

¹⁾PENGOMPOSAN LIMBAH ORGANIK PERTANIAN UNTUK MENGHASILKAN PUPUK ORGANIK YANG SEHAT DAN RAMAH LINGKUNGAN

²⁾Suhartini

Abstrak

Indonesia sejak lama dikenal sebagai negara agraris. Praktek pertanian yang telah berlangsung lama tentu telah merubah lingkungan pertanian sekarang ini khususnya tanah-tanah pertanian menjadi tidak subur waktu dahulu. Dengan kata lain penggunaan tanah secara terus menerus untuk bercocok tanam telah menciptakan kemunduran tanah yang ditandai oleh maraknya erosi dan tanah longsor serta kebutuhan pupuk baik organik maupun pupuk buatan dengan jumlah yang cukup besar. Upaya untuk mengembalikan kesuburan tanah yang berkelanjutan dengan diantaranya dapat dilakukan dengan menggunakan agen pupuk organik yang akhir-akhir ini sedang digemari. Dalam hal ini Limbah organik pertanian merupakan sumber pupuk organik yang penting bagi tanah-tanah pertanian kita.

Limbah organik pertanian yang dikenal di sekitar kita dapat berupa sisa-sisa tanaman, kotoran hewan ternak, sisa pakan, media bekas budidaya jamur, sampah kebun dan sebagainya. Bahan-bahan organik merupakan pupuk organik penting bagi masyarakat guna memperbaiki kondisi tanah. Namun pemakaian bahan organik sebagai pupuk organik dewasa ini juga harus memperhatikan berbagai hal agar tidak merugikan bagi lingkungan. Penanganan limbah organik dengan pengomposan merupakan cara yang dewasa ini dianggap sangat ramah lingkungan guna memproduksi pupuk organik yang sehat berupa kompos. Melalui pengomposan, selain kualitas pupuk dapat dipertanggung jawabkan, lingkungan pertanian yang diberi kompos juga tidak tercemar. Sejalan dengan santernya gaung isu polusi lingkungan, pengurangan penggunaan pupuk kimia, mempertahankan kesuburan tanah alami secara berkelanjutan, dan meminimasi munculnya tempat-tempat penampungan sampah yang baru, teknologi pengomposan layak diperhitungkan dewasa ini.

Kata-kata kunci: Pengomposan-Limbah Organik Pertanian-Pupuk Organik-Ramah Lingkungan

¹⁾ Makalah disampaikan pada Seminar Nasional Pengelolaan Lingkungan Pertanian , di Universitas Sebelas Maret, Surakarta 21-10-2003

²⁾ Ir Suhartini MS, Dosen Prodi Biologi FMIPA dan Puslit-PKLH Universitas Negeri Yogyakarta

COMPOSTING OF AGRICULTURAL WASTES CAN PRODUCE A HYGIENIC ORGANIK FERTILIZER AND FAVOURABLE ENVIRONMENTALLY

Abstract

Indonesia is an agricultural country. Most of the population life from agricultural sector. The use of soil for agricultural practice during long time has made soil become unfertile and also eroded easily by the rain in the humid season. The most common practice to restore soil fertility is to add organik matter which preferentially should be sufficiently stabilized to produce beneficial effect. There are many kinds of organik fertilisers like green manure, animal manure, compost and so on. The application of organik matter as a organik

fertilisers must consider the character of each organik wastes. In addition the treatment of wastes is very important to produce a good organik fertilisers. Composting is one of many kinds waste management systems that able to produce organik or natural fertilizers that recognized with compost, rich in plant nutrients. By sanitising the material composted at 70°C, compost is material organik free from pathogen.

Key words: Composting-agricultural organik wastes-hygienic-organik fertilizer-environment

Pendahuluan

Pertanian merupakan sumber pangan bagi sebagian besar masyarakat Indonesia. Hingga kinipun julukan itu masih melekat erat di sebagian besar penduduk kita terutama yang tinggal di pedesaan. Berbagai model bercocok tanam terdapat di tanah air kita, mulai dari bertanam padi, palawija, tanaman hutan dengan berbagai variasinya yang tergantung dari kondisi setiap wilayah. Sebagai negara agraris, berbagai aneka produk pertanian sangat mudah dijumpai, mulai dari buah-buahan, sayur-sayuran, padi, jagung, ketela, kayu hewan ternak seperti sapi, kerbau, ayam, kuda. Bahkan akhir-akhir ini di beberapa tempat sector pertanian telah berkembang dari tradisonal ke industri, sebagai contohnya adalah industri peternakan ayam. Namun demikian penggunaan tanah secara terus menerus untuk bercocok tanam telah menciptakan kemunduran tanah yang ditandai oleh maraknya erosi dan tanah longsor serta kebutuhan pupuk baik organik maupun buatan dengan jumlah yang cukup besar. Peledakan penduduk dan kemiskinan diantaranya juga ikut menjadi pendorong makin rusaknya lingkungan pertanian. Upaya untuk mengembalikan kesuburan tanah yang berkelanjutan dengan menggunakan agen pupuk organik rupanya sedang digemari akhir-akhir ini. Limbah organik pertanian merupakan sumber pupuk organik yang penting bagi petani kita.

Limbah Organik Pertanian

Limbah organik pertanian yang dikenal di sekitar kita dapat berupa sisa-sisa tanaman, kotoran hewan ternak, sisa pakan, media bekas budidaya jamur, sampah kebun dan sebagainya. Bahan-bahan organik tersebut apabila digunakan sebagai pupuk untuk memperbaiki kondisi tanah oleh petani sering dikelompokkan dalam istilah pupuk kandang, pupuk hijau, dan kompos. Jenis-jenis bahan organik yang berasal dari limbah pertanian tersebut mempunyai ciri-ciri yang spesifik baik dilihat dari aspek fisik, khemik maupun biologik. Berhubung sifatnya tidak sama maka pengaruhnya terhadap lingkungan tanah bila dijadikan sebagai bahan pupuk atau (amendments) tentu berbeda. Meskipun karakteristiknya

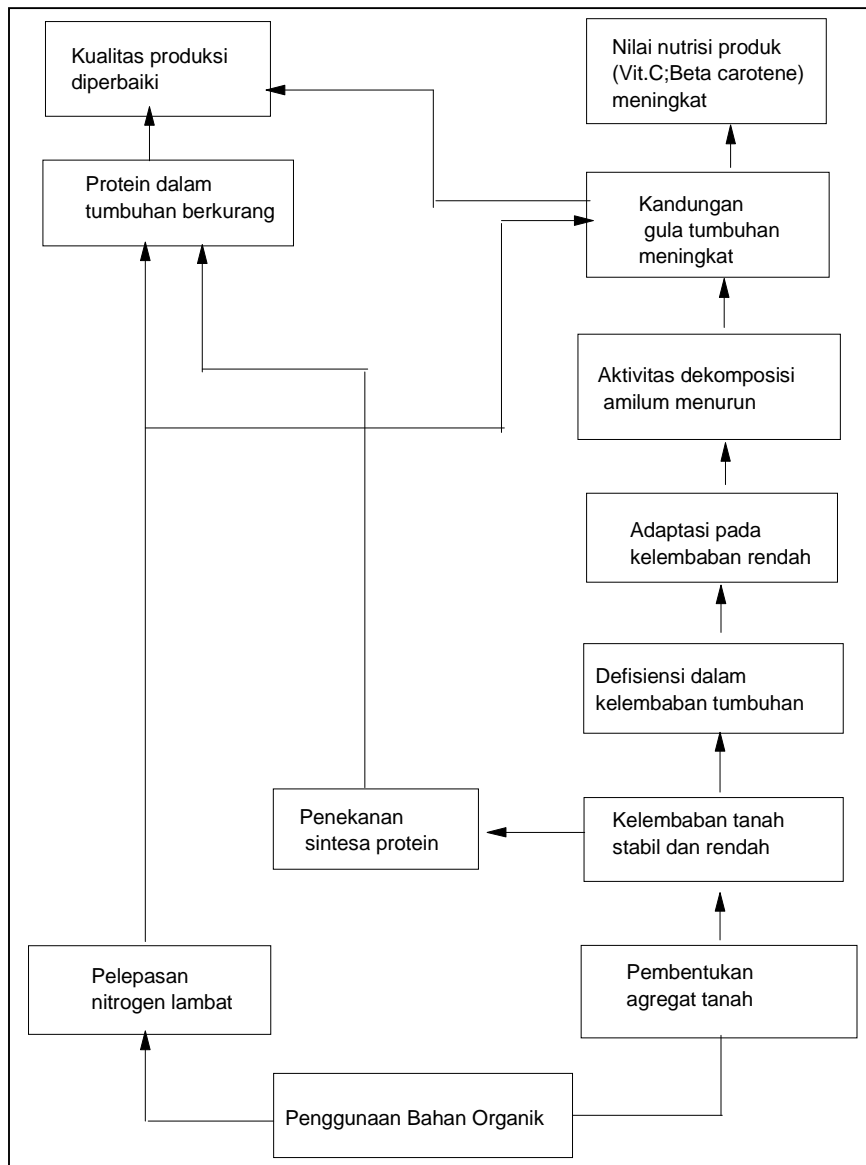
tidak sama namun secara umum penggunaan bahan organik memberikan berbagai keuntungan. Berbagai macam limbah organik pertanian beserta nisbah C/N disajikan pada Tabel 1. Macam –macam limbah organik beserta nisbah C/N (Gaur, 1982 ; Yulipriyanto, 2001)

Jenis Bahan Organik	Rasio C/N
Jerami padi	80-130
Jerami gandum	80-130
Daun dan batang jagung	50-60
Batang kapas	70
Sampah tebu	110-120
Kotoran kerbau	19
Kotoran manusia	6-10
Urine	0.8
Kotoran kering	6
Biogas	20.4
Pucuk kentang	27
Kubis	12
Bawang	15
Lada	12
Lumpur stasiun pemurnian air **	10-30
Reruntuhan vegetasi non leguminosae	10-15
Pupuk hijau	10-20
Pucuk daun	20-60
Kotoran sapi	20-30
Kotoran biri-biri	15-20
Kotoran kuda	20-30
Jerami biji-bijian	80-150
Serbuk gergajian kayu	150-500
Mikroba	9-12
Lumpur aktif	6-8
Limbah rumah tangga	26- 45
Residu bibji jagung	80-90

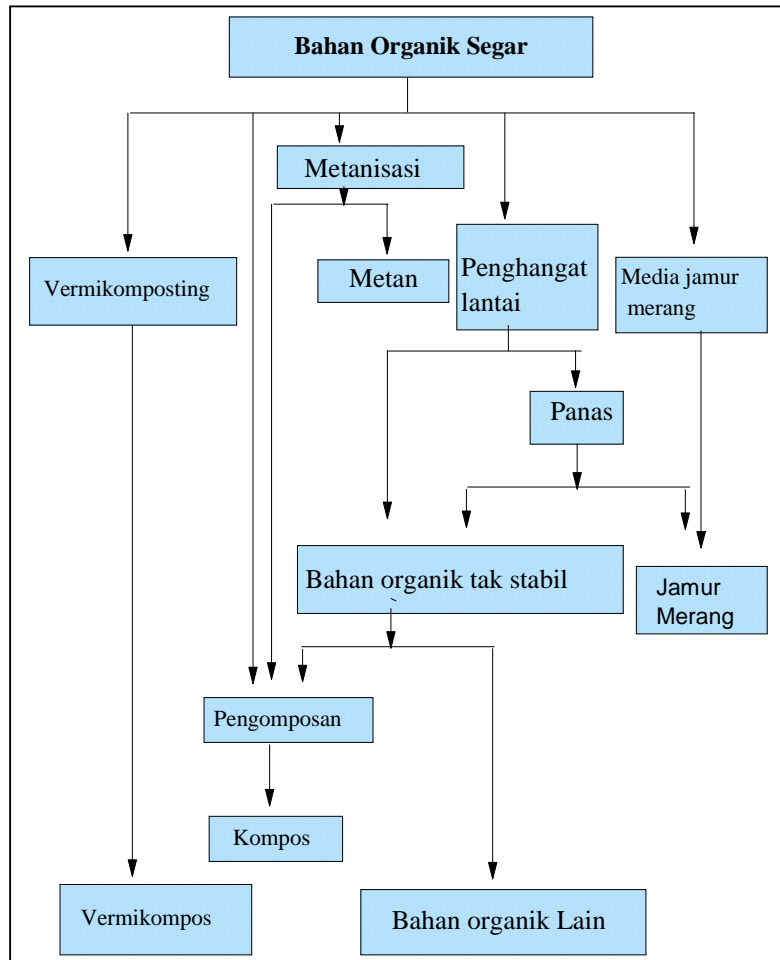
Bahan organik adalah sumber nitrogen (90-95%) pada tanah-tanah yang tidak dipupuk. Disamping itu, bahan organik dapat menjadi sumber utama fosfor dan sulfur yang tersedia

ketika humus tersedia dalam tanah (2% atau lebih). Melalui aktivitas mikroorganisme, bahan organik mensuplai secara langsung atau tidak langsung semen-semen pembentuk agregat tanah; khususnya rantai gula panjang yang dikenal dengan polisakarida. Bahan organik juga menyumbang pada pertukaran kapasitas kation kira-kira 30-70% dari seluruh KTK. Permukaan humus yang luas mempunyai tempat-tempat pertukaran kation yang menyerap unsur hara untuk tanaman secara terus menerus dan secara temporer dapat menyerap polutan-polutan logam berat (Cu, Cd dsb). Adsorpsi polutan ini dapat membersihkan air yang terkontaminasi. Bahan organik meningkatkan kandungan air pada kapasitas lapang, meningkatkan ketersediaan pada tanah-tanah berpasir, meningkatkan laju aliran udara melalui tekstur tanah yang halus. Efek yang terakhir ini mungkin karena agregasi tanah yang menghasilkan pori-pori tanah lebih besar. Bahan organik adalah suatu sumber karbon untuk mikroorganisme yang menampilkan sisi lain dari fungsi positif bahan organik di tanah (pempikasai N₂ bebas, denitrifier). Humus dapat menjadi penyeimbang tanah melawan perubahan keasaman, salinitas dan alkalinitas yang cepat ; dan kerusakan oleh pestisida dan logam berat beracun. Tambahan pula pemakaian bahan organik secara terus menerus dapat memperbaiki kualitas produksi tanaman (**lihat gambar 1**).

Meskipun bahan organik banyak memberikan keuntungan, tetapi pemakaiannya di lapangan juga harus memperhatikan kondisi setiap jenis bahan organik yang berasal dari berbagai macam limbah organik pertanian. Apalagi bahwa penggunaan pupuk organik yang tidak tepat juga bisa mencemari lingkungan. Menggaris bawahi maraknya issue lingkungan global yang cenderung menghindari pencemaran lingkungan hidup baik di tanah, air maupun udara, maka sector pertanianpun juga tidak ingin terjebak dalam penggunaan pupuk organik yang salah. Artinya jenis bahan organik, jumlah yang harus diberikan, kapan digunakan menjadi pertimbangan serius. Pada akhirnya teknologi diperlukan untuk *men-treatment* limbah organik pertanian agar ketika akan digunakan tidak lagi mengganggu lingkungan. Pada skema berikut disajikan beberapa alternatif teknologi untuk mengolah limbah organik pertanian.



Gambar 1. Mekanisme yang menunjukkan pengaruh bahan organik terhadap kualitas tanaman (Khosino, 1990)



Gambar 2. Diagram alir dari berbagai proses yang memungkinkan untuk recovery energy dari limbah organik pertanian (Sharma *et al.*, 1996)

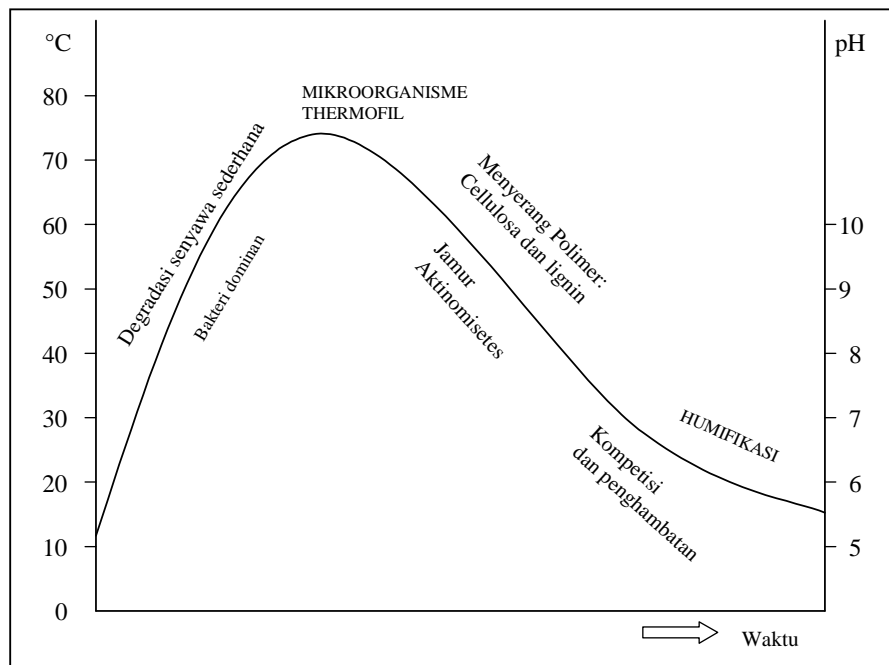
Pengomposan

Pengomposan adalah salah satu metode yang telah lama digunakan untuk mengelola limbah organik padat terutama yang berasal dari aktivitas pertanian dengan sasaran utama menghasilkan pupuk organik berupa kompos. Seiring dengan makin besarnya jumlah penduduk, macam limbah organik yang dihasilkannya juga cukup banyak, demikian pula macamnya juga beragam. Pengomposan dianggap dapat dengan mudah beradaptasi dengan kondisi material organik yang berbeda-beda tersebut. Meskipun demikian pemilihan teknologi pengomposan untuk memproses limbah organik juga didasarkan pada berbagai alasan.

1. Pengomposan dapat mengolah berbagai fraksi bahan organik berupa sampah, dapat mengendalikan bau sampah hijauan, sampah organik perkotaan atau sampah industri (Storm, 1985).
2. Pengomposan juga sangat efisien sebagai metode pengolahan lumpur produksi stasiun pemurnian air yang jumlahnya dari hari ke hari kian banyak dan telah menimbulkan problem sendiri bagi penduduk perkotaan dewasa ini. Perubahan lumpur tersebut menjadi bahan yang stabil dan berkurangnya volume merupakan kasus yang (Nakasaki *et al.*, 1985).
3. Pengomposan memungkinkan untuk mengolah kotoran hewan yang menghasilkan bahan-bahan humik dan unsur-unsur biologis yang bila digunakan pada tanah-tanah pertanian dapat menghindarkan dari kerusakan tanah dan tanaman dibanding dengan disebar secara langsung (Beffa *et al.*, 1994).
- 4 Pengomposan adalah proses pemanasan aerobik yang selama fase **termofil** temperaturnya meningkat hingga pada suatu titik temperatur yang cukup untuk menyehatkan bahan-yang sedang dikomposkan sehingga diperoleh produksi yang meyakinkan (Beffa *et al.*, 1996).
5. Pengomposan tidak hanya sebuah cara untuk mengurangi produksi sampah manusia dan mendaur ulang unsur hara, tetapi juga menghasilkan **kompos** yang sangat berguna untuk mengkonservasi sumberdaya tanah yang pada saat yang bersamaan juga untuk media pertumbuhan (Klamer dan Bath, 2000).
6. Penanganan limbah organik padat makin lama makin sulit dan sangat mahal terutama pada lingkungan dimana populasinya sangat padat. Pada akhirnya pengomposan mempunyai tujuan ekonomis. Sehingga tak boleh dilupakan untuk menyebutkan bahwa pengomposan adalah sebuah cara pengolahan termudah untuk melaksanakannya dan sangat efisien (Smars *et al.*, 2001) .

Berdasarkan alasan-alasan tersebut, pertimbangan pemilihan pengomposan untuk memproses limbah organik dapat dilatar belakangi oleh produk yang diinginkan (mutu), aspek ekonomi serta kesehatan produk. Sementara berdasarkan definisinya maka pengomposan dapat didefinisikan sebagai berikut.

Pengomposan dapat dianggap sebagai dekomposisi dan stabilisasais substrat organik biologik dalam kondisi-kondisi yang memungkinkan perkembangan temperatur thermofil sehingga diperoleh hasil akhir yang cukup stabil baik untuk disimpan maupun digunakan pada tanah tanpa memberikan efek negatif pada lingkungan (Haugh ,1980). Dengan demikian pengomposan adalah sebuah teknik stabilisasi dan untuk mengolah sampah (limbah organik) organik.



Gambar 3. Macam mikroorganisme dan evolusi temperatur selama pengomposan (Mustin, 1987)

Sementara De Bertoldi *et al.* (1983), mendefinisikan pengomposan sebagai suatu cara untuk memperoleh produksi yang stabil karena terjadinya transformasi biologik melalui oksidasi bahan organik padat. Ia adalah cerminan dari peristiwa sebenarnya yang terjadi di dalam tanah.

Pengomposan masih dapat didefinisikan sebagai sebuah metode konversi dan pemanfaatan substrat organik secara biologik dan terkendali (dalam bentuk produksi biomassa, sampah organik biologik) dalam bentuk hasil yang telah distabilisasi, higienis, mirip tanah dan kaya substansi humik (Mustin, 1987).

Dalzell *et al* (1987) dan Gaur (1982), pengomposan didefinisikan sebagai proses perombakan bahan organik oleh sejumlah besar mikroorganisme dalam lingkungan yang lembab, panas, beraerasi dengan humus sebagai hasil akhir.

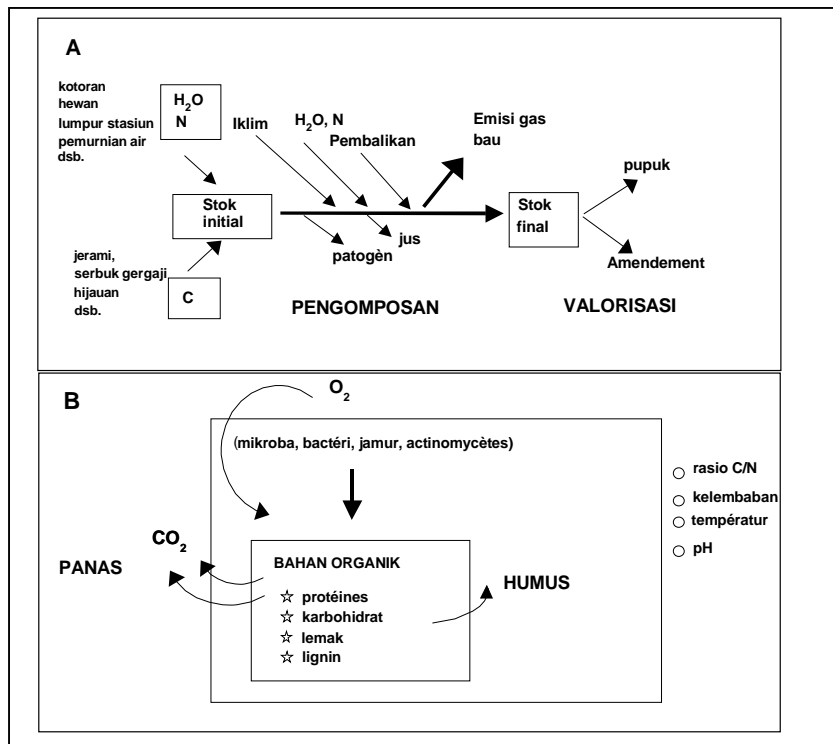
Hal yang sama juga bagi Beffa *et al.* (1996), pengomposan adalah suatu proses biodegradasi bahan organik, menghasilkan panas, bersifat aerob dan dalam fase solid.

Théobald (1994), baginya pengomposan juga adalah sebuah proses biologik terkerkendali yang memungkinkan berubahnya bahan organik menjadi bahan organik stabil, . Proses tersebut dicirikan oleh banyak sifat seperti penggunaan bahan organik padat, meningkatnya temperatur, terjadinya degradasi secara aerob dan hilangnya massa bahan yang dikomposkan.

Akhirnya berdasarkan Morand *et al.* (1999), pengomposan adalah proses biologik dari degradasi dan reorganisasi bahan organik dengan adanya unsur hara, yang mengantarkan substrat karbon lignoselulolitik menjadi substrat humik yaitu kompos.

Untuk mengulangi sifat-sifat yang telah dituliskan dalam definisi-definisi, maka pengomposan :adalah sebuah cara untuk memantapkan dan memperlakukan limbah organik yang dapat didegradasi secara aerobik. Limbah organik yang digunakan diprioritaskan pada pada limbah padat dan semi padat. Stabilisasi bahan organik berlangsung melalui cara penghancuran yang menghasilkan panas yang dapat membunuh bibit penyakit, vektor parasit

biji-bijian yang tidak diinginkan . Pengomposan adalah daur ulang bahan organik secara biologis yang akan menghasilkan bahan humus, faktor yang stabil dan mempengaruhi kesuburan. Proses biologis yang terjadi pada pengomposan -adalah hasil dari aktivitas mikrobiologik kompleks yang kondisinya berbeda-beda (khusus). Dari uraian dan rangkuman berbagai definisi pengomposan maka pengomposan dapat menjawab sebuah definisi bioteknologi (Mustin, 1987).



Gambar 4. Representasi proses pengomposan secara skematik A) skema diusulkan oleh Théobald (1994), B) skema diusulkan oleh Itävaara *et al.* (1995).

Kompos, pupuk organik sehat dan ramah lingkungan

Salah satu indikator pengomposan adalah munculnya temperatur thermofil pada bahan organik yang sedang dikomposkan. Dengan temperatur antara 650-70°C ini sudah dianggap cukup untuk mensterilasi bahan yang dikomposkan. Karena berbagai bibit penyakit dapat dimatikan selama proses berlangsung maka hasil akhir yang diperoleh adalah kompos yang higienis yang kalau diaplikasikan di lapangan tidak akan memberikan dampak yang merugikan bagi lingkungan. Sedangkan bahan organik lain seperti kotoran hewan, limbah

hijauan ternak, sisa-sisa limbah organik lain yang tidak dikomposkan bila digunakan langsung di tanah-tanah pertanian masih harus melalui proses lebih lanjut seperti penghancuran lebih lanjut baik oleh mikroorganisme atau hewan-hewan tanah lain dapat mengganggu tanaman.

Penambahan bahan organik segar ke tanah sebaiknya dihindari sebab ia menghasilkan perubahan-perubahan ekosistem bersamaan dengan berkembangnya tanaman. Jika bahan organik baru terdegradasi sebagian maka degradasi tersebut akan dilanjutkan oleh mikroflora tanah yang menghasilkan produk-produk intermedier yang tidak sesuai bagi pertumbuhan tanaman. Sebaliknya rasio C/N dari bahan organik yang terlalu tinggi akan memunculkan fenomena kelaparan nitrogen (Bernal *et al.*, 1998). Kita harus menjaga image bahwa varietas kompos mengikuti sifat-sifat alami bahan organik dan teknologi pengomposan yang digunakan. Idealnya setiap jenis kompos digunakan untuk jenis tanah yang sesuai, demikian pula iklim dan tanaman budidayanya (Mustin, 1987). Oleh karena itu adalah sangat penting mengetahui kompos muda (belum matang) dan kompos matang. Untuk kompos muda yaitu baru dikomposkan sebagian maka masih bersifat fitotoksik, humifikasi bahan organik yang tidak lengkap menghasilkan molekul-molekul intermediate yang masih bersifat racun bagi tanaman dan menyebabkan terkadanya kekurangan nitrogen

Fungsi kompos sebagai *amandment* tanah adalah mirip pupuk kimia yaitu memperkaya tanah akan N,P,K namun pengaruhnya yang prinsip adalah untuk merangsang stabilisasi fisik, biologik dan kimia tanah, demikian pula keseimbangan elemen-elemen mineral (de Bertoldi *et al.*, 1983). Fraksi organik dari bahan yang terkompos harus telah terdekomposisi dengan cukup yaitu adanya kandungan humus. Humus adalah produk akhir humifikasi dalam hal mana senyawa-senyawa yang berasal dari lignin, polisakarida, senyawa-senyawa nitrogen dirubah menjadi bahan-bahan stabil. (Tuomela *et al.*, 2000).

. Penambahan kompos pada tanah dapat memodifikasi sifat-sifat fisik, kimia dan biologik dalam jangka panjang . Gobat *et al.* (1998) memberikan daftar modifikasi yang diperankan kompos :

- Kapasitas retensi air dan ketersediaannya bagi tanaman meningkat demikian pula stabilitas struktur
- Melalui humik dalam kompos kapasitas tukar kation juga meningkat. Tanah mampu mengikat mineral tanah lebih banyak yang mendorong ketersediaan mineral bagi akar dan menghindari hilangnya ion-ion
- Kompos matang merupakan medium komunitas mikroorganisme mesofil yang penting dan beraneka ragam. Hal ini akan meningkatkan aktivitas enzim yang signifikan

- Pada waktu mikroorganisme tanah melakukan mineralisasi, kompos membebaskan CO₂. Konsentrasi CO₂ meningkat tidak hanya pada lapisan atmosfer tanah tetapi juga pada selimut udara di atas tanah dan hal ini menguntungkan bagi aktifitas fotosintesis tanaman tingkat rendah.
- Penggunaan kompos memperbaiki kualitas tanaman budidaya karena adanya perbaikan pada tanah, yang tentunya menguntungkan bagi tanaman
- Pada umumnya kompos menyumbang menekan parasit-parasit tanah yang merangsang berkembangnya aktivitas organisme antagonis (kompetisi, sekresi antibiotik, hyperparasitisme)
- - Kompos tidak membunuh patogen tetapi tetapi pengendalian melalui persaingan berbagai mikroorganisme yang menguntungkan yang berkembang dan aktif (Ozores-Hampton *et al.*, 1994).

Kita juga dapat melihat peranan kompos terhadap porositas tanah, kemampuannya mengadsorpsi bahan-bahan toksik dan pestisida, nutrisi organik tanaman. Tanah juga merupakan lingkungan yang kompleks dan hidup dimana terjadi interaksi diantara elemen-elemen antara tanaman dan tanah atau di tanah itu sendiri. (Mustin, 1987).

Penutup

Pemakaian kompos sebagai pupuk organik sebetulnya bukan hal baru bagi kita, akan tetapi budaya penggunaan kompos untuk memupuk tanaman atau menjaga kesuburan tanah secara besar-besaran di kalangan petani masih sangat terbatas. Kendala yang dihadapi oleh masyarakat pengguna kompos adalah masih terbatasnya persediaan kompos, waktu pembuatan kompos yang cukup memakan waktu dan masih sedikitnya instalasi pengomposan baik milik pemerintah maupun masyarakat. Dengan memperhatikan trend dunia dalam mengurangi pemakaian pupuk kimia dan lebih mengedepankan kesuburan berkelanjutan yang ramah lingkungan serta bahan baku kompos yang melimpah di daerah tropik seperti Indonesia, sosialisasi seputar kompos dan pengomposan terus

Daftar Pustaka

- Beffa, T., Blanc, M., Lyon, P.-F., Vogt, G., Marchiani, M., Lott Fischer, J. and Aragno, M., 1996. Isolation of *Thermus* strains from hot compost (60-80°C). *Applied and Environmental Microbiology* 62 : 1723-1727
- Beffa, T., Lott Fischer, J. Aragno, M. Selldorf P., Gandolla, M. and Gumowski, P., 1994. Etude du développement de moisissures potentiellement allergéniques (en particulier *Aspergillus fumigatus*) au cours du compostage en Suisse. Swiss Federal Environmental Office (OFEFP-BUWAL, reference RD/OFEFP/310.92.84), pp. 1-95
- Bernal, M.P., Sanchez-Monedero, M.A., Paredes C., Roig, A., 1998. Carbon mineralization from organic wastes at different composting stages during their incubation with soil. *Agriculture Ecosystem and Environment* 69: 175-189
- Bertoldi, M. de, Vallini, G. & Pera, A., 1983. The biology of composting: a review. *Waste Management & Research* 1: 157-176
- Chen, Sh.H., 1994. Survey on municipal domestic wastes composting technology in mainland China. *Chin. J. Environ. Sci.*, 15 (1): 53-56.
- Dalzell, H.W. Biddlestone;K;R. Gray and K. Thurairajan.1987. Soil Management: Compost production and Use in Tropical and Subtropical Environments. FAO-UN,Rome
- Gaur,A.C. 1982. A Manual of Rural Composting. Project Field Document No 15
- Gobat, J.-M., Aragno, M. and Matthey, W., 1998. Le sol vivant: Bases de pédologie, biologie des sols. Presses polytechniques et universitaires romandes, CH-1015 Lausanne, 519 p.
- Haug,R.T. 1980. Compost Engineering Principle and practice. Ann Arbor Science. Publishers Inc/the Butterworth Group. Ann Arbor, Michigan
- Itävaara, M., Venelampi, O., Karjomaa, S., 1995. Testing methods for determining the compostability of packaging materials. In: Barth, J. (Ed). Proceedings of Biological Waste Management «Wasted Chance» BWM Infoservice, Germany.
- Khosino,Masayoshi., 1990. The use of organic and chemical fertilisers in Japan. Food and Fertilizer Technology center. Extension Bulletin No 311.
- Klamer, M., Eiland, F., Lind ,A-M., Leth , J.J; Iversen, L., Sochting, U. and E. Baath., 2000. Changes in chemical composition and microbial biomass during composting of straw and pig slurry. In : Warman PR, Taylor BR (eds). Proceedings of the International Composting Symposium (ICS'99), September 19-23, 1999, Dartmouth/Halifax, Nova Scotia, Canada. CBA Press Inc., Truro, NS, Canada.
- Morand, P., Baron, S., Yulipriyanto, H., 1999. Détermination de la nature et quantification des gaz émis lors du compostage de mélanges d'effluents d'élevage et déchets ligno-cellulosiques, en relation avec les populations et les activités microbiennes de ces mélanges. Rapport Final, Convention n° 9875026, Université de Rennes 1, 4 Vaulx-Jardin, COOPAGRI-Bretagne, 115 p.
- Morand, P., Baron, S., Yulipriyanto, H., Robin, P., 2000. Gaseous emissions during composting of poplar bark-poultry dung mixtures. First Results. In : Warman P. R., Taylor B. R. (eds). Proceedings of the International Composting Symposium (ICS'99), September 19-23, 1999, Dartmouth/Halifax, Nova Scotia, Canada. CBA Press Inc., Truro, NS, Canada, pp. 544-570
- Mustin. 1987. Le compost. Gestion de la matière organique. Dubusch. F. Paris 951 pp.

- Nakasaki, K., Sasaki, M., Shoda, M. and Kubota, H., 1985. Change in Microbial Numbers during Thermophilic Composting of Sewage Sludge with Reference to CO₂ Evolution Rate. *Applied and Environmental Microbiology*, 49 : 37-41
- Ozores-Hampton, M., Bryan, H.H. and McMillan, R., 1994. Suppressing diseases in field crops. *Biocycle* 35(7) : 60-65
- Sakai, S., Sawell, S., Chandler, A.J., Eighmy, T., T., Kosson, D.S., Vehlow, J., Van der Sloot, H.A., Hartlén, J. and Hjelmar, O. 1996. World trends in municipal solid waste management. *Waste Management*, Vol. 16, Nos 5/6 pp. 341-356
- Sharma, V.K., Caudatelli, M., Fortuna, F., and Carnacchia, G., 1997. Processing of urban and agroindustrial residues by Aerobic Composting. *Energy Convers. Mgmt* vol 38, pp 453-478
- Théobald, O., 1994. L'élevage de porcs sur litière: Compte rendu du colloque de Rosmalen 21-22 septembre 1992, *Techni-porc* 16193 : 39-42
- Tuomela, M., Vikman, M., Hatakka, A., Itävaara, M., 2000. Biodegradation of lignin in a compost environment : a review. *Bioresource Technology* 72 : 169-183
- Yulipriyanto, 2001. Emission d'effluents gazeux lors du compostage de substrats organiques en relation avec l'activité microbienne (nitrification/dénitrification) Disertasi, l'université de Rennes 1, France