

PERCEPATAN PROSES PENGOMPOSAN AEROBIK MENGGUNAKAN BIODEKOMPOSER

Acceleration of Aerobic Composting Process Using Biodecomposer

RASTI SARASWATI¹ dan R. HERU PRAPTANA²

¹Balai Penelitian Tanah

Jalan Tentara Pelajar No. 12 Bogor 16111, Jawa Barat, Indonesia

E-mail: rastisaraswati@yahoo.com

²Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan

Jalan Tentara Pelajar No. 1 Bogor 16111, Jawa Barat, Indonesia

E-mail: herujuly@yahoo.com

ABSTRAK

Peningkatan siklus hara di tanah sangat dipengaruhi oleh ketersediaan bahan organik tanah. Residu tanaman berperan penting dalam perbaikan sifat fisik, kimia dan biologi tanah, tetapi dapat berdampak negatif terhadap lingkungan apabila belum terdekomposisi dengan baik. Dekomposisi bahan organik secara alami membutuhkan waktu yang lama (3 - 4 bulan, bahkan dapat lebih lama hingga 1 - 2 tahun), sehingga upaya pelestarian bahan organik di lahan pertanian dan perkebunan mengalami hambatan. Kandungan lignin dan selulosa merupakan faktor pembatas terhadap kecepatan dan efisiensi dekomposisi, karena menghalangi akses enzim selulolitik dalam degradasi bahan berserat lignoselulosa. Strategi mempercepat proses dekomposisi bahan organik dapat dilakukan dengan: 1) memanfaatkan mikroba perombak bahan organik (dekomposer) lignoselulolitik untuk menghindari adanya immobilisasi hara dan alelopati, serta sebagai substrat patogen, dan 2) mempercepat proses pengomposan dan meningkatkan kualitas kompos. Berbagai hasil demonstrasi plot menunjukkan bahwa penggunaan dekomposer bahan berserat lignoselulosa dapat mempercepat proses dekomposisi hingga 1 - 2 minggu. Pemberian biodekomposer mampu mempercepat proses pengomposan, sehingga petani dapat memperoleh keuntungan dari percepatan masa penyiapan lahan dan waktu tanam, dapat memperbanyak masa tanam, dan meningkatkan produksi tanaman dengan kompos yang berkualitas, serta mengurangi dampak negatif dari tumpukan residu tanaman. Kebijakan penggunaan teknologi biodekomposer untuk percepatan pengomposan dalam penyediaan bahan organik diharapkan dapat menjadi bagian integral paket teknologi dalam pembangunan pertanian.

Kata kunci: Biodekomposer, residu tanaman, percepatan pengomposan, aerobik

ABSTRACT

The increasing of nutrient cycling is highly affected by the availability of soil organic matter. Plant residues play an important role to improve physical, chemical, and biological soil characteristics, however, can give a negative effect to environment if the plant residues are not completely decomposed. Naturally, decomposition of plant residues takes a long time (3 - 4 months, moreover up to 1 - 2 years), and thus inhibit the sustainable organic matter in agricultural and estate land. Lignin and cellulose content of organic matter is the limitation of the acceleration and efficiency of decomposition process, thus, inhibit the cellulolytic enzyme to degrade organic matter which is contain of lignocellulolytic fiber. Strategy to accelerate decomposition process are: 1) use lignolytic microbial decomposer to avoid nutrient immobilization, allelopathic effect, and as pathogen substrate, and 2) aerobic composting techniques to accelerate composting process to increase the quality of compost. Many of demonstration plot show that the use of lignocelluloses decomposers can accelerate decomposition process up to 1 - 2 weeks. The use of decomposer is able to protect and increase soil quality. Biodecomposers are able to accelerate the composting process so that farmers can acquire a benefit from the acceleration of land preparation and planting time, can multiply the planting period, and increase the production of plants with quality compost, and reduce the negative impacts of crop residues. The policy of the biodecomposer technology to accelerate composting in the supply of organic matter is expected to become an integral part of technology package in agricultural development.

Key words: Decomposer, crop residues, acceleration of composting, aerobic

PENDAHULUAN

Peningkatan produksi pertanian dan perkebunan diikuti oleh meningkatnya residu tanaman yang dihasilkan, seperti jerami, tongkol jagung, batang kedelai, kulit pisang, tandan kosong kelapa sawit (TKSS), dan serasah tanaman tebu (daduk). Residu tanaman tersebut masih mengandung sejumlah nutrisi, sehingga dapat dikonversi menjadi produk yang bernilai ekonomi seperti kompos, pakan ternak atau sebagai medium pertumbuhan tanaman. Kompos mampu memperbaiki struktur tanah dengan meningkatkan kandungan bahan organik tanah dan kemampuan tanah untuk mempertahankan kandungan air tanah. Kompos ibarat multivitamin untuk tanah pertanian dan perkebunan, karena mampu meningkatkan kesuburan tanah dan merangsang perakaran yang sehat.

Pengomposan adalah suatu proses dekomposisi yang dilakukan oleh agen dekomposer (bakteria, actinomycetes, fungi, dan organisme tanah) terhadap residu tanaman. Proses pengomposan alami bahan organik berserat lignin dan selulosa oleh agen dekomposer membutuhkan waktu lama. Kecepatan dekomposisi dan kualitas kompos tergantung pada keadaan dan jenis mikroba yang aktif selama proses pengomposan. Kondisi optimum bagi aktivitas mikroba perlu diperhatikan selama proses pengomposan, dalam hal aerasi, kelembaban, media tumbuh dan sumber makanan bagi mikroba (Saraswati *et al.*, 2016). Berdasarkan pengamatan, pengomposan alami dapat berlangsung hingga 3 - 4 bulan, bahkan dapat lebih lama hingga 1 - 2 tahun. Tumpukan residu tanaman berpotensi merusak lingkungan, dapat menjadi tempat berkembang biak patogen tanaman dan mengakibatkan rendahnya keberhasilan pertumbuhan benih (Martin *et al.*, 1990). Sulitnya residu tanaman untuk dikonversi menjadi bentuk yang lebih bermanfaat bagi tanaman disebabkan oleh lambatnya transformasi lignin.

Salah satu cara pemecahan untuk meningkatkan efisiensi perombakan bahan organik adalah aplikasi mikroba perombak bahan organik yang dikenal sebagai biodekomposer.

Aplikasi biodekomposer pada tumpukan residu tanaman pertanian dan perkebunan mampu mempercepat perombakan residu tanaman menjadi bahan organik tanah yang menyimpan dan melepaskan nutrisi di sekitar tanaman. Penggunaan bahan organik seperti sisa-sisa tanaman yang melapuk, kompos, pupuk kandang atau pupuk organik cair dapat meningkatkan produktivitas tanah dan efisiensi pemupukan serta mengurangi kebutuhan pupuk (Iqbal, 2008). Belakangan ini banyak dikembangkan produk biodekomposer yang diproduksi secara komersial untuk meningkatkan kecepatan dekomposisi residu organik dan peningkatan kualitas produk akhir.

Tulisan ini mengulas tentang prinsip pengomposan, percepatan pengomposan, faktor-faktor penentu kecepatan proses pengomposan, pengomposan cepat berbasis mikroba perombak bahan organik, percepatan pengomposan aerobik, dan keefektifan biodekomposer pada berbagai residu pertanian dan perkebunan terhadap peningkatan produktivitas tanaman.

PRINSIP PENGOMPOSAN

Pengomposan merupakan suatu metode untuk mengkonversi bahan organik menjadi bahan yang lebih sederhana menggunakan aktivitas mikroba atau dekomposisi menggunakan aktivitas mikroba. Prinsip dasar pengomposan bahan organik dan teknik pembuatan kompos telah banyak dibahas (Saraswati, 2014; 2015; Saraswati *et al.*, 2016), namun kiat-kiat khusus dalam percepatan pengomposan bahan organik belum banyak diungkap.

Proses pengomposan dapat berlangsung secara aerob (memerlukan oksigen) dan anaerob (tanpa oksigen). Pengomposan secara aerob menghasilkan CO₂, H₂O, unsur hara, dan sebagian humus, sedangkan secara anaerob menghasilkan CH₄ dan CO₂ dan beberapa senyawa intermediet (senyawa antara) yang sering menimbulkan bau busuk karena adanya H₂S dan sulfur organik seperti merkaptan. Energi yang dihasilkan dalam proses pengomposan secara aerob jauh lebih besar (484 - 674 kkal/mol glukosa) dibanding cara anaerob (26 kkal/mol

glukosa), sehingga proses pengomposan secara aerob berlangsung lebih cepat.

Proses pengomposan aerobik terdiri dari tiga tahap terkait dengan perubahan suhu kompos, yaitu tahap mesofilik, termofilik, dan pendinginan. Pada tahap awal mesofilik, suhu naik ke sekitar 40°C karena adanya fungi dan bakteri pembentuk asam. Selanjutnya suhu terus naik ke tahap termofilik antara 40 - 70°C, dan pada kondisi ini didominasi oleh bakteri dan fungi termofilik. Pada kisaran suhu termofilik, proses degradasi dan stabilisasi bahan berlangsung secara maksimal. Pada tahap pendinginan terjadi penurunan aktivitas mikroba, dan penggantian mikroba termofilik dengan bakteri dan fungi mesofilik. Selama tahap pendinginan, proses penguapan air dari material yang telah dikomposkan terus berlangsung, demikian juga stabilisasi pH dan penyempurnaan pembentukan asam humat. Bahan akhir yang terbentuk bersifat stabil dan merupakan sumber pupuk organik.

Proses dekomposisi bahan organik pada kompos yang belum matang (rasio C/N >25) terus berlangsung, sehingga dapat menciptakan kondisi anaerobik di lingkungan perakaran karena penggunaan oksigen oleh mikroba dan imobilisasi hara terutama N, dan terjadi persaingan hara antara mikroba dan tanaman.

FAKTOR PENENTU KECEPATAN PROSES PENGOMPOSAN AEROBIK

Kecepatan dan keberhasilan proses pengomposan secara aerobik dipengaruhi oleh beberapa faktor dominan, seperti aerasi, pengaturan kelembaban, nilai C/N rasio dan kadar lignin dari substrat kompos, derajat kemasaman (pH), dan pengaturan suhu. Mulyani (2014) telah mengembangkan model pengomposan aerobik dengan menurunkan ketinggian tumpukan bahan organik, pemantauan kondisi aerasi tumpukan, penambahan aktivator dan pengaturan waktu pengadukan pada kondisi optimal.

Aerasi. Aerasi substrat kompos berperan penting dalam suplai oksigen dan pelepasan panas, terutama setelah fase termofilik agar tidak terjadi *overheated* yang dapat berdampak negatif

terhadap mikroba pengompos. Penutupan kompos dengan plastik gelap berguna sebagai perangkap panas dan menjaga agar tidak terjadi pencucian hara oleh air hujan dan substrat tidak terlalu lembab (basah). Kelembaban ideal bahan kompos adalah 40 - 60%.

Ketersediaan Oksigen dan Pembalikan.

Kadar oksigen yang ideal dalam proses pengomposan adalah 10 - 18% (kisaran yang dapat diterima adalah 5 - 20%). Jika tumpukan kompos terlalu lembab maka proses pengomposan akan terhambat, karena kandungan air menutupi rongga udara dan membatasi kadar oksigen di dalam tumpukan. Kekurangan oksigen mengakibatkan mikroorganisme aerobik mati dan tergantikan oleh mikroorganisme anaerobik. Tetapi dengan adanya pembalikan pada tumpukan kompos akan mengembalikan kondisi tumpukan menjadi normal kembali.

Kadar Air dan Udara pada Tumpukan Kompos.

Kadar air menunjukkan jumlah air yang terkandung dalam bahan organik. Kelembaban memegang peranan penting dalam proses metabolisme mikroba dan secara tidak langsung berpengaruh terhadap suplai oksigen. Mikroorganisme dapat memanfaatkan bahan organik apabila bahan organik tersebut larut dalam air. Kadar air atau kelembaban yang ideal adalah 40 - 60%, dan yang terbaik adalah 50%. Kisaran tersebut harus dipertahankan untuk memperoleh jumlah populasi mikroorganisme terbesar, karena semakin besar populasinya maka semakin cepat proses pembusukannya.

Nilai Rasio Karbon-Nitrogen (C/N dan Lignin.

Penyebab pembusukan bahan organik adalah karbon dan nitrogen. Rasio C/N digunakan untuk mendapatkan degradasi biologis dari bahan organik yang sesuai untuk dijadikan kompos, serta untuk menunjukkan umur dan kematangan kompos. Nilai C/N rasio bahan organik sangat menentukan lamanya proses pengomposan. Proses pengomposan pada bahan organik dengan C/N rasio >40 lebih lama dibandingkan dengan bahan organik dengan nilai C/N rasio <20. Selain nilai rasio C/N, kandungan lignin dari substrat yang dikomposkan berpengaruh terhadap lama waktu

pengomposan, makin tinggi kadar lignin makin lama waktu pengomposan.

Derajat Keasaman (pH). Derajat keasaman bahan kompos menentukan kualitas kompos yang dihasilkan, dan pH terbaik adalah <8. Apabila bahan kompos memiliki pH >8, maka akan terbentuk gas amonia dan hilang ke udara. Proses pelepasan asam secara temporer atau lokal menyebabkan penurunan pH (pengasaman). Dalam proses selanjutnya, mikroorganisme jenis lain akan memakan asam organik dan produksi amonia dari senyawa-senyawa yang mengandung nitrogen akan menyebabkan pH menjadi naik kembali pada fase-fase awal pengomposan, dan biasanya mendekati netral pada kompos yang sudah matang. Derajat keasaman yang ideal dalam proses pengomposan adalah 6 - 8, pH 5 (minimum) dan pH 12 (maksimum), dan optimum proses pengomposan berkisar 6.5 - 7.5. Pada proses pengomposan anaerob, semakin besar volume *slurry* dari fermentor biogas dengan sekam padi maka semakin besar pula pH, sehingga mempercepat pematangan kompos (Irvan *et al.*, 2014).

Temperatur dan Tinggi Tumpukan. Metabolisme mikroorganisme dalam tumpukan menghasilkan energi dalam bentuk panas. Panas yang ditimbulkan sebagian tersimpan di dalam tumpukan dan sebagian lagi terlepas dalam proses penguapan atau aerasi. Panas yang terperangkap di dalam tumpukan akan meningkatkan temperatur tumpukan. Dalam proses pengomposan aerobik terdapat dua fase yaitu fase mesofilik (23 - 45°C) dan fase termofilik (45 - 65°C). Kisaran temperatur ideal tumpukan kompos adalah 55 - 65°C. Menurut Karyadi *et al.* (2011) suhu tumpukan bahan organik mencapai >45°C pada ketinggian tumpukan bahan 45 cm untuk pengomposan pasif. Kenaikan suhu akan mempercepat penurunan C/N (Yuniwati *et al.*, 2012).

Ukuran Bahan yang Dikomposkan. Mikroorganisme melakukan pencernaan di luar tubuh (extra metabolisme), sehingga memerlukan suatu media untuk proses penguraian bahan, yaitu selaput air yang terdapat di permukaan bahan organik. Semakin kecil partikel, semakin banyak jumlahnya dan semakin luas pula jumlah

permukaan yang dicerna oleh organisme. Pencacahan bahan kompos akan memberi akses lebih luas bagi air dan mikroba pengompos untuk masuk ke dalam jaringan sisa tanaman. Ukuran pencacahan bahan tetap mengacu pada ketersediaan pori aerasi sebab pencacahan terlalu halus (<1 cm) dapat menimbulkan pemadatan. Penggunaan *bulking agent* sering dianjurkan untuk substrat kompos yang terlalu halus untuk mencegah terjadinya pemampatan bahan dan penyediaan pori aerasi. Jumlah, jenis, dan karakteristik *bulking agent* mempengaruhi suhu, pH, perubahan berat, kadar air, serta koefisien degradasi pengomposan (Nugroho *et al.*, 2010).

Selain beberapa faktor penentu kecepatan dan keberhasilan proses pengomposan tersebut, berbagai inovasi telah berkembang untuk meningkatkan kecepatan proses pengomposan, khususnya untuk bahan organik berserat lignin dan selulosa yang memiliki nilai C/N rasio tinggi, seperti jerami, TKKS dan seresah tanaman tebu. Inovasi pencacahan bahan kompos, penggunaan kapur sebagai bahan pelemah lignin, penggunaan agen pengompos unggul dari golongan fungi lignoselulolitik, penambahan hara (N dan P), gula sederhana sebagai starter untuk perkembangan mikroba pengompos, teknik pengomposan aerasi, dan pengkayaan dengan mikroba penyedia hara merupakan penyempurnaan prosedur pengomposan terkait dengan pengontrolan kelembaban, suhu dan aerasi (Saraswati, 2014). Putro *et al.* (2016) menambahkan bahwa aplikasi pupuk NPK melalui kompos berbahan dasar daun dapat meningkatkan kualitas unsur hara makro kompos, namun tidak demikian halnya pada kompos berbahan dasar sayuran.

Kematangan kompos menjadi faktor yang menentukan kelayakan mutu kompos dan mempengaruhi apakah kompos dapat segera diaplikasikan ke dalam tanah. Ada beberapa parameter untuk menentukan kematangan kompos, yaitu: 1) karakteristik fisik, seperti suhu, warna, tekstur dan besarnya kelarutan dalam larutan natrium hidroksida atau natrium fosfat; 2) C/N rasio, status dari kandungan hara tanaman, dan nilai kompos yang ditunjukkan oleh uji tanaman; dan 3) tidak berbau dan bebas dari patogen parasit dan biji rumput-rumputan.

Kematangan kompos sangat berpengaruh terhadap kualitas kompos. Kompos yang sudah matang memiliki kandungan bahan organik yang dapat didekomposisi dengan mudah, mempunyai C/N rasio yang rendah, dan tidak menyebarkan bau yang ofensif.

PRINSIP PERCEPATAN PROSES PENGOMPOSAN

Bahan organik menjadi bagian dari tanah dalam suatu sistem yang kompleks dan dinamis, bersumber dari residu tanaman atau binatang di dalam tanah yang terus menerus mengalami perubahan bentuk, karena dipengaruhi oleh faktor biologi, fisika, dan kimia. Bahan organik tanah adalah semua jenis senyawa organik yang terdapat di dalam tanah, termasuk serasah, fraksi bahan organik ringan, biomassa mikroorganisme, bahan organik terlarut di dalam air, dan bahan organik yang stabil atau humus. Selama proses pengomposan, residu bahan organik dimineralisasi dan dikonversi melalui proses humifikasi menjadi bahan organik yang stabil.

Upaya pengendalian masukan bahan organik untuk memperoleh produktivitas tinggi secara berkelanjutan, peningkatan kualitas tanah, serta perbaikan karakteristik lingkungan sangat diperlukan dalam pengelolaan tanah yang berkelanjutan (Rachman *et al.*, 2007; Ladiyani *et al.*, 2015).

Residu tanaman pertanian dan perkebunan umumnya memiliki komponen utama lignoselulosa. Lignoselulosa terdiri atas tiga polimer yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Perez *et al.*, 2002). Beberapa enzim yang terlibat dalam perombakan bahan organik antara lain β -glukosidase, lignin peroksidase (LiP), manganese peroksidase (MnP), dan lakase, selain kelompok enzim reduktase yang merupakan penggabungan dari LiP dan MnP yaitu enzim versatile peroksidase. Enzim-enzim ini dihasilkan oleh *Pleurotus eryngii*, *P. ostreatus*, dan *Bjerkandera adusta* yang mampu mengurai bahan berkayu (Lankinen, 2004).

Menurut Baldrian (2009) aktivitas enzim hidrolitik, lignolitik, dan peroksidase secara langsung mempengaruhi kecepatan transformasi biopolimer tanah menjadi senyawa-senyawa

yang dapat diakses oleh mikroorganisme dan tanaman. Pelepasan agen pengompleks pada proses pengomposan bahan organik mempengaruhi kelarutan hara dalam tanah, dan ketersediaan hara tanah ditentukan oleh pelepasan enzim dari akar dan mikroorganisme (Gianfreda, 2015).

Selulosa. Selulosa merupakan polimer rantai lurus glukosa yang tersusun atas unit-unit *anhydro-1,4-glucose* yang dihubungkan oleh ikatan *1,4-D-glycosidic*. Enzim selulase mendegradasi selulosa dengan memecah ikatan ini. Proses degradasi selulosa pada prinsipnya melibatkan 3 jenis enzim yang bekerja secara sinergis, yaitu *endo-* dan *exo-1,4- β -glucanase* serta *β -glucosidase*. Endoglukanase, *1,4- β -D-glucan glucanohydrolase*, *CMC-ase*, secara acak menghidrolisis bagian dalam *1,4-D-glycosidic* dari glukosa. Hasil dari reaksi ini adalah pemendekan polimer glukosa secara cepat yang diikuti dengan peningkatan gula reduksi secara perlahan-lahan. Eksoglukanase, *1,4- β -D-glucan cellobiohydrolase*, *avicelase*, menghidrolisis rantai ujung selulosa yang tidak tereduksi dengan selobiosa sebagai struktur primer. *β -glucosidase*, *cellobiase*, menghidrolisis selobiosa menjadi glukosa (Robson dan Chambliss, 1989). Pada umumnya, semua aktivitas enzim khususnya endoglukanase dipengaruhi oleh pH (Crawford, 2003).

Mikroorganisme pendegradasi selulosa termasuk mikroorganisme kosmopolitan yang tersebar luas di tanah dan air sebagai dekomposer residu tumbuhan yang sudah mati (Hogg, 2005). Mikroorganisme selulolitik menghasilkan selulase yang dapat memutuskan ikatan β -1,4 glukosida di dalam selulosa. Enzim ini terdiri dari tiga komponen yaitu selubiohidrolase (CBH), endoglukanase, dan β -glukosidase yang bekerja secara sinergis memecah selulosa. Salah satu mikroorganisme yang mampu menghasilkan ketiga komponen selulase tersebut adalah fungi *Trichoderma*. *Trichoderma* banyak tersebar di alam, dikenal sebagai penghasil enzim hidrolitik, selulase, pektinase, dan xilanase yang mampu mendegradasi polisakarida kompleks seperti selulosa, pectin, hemiselulosa, dan xilan. *Trichoderma* banyak digunakan untuk kepentingan industri, pertanian dan perkebunan,

diantaranya *Trichoderma harzianum* dan *Trichoderma reesei* yaitu fungi selulolitik yang mampu mensekresikan selulase dan hemiselulase yang cukup besar (Martina, 2002).

Lignin. Lignin adalah suatu polimer yang terdiri dari unit-unit fenilpropana dengan sedikit ikatan yang dapat dihidrolisis. Lignin bersifat kaku, sehingga seringkali lignin disebut pula sebagai substansi kerak. Lignin melindungi selulosa dan bersifat tahan terhadap hidrolisis karena adanya ikatan alkil dan eter. Karena struktur lignin adalah senyawa kompleks dan bersifat kaku, maka secara alamiah lignin sukar didekomposisi dan hanya sedikit mikroorganisme yang mampu mendegradasi. Fungi yang bersifat ligninolitik umumnya berasal dari kelompok jamur busuk putih (*white rot fungi*) yang tergolong dalam Basidiomycetes. Fungi ini banyak didapatkan hidup pada kayu-kayuan atau substrat organik lainnya. Fungi perombak kayu yang banyak dilaporkan dapat memecah lignin, antara lain *Phanerochaete chrysosporium*, *Trametes versicolor*, dan *Polyporus anceps* (Artiningsih, 2006). Menurut Crawford *et al.*, (1983), proses degradasi lignin oleh fungi busuk putih merupakan proses oksidasi. Kemampuan fungi busuk putih dalam mendegradasi lignin disebabkan oleh aktivitas ekstraselular ligninolitik. Enzim yang berperan dalam proses degradasi terdiri dari tiga jenis enzim, yaitu lignin peroksidase (LiP), mangan peroksidase (MnP), dan lakase.

PENGOMPOSAN CEPAT BERBASIS MIKROBA PEROMBAK BAHAN ORGANIK (DECOMPOSER-BASED QUICK COMPOSTING)

Mikroorganisme perombak bahan organik merupakan aktivator biologis yang tumbuh alami atau sengaja diaplikasikan pada residu tanaman untuk mempercepat pengomposan dan meningkatkan kualitas kompos. Jumlah dan jenis mikroorganisme menentukan keberhasilan proses dekomposisi atau pengomposan. Di dalam ekosistem, mikroorganisme perombak bahan organik memegang peranan penting, karena sisa bahan organik yang telah mati diurai menjadi unsur-unsur yang dikembalikan ke dalam tanah

dalam bentuk hara mineral seperti N, P, K, Ca, Mg, dan S, atau dalam bentuk gas yang dilepas ke atmosfer berupa CH₄ atau CO₂. Dengan demikian terjadi siklus hara yang berjalan secara alamiah, dan proses kehidupan di muka bumi dapat berlangsung secara berkelanjutan.

Mikroba perombak bahan organik dalam waktu sepuluh tahun terakhir ini mulai banyak digunakan untuk mempercepat proses dekomposisi sisa-sisa tanaman yang banyak mengandung lignin dan selulosa untuk meningkatkan kandungan bahan organik dalam tanah. Disamping itu, penggunaannya dapat meningkatkan biomassa dan aktivitas mikroba tanah, mengurangi penyakit, larva serangga, biji gulma, dan volume bahan buangan, sehingga dapat meningkatkan kesuburan dan kesehatan tanah.

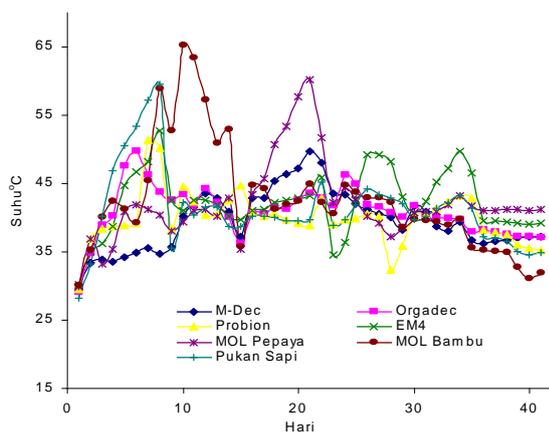
Pengertian umum mikroorganisme perombak bahan organik atau biodekomposer adalah mikroorganisme pengurai serat lignin dan selulosa (lignoselulolitik) dan senyawa organik yang mengandung nitrogen dan karbon dari bahan organik (sisa-sisa organik dari jaringan tumbuhan atau hewan yang telah mati). Beberapa mikroba perombak bahan organik yaitu *Trichoderma reesei*, *T. harzianum*, *T. koningii*, *Phanerochaete chrysosporium*, *Cellulomonas*, *Pseudomonas*, *Thermospora*, *Aspergillus niger*, *A. terreus*, *Penicillium* dan *Streptomyces*. Kelompok fungi menunjukkan aktivitas dekomposisi paling nyata, dan dapat segera menjadikan bahan organik tanah terurai menjadi senyawa organik sederhana yang berfungsi sebagai penular ion dasar yang menyimpan dan melepaskan nutrisi di sekitar tanaman.

Beberapa fungi perombak bahan organik menghasilkan zat yang bersifat racun, sehingga dapat dipakai untuk menghambat pertumbuhan dan perkembangan organisme pengganggu, seperti beberapa strain *Trichoderma harzianum* yang merupakan salah satu anggota dari Ascomycetes. Apabila kebutuhan karbon (C) tidak tercukupi, fungi tersebut akan menghasilkan racun yang dapat menggagalkan penetasan telur nematoda *Meloidogyn javanica* (penyebab bengkok akar), sedangkan bila kebutuhan C tercukupi maka akan bersifat parasit pada telur atau larva nematoda tersebut. Fungi Zygomycetes (Mucorales) sebagian besar berperan sebagai pengurai amilum, protein dan

lemak, dan hanya sebagian kecil yang mampu mengurai selulosa dan khitin.

Pemanfaatan mikroorganisme perombak bahan organik yang sesuai dengan substrat bahan organik dan kondisi tanah merupakan alternatif yang efektif untuk mempercepat terjadinya dekomposisi bahan organik dan sekaligus sebagai suplementasi terhadap pemupukan. Proses perombakan bahan organik yang memakan waktu lama sangat menghambat pemanfaatan bahan organik pada lahan pertanian dan perkebunan, apalagi jika dihadapkan dengan masa tanam yang mendesak pada musim tanam berikutnya, akibatnya pembenaman bahan organik sering dianggap kurang praktis dan tidak efisien.

Upaya untuk mengatasi hal tersebut adalah aplikasi biodekomposer untuk mempercepat proses perombakan bahan organik dan meningkatkan kandungan bahan organik, sehingga masa penyiapan lahan dapat lebih singkat dan mempercepat masa tanam berikutnya, dan terjadi peningkatan produktivitas lahan. Berbagai macam biodekomposer telah tersedia secara komersial dengan berbagai nama seperti MDec, Orgadec, BioDec, dan UltraDec. Aplikasi berbagai macam dekomposer pada pengomposan jerami menunjukkan fluktuasi suhu kompos (Gambar 1). Tahap stabilisasi dicapai setelah masa pengomposan lebih dari 3 minggu yang dicirikan oleh stabilisasi suhu kompos.



Gambar 1. Fluktuasi suhu kompos jerami yang dikomposkan dengan berbagai mikroba dekomposer, termasuk mikroba dari pukan sapi dan mikroba lokal MOL. (Sumber: Husen dan Irawan, 2008).

PROSEDUR PERCEPATAN PENGOMPOSAN AEROBIK

Prosedur percepatan pengomposan bahan organik dengan C/N rasio dan kadar lignin tinggi berlaku juga bagi substrat dengan C/N rasio dan kandungan lignin lebih rendah.

Persiapan Bahan

Bahan utama dalam proses pengomposan adalah pencacahan residu tanaman, agen pengompos dan plastik peutup. Mesin pencacah yang digunakan harus mampu mencacah residu tanaman sampai ukuran 1 - 3 cm. Agen pengompos (dekomposer) unggul dari kelompok fungi lignoselulolitik. Dosis penggunaan dekomposer 1 - 2 kg/ton bahan organik tergantung bahan kompos, untuk bahan yang tidak berlignin atau lebih sedikit mengandung lignin dari pada selulosa digunakan dosis 500 g - 1 kg/ton. Agen pengompos ini dapat digunakan langsung atau diencerkan dengan air. Plastik penutup kompos yang digunakan berwarna gelap (tidak transparan).

Prosedur Pengomposan

Pembuatan kotak kompos. Kotak kompos untuk pengomposan dibuat dari bambu yang diikat dengan kawat dengan dimensi 1x1x1 m³ atau lebih besar. Pembuatan kotak kompos dimaksudkan untuk menjaga supaya tumpukan bahan organik tidak roboh, karena tinggi tumpukan minimum 1,00 - 1.25 m. Apabila tinggi tumpukan bahan organik dalam pengomposan rendah, maka panas dalam tumpukan sulit terbentuk dan peningkatan suhu tidak terjadi. Suhu yang tinggi selama pengomposan sangat efektif untuk pasturisasi mikroorganisme patogen dan mengatur evaporasi, serta dapat mempercepat degradasi bahan organik dari bahan yang dikomposkan.

Persiapan bahan organik. Bahan organik yang digunakan adalah residu tanaman pertanian, perkebunan atau kotoran hewan. Bahan organik dihancurkan secara mekanis sampai diperoleh ukuran 1 - 3 cm. Penghancuran residu tanaman dimaksudkan agar diperoleh luas permukaan kontak dengan mikroorganisme yang lebih besar.

Luas permukaan berbanding lurus dengan aktivitas mikroorganisme dalam melakukan dekomposisi, dengan luas permukaan yang besar maka infeksi mikroorganisme dekomposer pada substrat juga lebih banyak. Pemberian kapur pada tumpukan bahan organik akan meningkatkan pH pada periode awal, dan efeknya akan berkurang seiring proses pengomposan, disamping sebagai bahan pelemah lignin. Efek pemberian kapur adalah untuk memotong beberapa fase menuju termofilik, meningkatkan aktivitas mikroba yang ditandai dengan tingginya temperature dan perubahan CO₂. Pemberian kapur tidak menghambat aktivitas mikroba, seperti aktivitas β -glukosidase, alkaline phosphatase, dan dehidrogenase (Wong and Fang, 2000).

Teknik pengomposan. Teknik aerasi pengomposan dapat dilakukan dengan dua cara yaitu ventilasi dan pembalikan. Pada kedua cara tersebut, serbuk residu tanaman ditumpuk secara longgar (tidak dipadatkan) untuk memperoleh aerasi yang baik, serta dilakukan di tempat yang teduh.

Teknik ventilasi. Pengomposan dibuat dengan menumpuk serbuk residu tanaman dan membuat lubang-lubang pada tumpukan, dengan cara meletakkan sejumlah bambu berlubang ke dalam tumpukan sampah secara horizontal, atau dengan membuat sarang bambu yang diletakkan di dasar tumpukan bahan organik (kurang lebih 30 cm di atas permukaan tanah) untuk memberikan aerasi di bagian bawah tumpukan.

Teknik pembalikan. Pengomposan dilakukan dengan menumpuk serbuk residu tanaman pada kotak kompos setebal \pm 20 - 25 cm. Kemudian, ditaburkan/disiramkan biodekomposer sesuai dosis yang dibutuhkan. Kemudian tumpuk lagi di atasnya dengan serbuk residu tanaman setebal \pm 20 - 25 cm dan ditaburkan/disiramkan biodekomposer. Demikian seterusnya hingga ketinggian 1.00 - 1.25 m, kemudian ditutup plastik warna gelap untuk mempertahankan kelembaban. Kelembaban kompos diperiksa setiap hari, kalau kering di bagian atas atau samping, dilakukan penyiraman agar bahan organik tetap lembab dan proses dekomposisi berjalan baik. Pengaturan jumlah air dalam kompos berfungsi dalam menjaga aktivitas mikroorganisme yang digunakan dalam

pengomposan. Apabila terlalu rendah maka aktivitas mikroorganisme dalam pengomposan juga sangat terbatas, dan apabila terlalu tinggi maka proses yang terjadi di dalamnya dapat berubah menjadi anaerob. Panas dihasilkan dalam dekomposisi bahan secara aerob, dimana terjadi proses eksotermis yang sangat tinggi. Selama proses pengomposan diamati perubahan suhu kompos, pH dan kadar air setiap hari. Kematangan kompos ditunjukkan oleh terjadinya pengurangan volume kompos menjadi $>1/3$ bagian (tinggi semula 100 cm menjadi sekitar 60 cm), berwarna hitam kecokelatan dengan suhu sekitar 40 - 50°C, kelembaban 40 - 60%, dan berbau fermentasi, tidak mengeluarkan bau tengik atau menyengat.

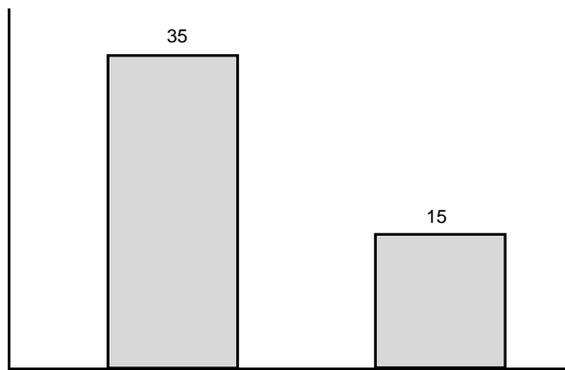
KEEFEKTIFAN BIODEKOMPOSER PADA BERBAGAI RESIDU PERTANIAN DAN PERKEBUNAN TERHADAP PENINGKATAN PRODUKTIVITAS TANAMAN

Berdasarkan Permentan No. 70/Permentan/SR.140/10/2011 tentang Pupuk Organik, Hayati, dan Pembenh Tanah, biodekomposer dinyatakan efektif bila mampu mempercepat dekomposisi bahan organik dalam waktu paling lama 2 minggu atau lebih cepat dengan C/N rasio kompos telah mencapai \leq 25.

Percepatan Pengomposan Limbah Pabrik Gula

Blotong. Pengomposan blotong dan abu ketel menggunakan dekomposer MDec di PTPN 10, Jawa Timur, di Unit Usaha Jengkol, Cukir, Kediri, pada tahun 2007 menunjukkan hasil proses pengomposan dapat dipercepat dari 6 bulan menjadi 2 minggu, dari C/N 35 menjadi C/N 15 dan kelembaban 50 - 60% (Gambar 2).

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan standar rata-rata tebu terhadap hara yaitu 159 - 160 kg N/ha, 75 kg P₂O₅/ha, dan 120 kg K₂O/ha dan hasil analisis kimia kompos blotong hasil pengomposan dengan MDec, dapat menyumbangkan hara sebesar 1,24% N (12,4 kg N/ton), dan 12,75% P₂O₅ (127,5 kg P₂O₅/ton). Dari data tersebut tampak bahwa pemberian pupuk kimia dapat dihemat menjadi 146,6 - 150 kg N/ha, tanpa pupuk P dan 112 kg K₂O/ha (Tabel 1).



Gambar 2. Penurunan C/N rasio kompos blotong yang dikomposkan dengan dekomposer MDec di Cukir, Jengkol (14 HSI). (Sumber: Anonim, 2010)

Tabel 1. Prakiraan penghematan penggunaan pupuk sintetis pada tebu.

Keterangan	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Standar Kebutuhan Tebu (kg)	159 ~ 160	75	120
UltraCom Blotong- Abu ketel (1 ton)	12,4 ~ 15	75	8
Kekurangan (Kg)	146,6 ~ 150	0	112

Sumber: Komunikasi pribadi, 2010

Seresah Tebu. Aplikasi biodekomposer Ultramic pada lahan tebu bekas tebangan mekanis mampu meningkatkan produktivitas gula sebesar 16% terhadap kontrol atau setara dengan peluang selisih kenaikan produksi gula/ha sebesar 1.040 Kg/ha (Tabel 2).

Tabel 2. Peningkatan produksi gula hablur tebu yang diaplikasi biodekomposer Ultramic di Unit Usaha Bungamayang, PTPN 7, 2012.

Perlakuan	Tebu (ton/ha)	Rende		
		Tebu (%)	Hablur (ton/ha)	Gula (ton/ha)
Kontrol	82,31 a	7,71 b	6,35 a	6,37 a
Aplikasi dekomposer	88,88 a	8,31 a	7,39 a	7,40 b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata pada uji LSD taraf 5%. Perlakuan Kontrol adalah tidak dilakukan aplikasi dekomposer tapi dilakukan pembakaran daduk seperti yang umum dilakukan di UU Bungamayang. (Sumber: Anonim, 2012).

Percepatan Pengomposan Tandan Kosong Kelapa Sawit

Aplikasi biodekomposer Ultramic (2 L/ton) terhadap percepatan pengomposan TKKS menurunkan secara nyata C/N rasio TTKS dari 36,488 (perlakuan teknologi Bekri tanpa dekomposer) menjadi 23,831 (perlakuan teknologi Bekri dan aplikasi biodekomposer dalam jangka waktu 14 hari setelah inokulasi (Tabel 3). Selanjutnya Triyadi *et al.* (2015) melaporkan bahwa TKSS yang dicampur dengan POA sebagai sumber mikroba, sumber nutrisi dan penyangga MC terbukti dapat menghasilkan kompos kurang lebih 10 hari dengan kualitas kompos pada hari ke-40 tidak berbeda dengan hari ke-10 yang ditunjukkan dengan penurunan C/N rasio dari 20,99 ke 20,97.

Tabel 3. Pengaruh dekomposer Ultramic terhadap C/N rasio beberapa komposisi kompos residu pabrik minyak kelapa sawit, di Unit Usaha Bekri, PTPN 7, 2012.

Perlakuan	N (%)	C (%)	C/N
Kontrol (Tanpa Perlakuan)	0,52	54,09	103,62
Kontrol Tek. Bekri tanpa biodekomposer Ultramic	1,48	54,04	36,49
Tek. Bekri dengan biodekomposer Ultramic	2,23	53,17	23,83

Sumber: Anonim, 2012

Percepatan Pengomposan Jerami Padi

Penggunaan biodekomposer MDec mampu mempercepat proses pengomposan dari C/N rasio jerami 70 menjadi 17 dalam waktu 12 hari setelah aplikasi, dan meningkatkan ketersediaan hara. Dalam waktu 1 bulan dapat meningkatkan kandungan N-organik 66%, N-NO₃ 33%, dan K₂O 99% (Subiksa, 2006).

Pada Tabel 4, tampak bahwa teknik pengomposan cara dengan pembalikan, tanpa pembalikan, dan ventilasi tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kadar air dengan derajat kemasaman (pH 7 - 8). Pemberian biodekomposer DSA pada jerami mampu menurunkan rasio C/N cukup cepat dari hari ke-

Tabel 4. Aplikasi dekomposer DSA dengan perlakuan penambahan kapur terhadap C/N rasio jerami.

Perlakuan	Pengamatan hari ke		
	0	3	7
Penambahan kapur			
Pembalikan 7 hari	43,65	33,61	23,30
Tanpa pembalikan	46,54	30,83	20,45
Ventilasi 30 cm di atas tanah	41,84	37,85	22,06
Tanpa kapur			
Pembalikan 7 hari	52,65	29,71	25,27
Tanpa pembalikan	51,94	39,63	24,87
Ventilasi 30 cm di atas tanah	47,35	34,56	23,36

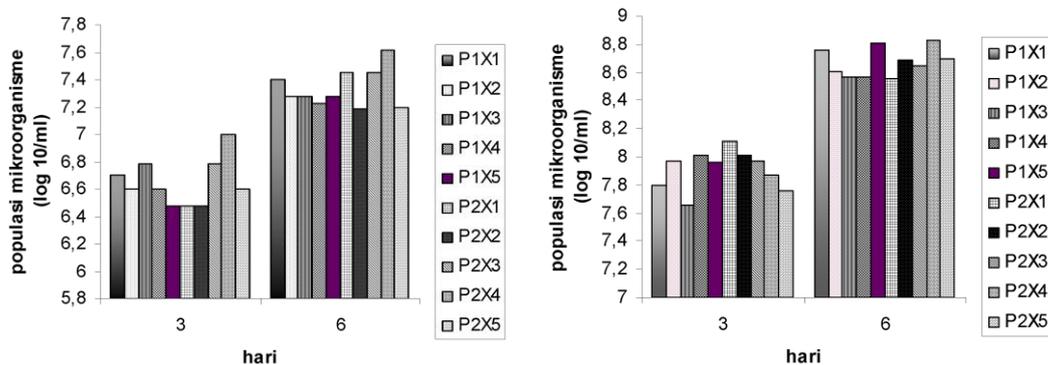
Sumber: Kurniawan, 2009.

0 sampai hari ke-7 dengan penurunan C/N rasio sekitar 20 satuan

Penambahan kapur untuk melemahkan lignin pada awal pengomposan dapat meningkatkan suhu pengomposan dari 30°C menjadi 65°C dan mempercepat proses pengomposan dibandingkan tanpa kapur. Pada hari ke-0 dihasilkan C/N rasio yang lebih rendah dibandingkan tanpa perlakuan kapur, sehingga pengomposan bisa berjalan lebih cepat daripada tanpa kapur. Pada hari ke-7 semua perlakuan pengomposan sudah menunjukkan tanda matang ($C/N < 25$), kecuali perlakuan tanpa pengapuran dan dibalik pada hari ke-7). Dari semua teknik pengomposan yang diuji, kompos yang paling rendah nilai C/N rasionya dalam waktu

pengomposan 7 hari adalah teknik pengomposan dengan substrat yang diberi kapur pada perlakuan ventilasi lubang bambu pada tumpukan bahan organik, diikuti dengan sarang bambu yang diletakkan di dasar tumpukan bahan organik (kurang lebih 30 cm di atas permukaan tanah, dibandingkan dengan perlakuan pembalikan.

Proses pengomposan menyebabkan terjadinya perubahan biologi. Perubahan biologi yang terjadi dalam pengomposan adalah fluktuasi populasi mikroorganisme di dalamnya. Penggunaan teknik ventilasi menghasilkan populasi yang paling tinggi, karena suplai oksigen lebih stabil daripada teknik pembalikan. Populasi *Trichoderma* dan *Trametes* dalam kompos pada hari ke-3 dan ke-6 paling tinggi.



Gambar 3. Populasi *Trametes* dan *Trichoderma* dalam kompos.

Keterangan: P1: +kapur; P2: -kapur; X1: pembalikan setiap hari; X2: pembalikan 3 hari; X3: pembalikan 7 hari; X4: dengan bambu; X5: 30 cm diatas tanah. (Sumber: Kurniawan, 2009).

Tabel 6. Hasil padi sawah (ton/ha) yang diinokulasi dengan BioKom (KP BB Padi, Sukamandi, MK 2007)

Perlakuan	MT 2 t/ha
Tanpa pemupukan	6,13
Dosis rekomenasi 200 kg Urea ha ⁻¹ + 75 kg SP-36 ha ⁻¹ + 50 kg KCl ha ⁻¹ + kompos jerami (5 t/ha)	8,79
100 kg Urea ha ⁻¹ + 37,5 kg SP-36 ha ⁻¹ + kompos jerami (5 t/ha) + BioKom (320 kg ha ⁻¹)	9,27

Sumber: Saraswati dan Husen, 2007

Penambahan pupuk hayati dalam pupuk organik olahan sampah kota yang telah didekomposisi oleh biodekomposer mampu meningkatkan kualitas pupuk organik (Tabel 6). Pupuk hayati mampu meningkatkan kesuburan tanah. Aplikasi pupuk organik-hayati (320 kg/ha) pada tanaman padi sawah mampu meningkatkan hasil padi hingga 50% dengan penghematan penggunaan pupuk urea dan SP36 hingga 50% dan KCl 100% (Saraswati, 2014). Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan pupuk hayati sebagai pengkaya pupuk organik mempunyai peluang besar bagi peningkatan produktivitas pertanian organik.

Demikian pula pada tanaman sayuran caisim, aplikasi kompos yang diperkaya dengan pupuk hayati menghasilkan caisim lebih tinggi (2,33 g/pot) dibandingkan dengan tanpa pemupukan (1,57 g/pot), namun lebih rendah dibandingkan dengan pemberian pupuk kimia (3,23 g/pot). Pemberian kompos diperkaya pupuk hayati dan pupuk kimia dapat meningkatkan hasil secara nyata 32,4 % dari 2,77 g/pot menjadi 4,10 g/pot (Tabel 7).

Tabel 7. Pengaruh kompos terhadap tanaman caisim umur 23 hari.

Perlakuan	Jumlah Daun*	Tinggi Tanaman*	Panjang Akar* (cm)	Bobot Basah Tanaman (g/pot)		Bobot Kering Tanaman (g/pot)	
				Tajuk	Akar*	Tajuk	Akar*
Tanpa Pupuk	7	16.05	21.67	10,93a	3.67	1,57a	1.27
Kompos	7.17	18.17	23.67	18,03ab	6.23	2,33ab	1.17
Pupuk Kimia	7.67	19.88	21.60	20,03ab	7.6	3,23bcd	1.87
Pupuk Kimia +Kompos	6.5	19.45	27.10	17,07ab	4.23	2,77abc	0.7
Pupuk Kimia +Kompos diperkayapuhay	8	21.88	27.33	32,77c	7.53	4,1d	1.73

Keterangan: Aplikasi pupuk N, P, K standar merupakan perlakuan dasar. Kompos diberikan 7 hari sebelum tanam. Dosis kompos 5 ton/ha. Kompos yang digunakan adalah dengan penambahan kapur. (Sumber: Kurniawan 2009).

Menurut Karyono *et al.* (2017), penambahan mikroorganisme lokal (MOL) bonggol pisang sebanyak 35 ml/5 kg bahan kompos (feses + kulit kopi) menunjukkan kandungan hara (P-total dan K-total), jumlah anakan dan berat basah tajuk terbaik pada rumput Setaria.

Pengelolaan bahan organik dengan sistem penumpukan intensif dan berkelanjutan perlu dilakukan secara terpadu melalui: 1) penambahan tanaman penambat N₂ (azolla dan sesbania); 2) aplikasi mikroba dekomposer yang berperan dalam mempercepat perombakan dan pengembalian sisa bahan organik untuk meningkatkan kesuburan tanah; dan 3) pengkayaan mikroba yang berperan dalam meningkatkan efisiensi pemupukan N, P, K untuk meningkatkan produksi dan pendapatan usahatani.

Pendekatan alternatif pengelolaan bahan organik untuk meningkatkan kualitas kompos dapat dilakukan dengan penambahan tanaman penambat N₂, seperti *Sesbania rostrata*, *Aeschynomene*, dan *Azolla pinata* sebagai penyumbang N yang tinggi, selain penambahan kotoran hewan dan P-alam. Pada lahan sawah, tanaman penambat N₂ mampu tumbuh cepat dan tahan kondisi tergenang, serta mampu meningkatkan kandungan N melalui bintil batang dan bintil akar. *S. rostrata* mampu menghasilkan biomassa kering 16.8 t ha⁻¹ selama 13 minggu dan mengandung 426 kg N ha⁻¹; 75% N dan 60% P diakumulasi pada daun. Penambahan tanaman *S. rostrata* setara dengan 45 kg N ha⁻¹ dan kombinasi pupuk N sebanyak 60 kg N ha⁻¹ dapat meningkatkan hasil padi sebesar 24%.

Pengkayaan kompos dengan pupuk hayati yang mempunyai kemampuan meningkatkan ketersediaan hara N dan P, seperti bakteri penambat N₂ dari udara, pelarut fosfat dan bakteri pemacu tumbuh pengendali penyakit tanaman sangat disarankan untuk meningkatkan kualitas kompos, mengingat rendahnya kandungan hara kompos. EL-Din *et al.* (2000) menyatakan bahwa pada tanah yang diberi kompos yang dihasilkan dari pengomposan dengan *Trichoderma viridae*, dan tanah yang diberi kompos dengan kompos yang dihasilkan dari pengomposan dengan *Streptomyces aureofaciens* atau kompos yang diinokulasi mikoriza *Glomus* sp. pada tanaman tomat menunjukkan penurunan jamur di rizosfir tomat.

Untuk menggalakkan penggunaan produk teknologi biodekomposer diperlukan adanya kebijakan pemerintah. Kebijakan penggunaan teknologi biodekomposer untuk percepatan pengomposan dalam penyediaan bahan organik, diharapkan dapat menjadi bagian integral paket teknologi dalam pembangunan pertanian. Mengingat kesadaran masyarakat dalam teknik pertanian masih rendah, maka diperlukan peningkatan pemahaman petani dan penyuluh terhadap manfaat teknologi biodekomposer dan teknik penggunaannya, serta sosialisasi di berbagai kalangan, termasuk pejabat pertanian, penyuluh dan petani.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pemberian biodekomposer mampu mempercepat proses pengomposan, sehingga petani dapat memperoleh keuntungan dari percepatan masa penyiapan lahan dan waktu tanam, dapat memperbanyak masa tanam, dan meningkatkan produksi tanaman dengan kompos yang berkualitas, serta mengurangi dampak negatif dari tumpukan residu tanaman.

Optimalisasi teknologi penyediaan bahan organik *insitu* dengan penggunaan residu tanaman dan tanaman penambat N₂ (azolla dan sesbania) yang dikomposkan dengan biodekomposer, dan diperkaya dengan pupuk hayati yang mengandung mikroba penambat N₂, pelarut hara P, dan pemacu tumbuh tanaman atau ganggang hijau biru merupakan strategi tepat untuk meningkatkan kualitas kompos, karena

kompos mempunyai kandungan hara rendah dengan kemampuan penyediaan hara yang lambat bagi tanaman dibandingkan pupuk sintetis.

Kebijakan penggunaan teknologi biodekomposer untuk percepatan pengomposan dalam penyediaan bahan organik, diharapkan dapat menjadi bagian integral paket teknologi dalam pembangunan pertanian.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim 2010. Laporan PT Perkebunan Nasional (PTPN) 10 Surabaya. Pengujian dekomposer pada limbah pabrik gula di PTPN 10.
- Anonim 2012. Laporan PT Perkebunan Nasional (PTPN) 7 Lampung. Pengujian dekomposer pada limbah pabrik gula di PTPN 7.
- Artiningsih, T. 2006. Aktivitas ligninolitik jenis ganoderma pada berbagai sumber karbon. *Biodiversitas* 7(4): 307-311.
- Baldrian, P. 2009. Microbial enzyme-catalyzed processes in soil and their analysis. *Plant Soil Env.* 55(9): 370-378.
- Crawford, D.L., A.L. Pometto and R.L. Crawford. 1983. Lignin degradation by *Streptomyces viridosporus*: jension and characterization of a new polymeric lignin degradation intermediate. *Appl. Environ. Microbiol.* 45(3): 898-904.
- Crawford, J. H. 2003. *Composting of Agricultural Waste in Biotechnology Applications and Research*, Paul N., Cheremisinoff and R. P. Ouellette (ed). p. 68-77.
- EL-Din, B., S.M. Attia and S.A. Abo-Sedera. 2000. Field assessment of composts produced by highly effective cellulolytic microorganisms. *Biol. Fertil. Soils.* 32: 35-40.
- Gianfreda, L. 2015. Enzymes of importance to rhizosphere processes. *J.of Soil Sci. and Plant Nutr.*,15(2): 283-306.
- Hogg, S. 2005. *Essential Microbiology*. John Wiley & Sons Ltd. England.
- Husen, E. dan Irawan. 2008. Pengkajian Efektifitas dan Efisiensi Dekomposer dalam Pembuatan Kompos Berbahan Baku Jagung. *Prosiding Seminar Nasional*

- dan Dialog Sumberdaya Lahan Pertanian Bogor. 18-20 Nov. 2008 (Buku 2).
- Iqbal, A. 2008. Potensi pupuk kompos dan pupuk kandang untuk produksi padi organik di tanah inceptisol. *Jurnal Akta Agrosia*, 11(1): 13-18.
- Irawan, T.A.B. 2014. Pengaruh susunan bahan terhadap waktu pengomposan sampah pasar pada komposter beraerasi. *METANA* 10(1): 18-24.
- Irvan, P. Mahardela dan B. Trisakti. 2014. Pengaruh penambahan berbagai activator dalam proses pengomposan sekam padi (*Oryza sativa*). *Jurnal Teknik Kimia USU* 3(2): 5-9.
- Karyadi, J.N.W, N. Rahmi, dan P. Setyawati. 2011. Kinerja Pengkomposan Limbah Ternak Sapi Perah dengan Variasi Bulking Agent dan Tinggi Tumpukan dengan Aerasi Pasif. *Prosiding Seminar Nasional Perhimpunan Ahli Teknik Pertanian 2011*, Jember. pp. 775-782.
- Karyono, T., Maksudi dan Yatno. 2017. Penambahan aktivator mol bonggol pisang dan EM4 dalam campuran feses sapi potong dan kulit kopi terhadap kualitas kompos dan hasil panen pertama rumput *Setaria (Setaria splendida Stapf)*. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia* 12(1): 102-111.
- Kurniawan, W. 2009. Teknik Pengomposan Aerobik Suhu Tinggi dengan Menggunakan *Trametes* dan *Trichoderma*. Skripsi. Universitas Gajah Mada.
- Ladiyani R., R. Saraswati dan S. Rochayati. 2015. Nitrogen Cycling and Composting Technologies in Livestock Manure Management. *Dalam* Buku: Data Inventory and Mitigation on Carbon Emission and Nitrogen Cycling from Livestock in Indonesia. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian. IAARD PRESS. 2013. Hlm. 78-109.
- Lankinen, P. 2004. Ligninolytic enzymes of the basidiomycetous fungi *Agaricus bisporus* and *Phlebia radiata* on lignocellulose-containing media. Academic Dissertation in Microbiology. <http://www.u.arizona.edu/~leam/lankinen.pdf>. [10 Desember 2005].
- Martina, A.N. 2002. Optimasi beberapa faktor fisik terhadap laju degradasi selulosa kayu albasia (*Paraserianthes falcataria*). *Jurnal Nature Indonesia* 4(2):156-163.
- Martin, V.L., E.L. McCoy and W.A. Dick. 1990. Allelopathy of crop residues influences corn seed germination and early growth. *Agron. J.* 82: 555-560.
- Mulyani, H. 2014. Pengembangan model pengomposan aerob di Desa Paten Gunung, Kota Magelang, Provinsi Jawa Tengah. *Techno* 15(2): 37-49.
- Nugroho, J.W.K., N.S. Bintoro dan T.N. Yanti. 2010. Pengaruh Variasi Jumlah dan Jenis Bulking Agent pada Pengomposan Limbah Organik Sayuran dengan Komposter Mini. *Prosiding Seminar Nasional Perteta 2010: Revitalisasi Mekanisasi Pertanian dalam Mendukung Ketahanan Pangan dan Energi*. Purwokerto, 10 Juli 2010. p: 606-611.
- Perez, J., J. Munoz-Dorado, T. Rubia and J. Martinez. 2002. Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: An overview *Int. Microbiol* 5: 53-63.
- Putro, B.P., G. Samudro dan W.D. Nugraha. 2016. Pengaruh penambahan pupuk NPK dalam pengomposan sampah organik secara aerobik menjadi kompos matang dan stabil diperkaya. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(2): 1-10.
- Rachman, A, R. Saraswati, R. D. M. Simanungkalit, E. Husen, D. Setyorini, dan D. Santoso. 2007. Baku Mutu dan Metode Pengujian Pupuk Hayati. Balai Penelitian Tanah. 56 hlm.
- Robson, L.M. and G.H. Chambliss. 1989. *Enzymes Microb. Technol.* 11: 626-644.
- Saraswati, R. Dan E. Husen. 2007. Prospek Penggunaan Pupuk Hayati Pada Sawah Bukaan Baru. *Dalam* Tanah Sawah Bukaan Baru. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor. Hlm. 151-173.
- Saraswati, R. 2014. Teknologi Pupuk Hayati Mendukung Pertanian Organik. *Dalam*

- Buku: Prinsip-Prinsip dan Teknologi Pertanian Organik. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian. IAARD PRESS. 2014. Hlm. 169-180.
- Saraswati, R. 2015. Inovasi Teknologi Pupuk Hayati Mendukung Pembangunan Pertanian Bioindustri. 2015. Jurnal Pengembangan Inovasi Pertanian: Inovasi Teknologi dan Optimalisasi Sumber Daya Lahan Pertanian. ISSN 1979-5378. Juni 2014.7(2): 73-82.
- Saraswati, R., R.D. Hastuti, dan S. Salma. 2016. Pupuk Hayati Pada Pertanian Organik. *Dalam* Buku Sistem Pertanian Organik Mendukung Produktivitas Lahan Berkelanjutan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian. IAARD PRESS. 2015. Hlm. 53-62.
- Subiksa, I.G.M. 2006. Pemanfaatan Jerami Sebagai Penyedia Hara dan Pembenh Tanah pada Lahan Tadah Hujan Marginal di Kabupaten Blora, Jawa Tengah. Laporan Akhir Kerjasama Penelitian, Balai Penelitian Tanah - Program Peningkatan Pendapatan Petani Melalui Inovasi (P4MI). Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian, Kementan.
- Triyadi, C., Y. Rahman, dan B. Trisakti. 2015. Pengaruh tinggi tumpukan pada pengomposan tandan kosong kelapa sawit menggunakan pupuk organik aktif dari limbah cair pabrik kelapa sawit di dalam komposter menara drum. Jurnal Teknik Kimia USU 4(4): 25-31.
- Wong, J.C.W. and M. Fang. 2000. Effects of lime addition on sewage sludge composting process. Science Direct. 34(15): 3691-3698.
- Yuniwati, M., F. Iskarima dan A. Padulemba. Optimasi kondisi proses pembuatan kompos dari sampah organik dengan cara fermentasi menggunakan EM4. Jurnal Teknologi 5(2): 172-181.