pupuk organik dalam berbagai jenis, bentuk, dan mutu yang belum terjamin dan teruji kebenarannya, serta dikawatirkan berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan.

Pemanfaatan pupuk organik bersama pupuk anorganik dalam sistem pengelolaan hara terpadu spesifik lokasi seperti tertuang dalam Permentan No. 40/2007 tentang Rekomendasi Pupuk N, P, K Padi Sawah Spesifik Lokasi untuk meningkatkan produktivitas padi sawah perlu disosialisasikan secara intensif. Pengembalian bahan organik atau pemberian pupuk organik ke dalam tanah telah diterapkan dalam sistem budidaya pertanian organik (*organic farming*) dan *System rice of intensification* (SRI).

Pemberian pupuk organik yang dikombinasikan dengan pupuk anorganik, telah diterapkan dalam sistem pengelolaan tanaman terpadu (PTT), sistem integrasi padi/palawija dan ternak (SIPT), sistem pertanian mandiri yang mengintegrasikan ternak dan tanaman *crop livestock system* (CLS). Pemberian pupuk organik dalam sistem pertanian tersebut bertujuan untuk memperbaiki kesuburan fisik, kimia, dan biologi tanah serta mengefisienkan penggunaan pupuk anorganik. Penggunaan tanaman legum baik berupa tanaman lorong (*alley cropping*) maupun tanaman penutup tanah (*cover crop*) serta bahan organik insitu, perlu diintensifkan untuk mendukung pengembangan pupuk organik non komersial dan pemulihan kesuburan tanah.

Pemberdayaan masyarakat dan kelompok tani dalam pengadaan pupuk organik dapat dilakukan melalui: a) melatih petani membuat pupuk organik insitu yang berasal dari kotoran ternak dan sisa tanaman yang dikomposkan menggunakan mikroba dekomposer atau mikroba lokal (MOL); b) mendorong petani melakukan diversifikasi usaha pertanian berbasis ternak; dan c) mendorong petani melakukan pengelolaan bahan organik insitu terutama pada lahan kering.

DAFTAR PUSTAKA

Agus, F. 2000. Konstibusi bahan organik untuk meningkatkan produksi pangan pada lahan kering bereaksi masam. *Dalam* Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Lahan. Cisarua-Bogor, 9-11 Februari 1999. Buku III. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat.

- Agus, F. dan Widiyanto. 2004. Petunjuk Praktis Konservasi Tanah Lahan Kering. World Agroforestry Centre. Bogor. Hlm 102. (www.worldagroforestrycentre.org sea).
- Bernhard-Reverseat, F. 1998. Change in CO₂ Release relationships with initial litter quality during early laboratory decomposition of tropical leaf litters. *European Journal of Soil Science* 34:117-122.
- Bot, A. and J. Benites. 2005. The Importance of Soil Organic Matter, Key to Drought-resistant Soil and Sustained Food Production. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Brady, N.C. and R.R. Weil. 2002. The Nature and Properties of Soils, 14th Edition. Pearson Education, Inc. Upper Saddle River, New Jersey.
- Biocert. 2002. Info Organis. Penjaminan Produk dalam Sistem Pertanian Organik. Bogor.
- Chae, Y.M. and M.A. Tabatabai. 1986. Mineralization of nitrogen in soils amended with organic wastes. *Journal of Environmental Quality* 15:193-198.
- Constantinides, M. and J.H. Fownes. 1994. Nitrogen mineralization from leaves and litter of tropical plants: relationship to nitrogen, lignin and soluble polyphenol concentrations. *Soil Biology and Biochemistry* 26:49-55.
- Chaves, B., S. De Neve, G. Hofman, P. Boeckx, and O. Van Cleemput. 2004. Nitrogen mineralization of vegetable root residues and green manures as related to their (bio)chemical composition. *Europ. J. Agronomy* 21:161-170.
- De Neve, S. and G. Hofman. 1996. Modeling N mineralization of vegetable crop residues during laboratory incubations. *Soil Biology and Biochemistry* 28:1451-1457.
- Diamond. 1985. Availability and management of phosphorus in wetland soils in relation to soil characteristic. Pp 269-283. *In* Wetland Soil: Characterization, Classification and Utilization. IRRI, Los Banos, Philippines.
- Eghball, B. 2000. Nitrogen mineralization from field-applied beef cattle feedlot manure or compost. *Science Society of America Journal* 64:2024-2030.
- FAO. 1977. Cina: recycling of organic wastes in agricultures. *Soil Bull.* 40.
- Funk, R.C. Comparing organic and inorganic fertilizer. <http://www.newenglandisa.org/FunkHandoutsOrganicInorganicFertilizers.pdf>.
- Hartatik, W. dan D.A. Suriadikarta. 2012. Pengaruh pupuk organik granul dan curah terhadap sifat kimia tanah, pertumbuhan dan produksi padi sawah. *Dalam* Prosiding HITI X di Surakarta, 6-8 Desember 2011.
- IFOAM (International Federation Organic Movement). 2002. Organik agriculture worldwide: statistic and future prospects. The World Organic Trade Fair Nurnberg, BIO-FACH. Intensification, Soil Biodiversity and Agroecosystem Function. *Applied Soil Ecology* 6:3-16.
- Jama, B., C.A. Palm, and R.J. Buresh. 2000. *Tithonia diversivolia* as a green manure for soil fertility

- improvement in Western Kenya: A review. *Agroforestry System* 49:201-221.
- Kasno, A., D. Setyorini, dan Nurjaya. 2003. Status C-organik Lahan Sawah di Indonesia. *Dalam* Prosiding Himpunan Ilmu Tanah Indonesia, Universitas Andalas, Padang.
- Kemp, P.R., J.F. Reynolds, and R.A. Virginia. 2003. Decomposition of leaf and root litter of chihuahuan desert shrubs: effect of three years of summer drought. *Journal of Arid Environments* 53:21-39.
- Lehman, J., T. Feilner, G. Gebauer, and W. Zech. 1995. Decomposition and nutrient release from leaves stems and roots of three ally-cropped tree legumes in Central Togo. *Agroforestry Systems* 29:21-36.
- Myung Ho Un and Youn Lee. 2001. Evaluation of organic waste for composting and quality control of commercial composts in Korea. *International Workshop on Recent Technologies of Composting and their Application*.
- Novalina, N.H. and T.B. Prasetyo. 2003. Substitution of anorganik fertilizer N K with N K from *Tithonia diversivolia* for Chili (*Capsicum annum* L.) planted on an Ultisol-West Sumatera". Pp 612-630 *In* Proceeding of HITI Conference (Soil Science Society of Indonesia). Padang, West Sumatera, 21-23 July 2003.
- Peraturan Menteri Pertanian No. 70/Permentan/SR.140/10/2011 tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenah Tanah.
- Prihatini, T. dan Komariah. 1986. Pemanfaatan Azolla dalam budidaya padi sawah. Hlm 217-227. *Dalam* Prosiding Pertemuan Teknis Pusat Penelitian Tanah, Cipayung, 18-20 Maret 1986.
- Kementerian Pertanian. 2011. Peraturan Menteri Pertanian No. 40/Permentan/OT.140/4/2007 tentang Rekomendasi Pemupukan N, P, K pada Padi Sawah Spesifik Lokasi.
- Prasetyo, B.H., J.S. Adiningsih, dan K. Subagyo. 2004. Mineralogi, kimia, fisika dan biologi tanah sawah. *Dalam* Tanah Sawah dan Teknologi Pengelolaannya. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Rahn, C.R., L.V. Vaidyanathan, and C.D. Paterson. 1992. Nitrogen Residues from Brassica Crops. *Aspects of Applied Biology*, 30:263-270.
- Rao, N.S. 1982. *Advance in Agricultural Microbiology*. Oxford & IBH Pub. Co. New Delhi, Bombay, Calcuta.
- Schwendener, C.M., J. Lehmann, and P.B. de Camargo. 2005. Nitrogen transfer between high and low quality leaves on a nutrient-poor Oxisols determined by ¹⁵N Enrichment. *Soil Biology and Biochemistry*, 37:787-794.
- Setyorini, D. Pengembangan Pupuk Organik. 2010. Bahan Sinjak Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Setyorini, D., R. Saraswati, dan Ea Kosman Anwar. 2006. Kompos. *Dalam* Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Litbang.
- Setyorini, D., L.R. Widowati, and W. Hartatik. 2000. Organic fertilizer characteristic by composting technique for organic farming cultivation. *In* Proceeding IX HITI (Soil Science Society of Indonesia), Yogyakarta.
- Setyorini, D., W. Hartatik, and L.R. Widowati. 2004. Laporan Akhir Penelitian Teknologi Pengelolaan Hara pada Budidaya Pertanian Organik. Laporan Bagian Proyek Penelitian Sumberdaya Tanah dan Proyek Pengkajian Teknologi Pertanian Partisipatif.
- Sims, J.T. 1995. Organic wastes as alternative nitrogen sources. Pp. 487-535. *In* Bacon P.E. *et al.* (Eds.). Nitrogen Fertilization in the Environment. Marcel Dekker, Inc., New York, NY.
- Siregar, A.F. dan W. Hartatik. 2010. Aplikasi Pupuk Organik dalam Meningkatkan Efisiensi Pupuk Anorganik pada Lahan Sawah. Seminar Nasional Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor, 30 November-1 Desember 2010.
- SOEL-Survey Statistics Organic. 2004. The World of Organic Agriculture. <http://www.soel.de/inhalte/publicationen> Diakses 30 September 2007.
- Sorensen, P., E.S. Jensen, and N.E. Nielsen. 1994a. Labeling of animal manure nitrogen with ¹⁵N. *Plant and Soil*, 162:31-37.
- Sorensen, P., E.S. Jensen, and N.E. Nielsen. 1994b. The fate of ¹⁵N-labelled organic nitrogen in sheep manure applied to soils of different texture under field conditions. *Plant and Soil*, 162:39-47.
- Sri Adiningsih, J., M. Sudjadi, and S. Rochayati. 1999. Organic Matter Management to Increase Fertilizers Efficiency and Soil Productivity: ESCAP/FAO-DCDC Regional Seminar on the Use of Recycled Organic Matter. Guangchong-Chengdu, China, 4-14 May, 1998.
- Sri Adiningsih, J. 1992. Peranan Efisiensi Penggunaan pupuk untuk Melestarikan Swasembada Pangan. Orasi Pengukuhan Ahli Peneliti Utama. Badan Litbang Pertanian, Deptan.
- Sri Adiningsih, J., S. Rochayati, D. Setyorini, dan M. Sudjadi. 1988. Efisiensi penggunaan pupuk pada lahan sawah. Simposium Penelitian Tanaman Pangan II, Puncak, Bogor, 21-23 Maret 1988.
- Sri Adiningsih, J. 1986. Peranan Limbah Pertanian Khususnya Jerami dalam Penerapan Pemupukan Berimbang. Hlm 203-215. *Dalam* Prosiding Pertemuan Teknis Penelitian Tanah. Cipayung 18-20 Maret 1986. Pusat Penelitian Tanah, Bogor.
- Sri Adiningsih, J. 1984. Pengaruh Beberapa Faktor terhadap Penyediaan Kalium Tanah Sawah Daerah Sukabumi dan Bogor. Fakultas Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Stevenson, F.J. 1994. *Humus Chemistry Genesis, Composition, Reaction*. John Willey and Sons. New York.
- Suriadikarta, D.A. 2010. Pengaruh Pupuk Organik Granul dan Curah Terhadap Tanaman Caisim. Laporan Penelitian Balai Penelitian Tanah. Bogor (*unpublished*).
- Tan, K.H. 1993. *Environmental Soil Science*. Marcel Dekker. Inc. New York.

- Trinsoutrot, I., S. Recous, and B. Bentz. 2000. Biochemical quality of crop residues and carbon nitrogen mineralization kinetics under non limiting nitrogen conditions. *Soil Science Society of America Journal*, 64:918-926.
- Vanlauwe, B., O.C. Nwoke, N. Sanginga, and R. Merckx. 1996. Impact of residue quality on the c and n mineralization of leaf and root residues of three agroforestry species. *Plant and Soil*, 183:221-231.
- Widowati, L.R., D. Setyorini, dan S. Rochayati. 2012a. Pengukuran Pelepasan dan Serapan Fe dari Pupuk Organik serta Uji Efektivitas Pupuk Organik Petroganik terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Padi. Laporan Akhir Kerjasama Penelitian Balittanah dan PT Petrokimia Gresik 2012. (*unpublished*).
- Widowati, L.R., S. Sleutel, and D. Setyorini. 2012b. Nitrogen mineralization from amended and unamended intensively managed tropical Andisols and Inceptisols. *Soil Research*, 50:136-144.
- Widowati, L.R. dan S. Rochayati. 2003. Identifikasi Kebutuhan Hara S, Ca, Mg, Cu, Zn, dan Mn pada Tanah Sawah Intensifikasi. Makalah diseminarkan pada Kongres HITI di Padang, 21-24 Juli 2003.
- Yoshida, S. 1981. *Foundamentals of Rice Crop*. The International Rice Research Institute, Manila, Philippines.