
PERAN MIKROORGANISME DALAM PENGELOLAAN HARA TERPADU PADA PERKEBUNAN KAKAO

THE ROLE OF MICROORGANISMS IN INTEGRATED NUTRIENT MANAGEMENT IN CACAO PLANTATION

Nendyo Adhi Wibowo, Bambang Eka Tjahjana, Nana Heryana, dan Sakiroh

BALAI PENELITIAN TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR

Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357

nindya_bios@yahoo.com

ABSTRAK

Keberadaan bahan organik tanah sangat berpengaruh dalam mempertahankan kelestarian, produktivitas, dan kualitas hara yang tersedia dalam rangka mendukung peningkatan produksi kakao nasional yang berkelanjutan. Oleh karena itu, penurunan produktivitas hara lahan harus diminimalkan. Pemulihan kesuburan lahan dapat dilakukan melalui optimasi pengembalian bahan organik/limbah tanaman dengan teknologi pemupukan dan pengomposan yang melibatkan mikroorganisme. Mikroorganisme banyak berperan didalam penyediaan maupun penyerapan unsur hara bagi tanaman kakao, terutama nitrogen (N), fosfat (P), dan kalium (K). Mikroorganisme yang mampu menyediakan unsur hara esensial bagi tanaman kakao di antaranya adalah Rhizobium (fiksasi unsur N simbiotik), Azotobacter dan Clostridium (fiksasi unsur N non simbiotik), Frankia (fiksasi P simbiotik pada *Casuarina* sp.), bakteri pelarut fosfat (pelarut unsur P simbiotik), mikoriza (fiksasi P dan unsur-unsur makro maupun mikro esensial lainnya). Mikroorganisme tersebut mampu menyediakan nutrisi esensial bagi tanaman baik melalui simbiosis mutualisme maupun non simbiosis. Mikroorganisme dapat berperan juga dalam perombakan limbah perkebunan kakao melalui proses pengomposan. Dalam pengomposan akan terjadi proses-proses perubahan oleh mikroorganisme, yaitu berupa penguraian selulosa, hemiselulosa, lemak, serta bahan lainnya menjadi karbondioksida (CO₂) dan air. Dengan adanya perubahan-perubahan tersebut maka bobot dan isi bahan dasar kompos akan menjadi berkurang antara 40-60%.

Kata kunci: Kakao, mikroorganisme tanah, kesuburan lahan

ABSTRACT

The existence of soil organic matter is very influential in maintaining sustainability, productivity, and quality of nutrients availability in order to support sustainability cocoa production. Therefore, reduced productivity of land nutrients should be minimized. Restoration of soil fertility can be done through optimization of reversion organic material / waste plants by using fertilizer and composting technology that involve the role of microbes. Microbes has a role in the provision and uptake of nutrients for cocoa plants. Three essential nutrients cocoa plants are nitrogen (N), phosphate (P), and potassium (K) can involve the whole soil microbial activity. The role of micro, meso and macroorganisms in nutrient cycling biochemical and increase land productivity is very important. Microorganisms are able to provide essential nutrients for cocoa through mutualistic symbiotic and non-symbiotic. For example: Rhizobium (symbiotic N fixation element); Azotobacter and Clostridium (non-symbiotic N fixation element); Frankish (P symbiotic fixation in Casuarina sp.); Solvents Bacteria Phosphate (P symbiotic elements solvent); Mycorrhizae (P fixation elements and other essential macro and micro). In the management of cocoa plantations, the microorganisms are able to provide essential nutrients to the plants through a mutualistic symbiotic and non-symbiotic. Microbes also can also play a role in the degradation of cocoa waste through composting process. In composting will occur changing process by microbes, such as decomposition of cellulose, hemicellulose, fats, and other materials into carbon dioxide (CO₂) and water. These changes will reduce weight and composition of compost base material between 40-60%.

Keywords: Cocoa, soil microorganism, soil fertility

PENDAHULUAN

Perkebunan saat ini telah menjadi *way of life* dan sumber kehidupan bagi sebagian besar masyarakat kita. Perbaikan kondisi perkebunan khususnya kakao berupa strategi, regulasi, implementasi, teknologi, manajemen, dan kelembagaan tentu akan dapat memperbaiki seluruh aspek dan sendi kehidupan yang terlibat. Perkebunan pada umumnya harus mampu menjadi pemasok sandang, pangan, papan, dan devisa bagi kehidupan seluruh mahluk hidup di dunia ini. Di samping itu, perkebunan bisa juga sebagai media konservasi alam

yang berkelanjutan, penyedia keindahan lingkungan (wisata-agro), penghasil biofarmaka, bioenergi, dan bioindustri.

Indonesia merupakan negara produsen kakao ke-3 terbesar di dunia setelah Pantai Gading dan Ghana dengan produksi sebesar 13%, sementara Pantai Gading dan Ghana masing-masing adalah 39% dan 49% (International Cocoa Organization, 2012). Pada tahun 2012 Indonesia mempunyai luas total perkebunan kakao sebesar 1.774.463 hektar dengan produksi biji kakao mencapai 833.310 ton, 94,2% merupakan perkebunan rakyat dengan jumlah petani yang terlibat secara langsung sekitar 1.475.353 KK

(Direktorat Jenderal Perkebunan [Ditjenbun], 2010; Ditjenbun, 2012). Oleh karena itu, dengan besarnya potensi biomassa limbah kakao maka perlu diciptakan inovasi teknologi pengelolaan siklus hara terpadu guna meningkatkan produksi yang berbasis pada pengembalian bahan organik limbah kakao melalui rekayasa bioproses dengan pemanfaatan aktivitas mikroorganisme.

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri) telah mengembangkan sistem pertanian siklus-bio terpadu (*integrated bio-cycles farming system/IBFS*) yang mengelola fungsi bahan organik dengan pengelolaan kebun secara berkelanjutan melalui prinsip-prinsip *low external input for sustainable agriculture* (LEISA). Sistem tersebut ditujukan agar tercipta sistem pertanian berkelanjutan yang dapat menghasilkan suatu komoditas berkualitas dengan jumlah yang optimal dan bebas patogen melalui pengelolaan tanaman terpadu (*integrated crop management/ICM*), pengelolaan hara terpadu (*integrated nutrient management/INM*), pengelolaan hama terpadu (*integrated pest management/IPM*), dan pengelolaan air terpadu (*integrated soil moisture management/IMM*).

Fenomena penurunan produktivitas hasil perkebunan kakao bisa menjadi masalah yang serius dan berdampak nasional sebagai akibat eksploitasi sumberdaya lahan. Penurunan produktivitas hasil perkebunan kakao harus diiringi dengan perbaikan teknologi berupa penciptaan pupuk bermutu tinggi dari sumber bahan organik. Penurunan produktivitas lahan dapat diminimalkan dengan keberadaan bahan organik tanah yang sangat berpengaruh terhadap produktivitas serta kualitas tanah. Pemulihan kesuburan lahan dapat melalui optimasi pengembalian bahan organik/limbah tanaman dengan teknologi pemupukan dan pengomposan, serta menggunakan teknik budidaya pertanian yang tepat. Pupuk kimia yang menjadi salah satu input utama di bidang perkebunan kakao, telah menjadi masalah serius, selain langka dan harganya mahal, juga bisa berdampak negatif terhadap kelestarian lingkungan.

Ketersediaan limbah bahan organik sebagai bahan dasar untuk pembuatan pupuk organik sangat berlimpah pada perkebunan kakao (Gambar 1). Pemberdayaan siklus energi, bahan organik dan karbon, air, hara, produksi, dan siklus uang yang dikelola secara terpadu dan berkelanjutan dengan pola 7R (*reuse, reduce, recycle, refill, replace, repair, dan replant*) sangatlah penting untuk memperoleh manfaat yang optimal bagi keberlangsungan hidup masyarakat dan lingkungan. Pengelolaan limbah tanaman kakao melalui penerapan teknologi sederhana yang terjangkau oleh sebagian masyarakat tani tentu saja akan memberikan prospek yang sangat baik.

Produksi biomassa perkebunan kakao di Indonesia yang merupakan wilayah tropika tergolong tertinggi di dunia karena tingginya jumlah dan distribusi curah hujan, temperatur udara, temperatur tanah, kelembaban udara, resim lengas tanah. Meskipun tanah tropika tergolong tua dan miskin hara karena didukung oleh tingginya aktivitas mikroorganisme maka pertumbuhan tanaman di atasnya menjadi lebih cepat.

MIKROORGANISME PENYEDIA NUTRISI

Peran mikro-, meso- dan makro-organisme secara biokimiawi dalam siklus hara dan peningkatan produktivitas lahan sangat penting dalam mendukung peningkatan produksi kakao. Mikroorganisme mampu menyediakan nutrisi utama bagi tanaman, baik melalui proses simbiosis mutualistik maupun non-simbiosis, misalnya: *Rhizobium* (fiksasi unsur N simbiotik), *Azotobacter* dan *Clostridium* (fiksasi unsur N non simbiotik), *Frankia* (fiksasi P simbiotik pada *Casuarina* sp.), bakteri pelarut fosfat (pelarut unsur P simbiotik), mikoriza (fiksasi P dan unsur-unsur makro maupun mikro esensial lainnya), dan lain sebagainya. Agus *et al.* (2004) menjelaskan bahwa kemampuan mineralisasi N dalam tanah adalah 3-5 kali lipat dibanding yang tersedia di dalam tanah.



Gambar 1. Ketersediaan limbah organik perkebunan kakao dan model bak pengomposan: (a) limbah kulit buah kakao, (b) limbah seresah kakao, dan (c) bak-bak pengomposan

Figure 1. Availability of waste organic materials cacao plantations and tube of composting models: (a) waste cocoa pod husk, (b) cocoa litter waste, and (c) tube of composting

Mikroorganisme dapat memanfaatkan bahan organik apabila bahan organik tersebut larut dalam air. Kelembaban 40-60% adalah kisaran optimum untuk metabolisme mikroorganisme. Apabila kelembaban di bawah 40% maka aktivitas mikroorganisme akan mengalami penurunan dan akan lebih menurun lagi pada kelembaban 15%. Sebaliknya apabila kelembaban lebih besar dari 60% maka hara akan tercuci dan volume udara berkurang yang dapat berakibat menurunnya aktivitas mikroorganisme, serta akan terjadi fermentasi anaerobik yang dapat menimbulkan bau tidak sedap.

Pupuk bioaktif berbasis mikroorganisme penting dalam mendukung kualitas pupuk yang benar-benar teruji baik bagi petani maupun industri sehingga dapat meningkat produktivitas hasil kakao dan tanaman lebih tahan terhadap serangan hama dan penyakit. Komposisi pupuk bioaktif yang tepat bagi peningkatan produktivitas tanaman kakao dilakukan melalui pendekatan bioteknologi yang mampu memperbaiki unsur tanah (*organic soil treatment*) dan aktivitas fungsional lain yang diperlukan tanaman. Menurut Peraturan Menteri Pertanian No. 51 tentang Pedoman Umum Pemulihan Kesuburan Lahan (2010), keberadaan bahan organik tanah sangat berpengaruh dalam mempertahankan kelestarian dan produktivitas serta kualitas tanah. Tanah yang memiliki kadar bahan organik tinggi dicirikan dengan tingginya populasi dan aktivitas mikroorganisme dan secara langsung maupun tidak langsung dapat memperbaiki sifat fisik tanah sehingga penyediaan hara lebih optimum. Tanah yang kandungan bahan organiknya rendah maka akan berkurang daya sangganya terhadap segala aktivitas kimia, fisik, dan biologis tanahnya. Untuk memperbaiki kondisi tersebut maka perlu diupayakan peningkatan kualitas dan kuantitas bahan organik dalam tanah.

Laju dekomposisi limbah kakao yang dihasilkan dari pengelolaan bioindustri kakao tergantung pada kualitas substrat organik, kondisi lingkungan, sifat kimia, dan aktivitas mikroorganisme. Isroi (2008) menjelaskan bahwa proses pengomposan dapat dipercepat dengan menggunakan mikroorganisme penghancur (*decomposer*) berkemampuan tinggi yang dapat mempersingkat proses dekomposisi dari beberapa bulan menjadi beberapa minggu saja. Kompos bioaktif adalah kompos yang diproduksi dengan bantuan mikroorganisme lignoselulolitik. Menurut Susanto (2009), penggunaan starter mikroorganisme pendegradasi pada pembuatan pupuk organik mempercepat proses pengomposan dan memperkecil nilai rasio C/N. Simanungkalit (2006) mengemukakan bahwa pupuk organik adalah nama kolektif untuk semua jenis bahan organik asal tanaman dan hewan yang dapat dirombak menjadi hara tersedia bagi tanaman.

Pupuk organik adalah pupuk yang sebagian besar atau seluruhnya terdiri atas bahan organik yang berasal dari tanaman dan atau hewan yang telah melalui proses rekayasa, dapat berbentuk padat atau cair yang digunakan mensuplai bahan organik untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan

biologi tanah. Definisi tersebut menunjukkan bahwa pupuk organik lebih ditujukan kepada kandungan C-organik atau bahan organik daripada kadar haranya. Nilai C-organik itulah yang menjadi pembeda dengan pupuk anorganik. Bila C-organik rendah dan tidak masuk dalam ketentuan pupuk organik maka diklasifikasikan sebagai pembenah tanah organik. Mikroorganisme yang tersedia dalam pupuk, yang digunakan dalam bentuk inokulan dapat mengandung hanya satu strain tertentu atau monostain tetapi dapat pula mengandung lebih dari satu strain atau multistain. Strain-strain pada inokulan multistain dapat berasal dari satu kelompok inokulasi silang (*cross-inoculation*) atau lebih. Pada mulanya hanya dikenal inokulan yang hanya mengandung satu kelompok fungsional mikroorganisme (pupuk hayati tunggal), tetapi perkembangan teknologi inokulan telah memungkinkan memproduksi inokulan yang mengandung lebih dari satu kelompok fungsional mikroorganisme. Inokulan-inokulan komersial saat ini mengandung lebih dari satu jenis atau lebih dari satu kelompok fungsional mikroorganisme.

PERANAN MIKROORGANISME TANAH

Mikroorganisme tanah banyak yang berperan di dalam proses penyediaan maupun penyerapan unsur hara oleh tanaman. Tiga unsur hara penting tanaman, yaitu nitrogen (N), fosfat (P), dan kalium (K) seluruhnya melibatkan aktivitas mikroorganisme tanah. Mikroorganisme tanah yang berperan dalam penyediaan unsur hara tanaman adalah mikroorganisme pemfiksasi N. Hara N sebenarnya tersedia melimpah di udara, kurang lebih 74% kandungan udara adalah N. Namun, N udara tidak dapat langsung diserap oleh tanaman. Tidak ada satupun tanaman yang dapat menyerap N langsung dari udara karena N harus difiksasi/ditambat oleh mikroorganisme tanah dan diubah bentuknya menjadi tersedia bagi tanaman. Mikroorganisme penambat N ada yang bersimbiosis dengan tanaman dan ada pula yang hidup bebas di sekitar perakaran tanaman. Mikroorganisme penambat N simbiotik antara lain: *Rhizobium* sp. yang hidup di dalam bintil akar tanaman kacang-kacangan (*leguminosae*). Mikroorganisme penambat N non-simbiotik misalnya *Azospirillum* sp. dan *Azotobacter* sp. Mikroorganisme penambat N simbiotik hanya bisa digunakan untuk tanaman *leguminosae* saja, sedangkan mikroorganisme penambat N non-simbiotik dapat digunakan untuk semua jenis tanaman.

Mikroorganisme tanah lain yang berperan di dalam penyediaan unsur hara tanaman adalah mikroorganisme pelarut fosfat (P) dan kalium (K). Tanah-tanah yang sering diberi pupuk superfosfat (TSP/SP 36) umumnya kandungan P-nya cukup tinggi (jenuh). Namun, hara P ini sedikit atau tidak tersedia bagi tanaman karena terikat pada mineral liat tanah yang sukar larut. Mikroorganisme pelarut P akan melepaskan ikatan P dari mineral liat tanah dan menyediakannya bagi

tanaman. Banyak sekali mikroorganisme yang mampu melarutkan P, antara lain: *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Zerowilia lipolitika*, *Pseudomonas* sp., *Bacillus megatherium* var. *Phosphaticum*.

Mikroorganisme yang berkemampuan tinggi melarutkan P, umumnya juga berkemampuan tinggi dalam melarutkan K. Kelompok mikroorganisme lain yang juga berperan dalam penyerapan unsur P adalah mikoriza. Jenis mikoriza yang sering dipakai untuk *biofertilizer*, yaitu ektomikoriza dan endomikoriza. Ektomikoriza seringkali ditemukan pada tanaman-tanaman keras/berkayu, sedangkan endomikoriza ditemukan pada banyak tanaman, baik tanaman berkayu atau bukan. Mikoriza hidup bersimbiosis pada akar tanaman dan berperan dalam melarutkan P serta membantu penyerapan hara P oleh tanaman. Selain itu, tanaman yang bermikoriza umumnya juga lebih tahan terhadap kekeringan dan serangan

penyakit tular tanah. Contoh mikoriza yang sering ditemukan adalah *Glomus* sp. dan *Gigaspora* sp. Mikroorganisme tanah juga mampu menghasilkan hormon tanaman yang dapat merangsang pertumbuhan tanaman. Hormon yang dihasilkan oleh mikroorganisme akan diserap oleh tanaman sehingga tanaman akan tumbuh lebih cepat atau lebih vigor. Kelompok mikroorganisme yang mampu menghasilkan hormon tanaman, antara lain: *Pseudomonas* sp, *Azotobacter* sp, dan *Bacillus* sp.

Pengelolaan hara terpadu perkebunan kakao guna meningkatkan produktivitas kakao melalui pengembalian bahan organik yang melibatkan aktivitas mikroorganisme perlu didukung oleh pengelolaan yang terintegrasi dalam kajian lebih mendalam melalui ICM, INM, IPM, dan IMM seperti disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Matriks pengelolaan perkebunan kakao
Table 1. Matrix of cacao estate management

No	TAHAPAN	SASARAN/TUJUAN	METODE/PROSES
1.	Identifikasi lahan	1. Identifikasi lahan pertanian. Determinasi zonasi lahan perkebunan dan determinasi karakter lahan.	1. Identifikasi data primer & sekunder 2. Mapping/pemetaan zonasi lahan pertanian 3. Pengambilan sampel 4. Karakterisasi 5. Plot di lapangan
2.	<i>Integrated Crop Management</i> (ICM)	1. Seleksi budidaya kakao. 2. Pemupukan organik 3. Manajemen lensa 4. Determinasi <i>site/soil ecological effects</i>	1. Percampuran pupuk cair organik 2. Tanaman penutup 3. Uji perlakuan budidaya 4. Pemupukan organik di lahan.
3.	<i>Integrated Nutrient Management</i> (INM)	1. Peternakan ramah lingkungan 2. Organik farming 3. Energy alternatif Biogas 4. Determinasi sifat kimia 5. Determinasi sifat fisik 6. Determinasi kandungan hara 7. Determinasi material 8. Determinasi produksi tanaman 9. Kontrol kualitas tanaman Determinasi peningkatan kualitas tanah 10. Determinasi teknik <i>Soil amendment</i> 11. Determinasi manipulasi lahan	1. Peternakan sapi sehat 2. Pembuatan digester 3. Pengomposan limbah cair biogas 4. Analisis kimia tanah 5. Analisis fisika & biologi tanah 6. Analisis mikroorganisme 7. Peningkatan kualitas tanah 8. Pemakaian <i>Soil amendment</i> 9. Manipulasi lahan
4.	<i>Integrated Soil Moisture Management</i> (IMM)	1. Manajemen lensa 2. Efisiensi pengairan 3. Produk pertanian di luar musim	1. Budidaya tanaman di luar musim 2. Manajemen lensa 3. Deteksi <i>site/soil ecological effects</i>
5.	<i>Integrated Pest Management</i> (IPM)	1. Pengelolaan hama ramah lingkungan 2. Pengendalian hayati	1. Pemberantasan hama secara hayati 2. Pemanfaatan ternak untuk pemberantasan hama 3. Pemanfaatan tanaman obat untuk pemberantasan hama

Sumber: Agus *et al.* (2004)
Source: Agus *et al.* (2004)

PEMANFAATAN KULIT BUAH KAKAO SEBAGAI SUMBER UNSUR HARA TANAMAN

Kulit buah kakao dapat diolah menjadi bermacam produk seperti kompos, pakan ternak, biogas, tepung, pektin dan zat pewarna (Agyente-Badu & Oddoye, 2005; Rosniawaty *et al.*, 2005; Marcel, Andre, Theodore, & Seraphin, 2014). Sebagai bahan organik, kulit buah kakao mempunyai komposisi hara dan senyawa yang sangat potensial sebagai medium tumbuh tanaman. Kadar air dan bahan organik pada kakao lindak sekitar 86%, pH 5,4, N total 1,30%, C organik 33,71%, P₂O₅ 0,186%, K₂O 5,5%, CaO 0,23%, dan MgO 0,59% (Didiek & Away, 2004). Namun demikian, kulit buah kakao sampai saat ini belum banyak mendapat perhatian masyarakat atau perusahaan untuk dijadikan pupuk organik.

Pengomposan merupakan proses perombakan (dekomposisi) dan stabilisasi bahan organik oleh mikroorganisme dalam keadaan lingkungan yang terkendali (terkontrol) dengan hasil akhir berupa humus dan kompos (Simamora & Salundik, 2006). Selama proses pengomposan akan terjadi perubahan yang dilakukan oleh mikroorganisme, yaitu berupa penguraian selulosa, hemiselulosa, lemak, serta bahan lainnya menjadi karbondioksida (CO₂) dan air. Dengan adanya perubahan-perubahan tersebut maka bobot dan isi bahan dasar kompos akan menjadi berkurang antara 40-60 %, tergantung bahan dasar kompos dan proses pengomposannya (Musnamar, 2007), sedangkan

menurut Yuwono (2005), pengomposan secara aerobik akan mengurangi bahan kompos sebesar 50% dari bobot awalnya.

Kompos mempunyai beberapa sifat yang menguntungkan, antara lain memperbaiki struktur tanah berlempung sehingga menjadi ringan, memperbesar daya ikat tanah berpasir sehingga tanah tidak berderai, menambah daya ikat air pada tanah, memperbaiki drainase dan tata udara dalam tanah, mempertinggi daya ikat tanah terhadap zat hara, mengandung hara yang lengkap walaupun jumlahnya sedikit, membantu proses pelapukan bahan mineral, memberi ketersediaan bahan makanan bagi mikroorganisme (Indriani, 2007). Hasil penelitian Sugiyanto, Baon, & Wijaya (2008), menunjukkan bahwa pemberian bahan organik berupa pupuk kandang sapi, kompos kulit kakao, dan belotong dapat meningkatkan kandungan C, N, Ca tertukar, Fe tersedia, dan pH tanah. Pemberian belotong dapat meningkatkan serapan N, K, Ca, Mg, dan SO₄, namun belum dapat meningkatkan serapan Cl. Pemberian pupuk kandang sapi dengan dosis 5% dapat meningkatkan serapan N, K dan Cl, sedangkan kompos kulit kakao dengan dosis 5% dapat meningkatkan serapan N dan K tanaman kakao. Terdapat korelasi positif antara kandungan hara dalam tanah akibat pemberian bahan organik dengan serapan hara oleh tanaman kakao. Komposisi kimia pupuk kandang, kompos kulit kakao, dan belotong sebelum diberikan pada tanaman kakao diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi kimia pupuk kandang, kompos kulit kakao, dan belotong
Table 2. Chemical composition of sheepdung, compost, and belotong

Komposisi kimia (%)	Pupuk kandang	Kompos kulit kakao	Belotong
Karbon	10,8	25,79	17,40
Nitrogen	1,00	1,42	1,27
Nisbah C/N	10,00	18,00	14,00
Fosfor	0,59	0,26	1,63
Kalium	2,55	2,97	1,11
Kalsium	2,03	3,53	5,90
Magnesium	0,85	0,85	0,66
Sulfat	0,86	0,52	3,89
Tembaga	61,00	50	79,00
Besi total	0,47	0,47	0,59
Mangan	0,07	0,04	0,12
Ph	7,80	8,10	7,70

Sumber : Dimodifikasi dari Sugiyanto, Baon, & Wijaya (2008)
Source: Modified from Sugiyanto, Baon, & Wijaya (2008)

Peranan mikroorganisme dalam proses pengomposan dapat dipengaruhi oleh beberapa hal sesuai dengan kriteria keberhasilan pengomposan menurut Isroi (2007), di antaranya :

1. *Nisbah C/N*

Mikroorganisme memecah senyawa C sebagai sumber energi dan menggunakan N untuk sintesis protein. Pada nisbah C/N antara 30-40 mikroorganisme mendapatkan cukup C untuk energi dan N untuk sintesis protein. Apabila nisbah C/N terlalu tinggi, mikroorganisme akan kekurangan N untuk sintesis protein sehingga dekomposisi berjalan lambat. Oleh karena itu nisbah C/N yang efektif untuk proses pengomposan dengan kisaran 30:1 hingga 40:1.

2. *Ukuran bahan*

Aktivitas mikroorganisme berada di antara permukaan area dan udara. Permukaan area yang lebih luas akan meningkatkan kontak antara mikroorganisme dengan bahan, dan proses dekomposisi akan berjalan lebih cepat. Ukuran bahan baku juga menentukan besarnya ruang antar bahan (porositas). Untuk meningkatkan luas permukaan dapat dilakukan dengan memperkecil ukuran partikel bahan tersebut, dengan ukuran bahan baku yang ideal 2 x 2 cm.

3. *Aerasi*

Pengomposan yang cepat dapat terjadi dalam kondisi yang cukup oksigen (aerob). Aerasi secara alami akan terjadi pada saat terjadi peningkatan suhu yang menyebabkan udara hangat keluar dan udara yang lebih dingin masuk ke dalam tumpukan kompos. Aerasi ditentukan oleh porositas dan kandungan air bahan (kelembaban). Apabila aerasi terhambat maka akan terjadi proses anaerob yang akan menghasilkan bau yang tidak sedap. Aerasi dapat ditingkatkan dengan melakukan pembalikan atau mengalirkan udara dalam tumpukan kompos.

4. *Porositas*

Porositas adalah ruang di antara partikel dalam tumpukan kompos. Porositas dihitung dengan mengukur volume rongga dibagi dengan volume total. Rongga-rongga ini akan diisi oleh air dan udara. Udara akan menambah oksigen untuk proses pengomposan. Apabila rongga dijenuhi oleh air maka pasokan oksigen akan berkurang dan proses pengomposan juga akan terganggu. Kelembaban memegang peranan yang sangat penting dalam proses metabolisme mikroorganisme dan secara tidak langsung berpengaruh pada suplai oksigen.

5. *Mikroorganisme*

Mikroorganisme dapat memanfaatkan bahan organik apabila bahan organik tersebut larut dalam air. Kelembaban 40-60% adalah kisaran optimum untuk metabolisme mikroorganisme. Apabila kelembaban di bawah 40%, aktivitas mikroorganisme akan mengalami penurunan dan akan lebih rendah lagi pada kelembaban 15%. Apabila kelembaban lebih besar dari 60%, hara akan

tercuci, volume udara berkurang, akibatnya aktivitas mikroorganisme akan menurun dan akan terjadi fermentasi anaerobik yang menimbulkan bau tidak sedap.

6. *Temperatur*

Panas dihasilkan dari aktivitas mikroorganisme. Ada hubungannya langsung antara peningkatan suhu dengan konsumsi oksigen. Semakin tinggi temperatur akan semakin banyak konsumsi oksigen dan akan semakin cepat pula proses dekomposisi. Peningkatan suhu dapat terjadi dengan cepat pada tumpukan kompos. Temperatur 30-60 °C menunjukkan aktivitas pengomposan yang cepat. Suhu lebih tinggi dari 60 °C akan membunuh sebagian mikroorganisme dan hanya mikroorganisme termofilik saja yang tetap bertahan hidup. Suhu tinggi juga akan membunuh mikroorganisme patogen tanaman dan benih-benih gulma.

7. *Tingkat keasaman*

Proses pengomposan dapat terjadi pada kisaran pH yang lebar. pH optimum untuk proses pengomposan dengan 6,5 sampai 7,5. pH kotoran ternak umumnya 6,8 hingga 7,4. Proses pengomposan sendiri akan menyebabkan perubahan pada bahan organik dan pH bahan itu sendiri, sebagai contoh proses pelepasan asam, secara temporer atau lokal, akan menyebabkan penurunan pH (pengasaman), sedangkan produksi amonia dari senyawa-senyawa yang mengandung nitrogen akan meningkatkan pH pada fase-fase awal pengomposan. pH kompos yang sudah matang biasanya mendekati netral.

8. *Kandungan hara*

Kandungan P dan K juga penting dalam proses pengomposan dan biasanya terdapat di dalam kompos-kompos dari peternakan. Hara ini akan dimanfaatkan oleh mikroorganisme selama proses pengomposan.

9. *Kandungan bahan berbahaya*

Beberapa bahan organik mungkin mengandung bahan-bahan berbahaya bagi kehidupan mikroorganisme. Logam-logam berat seperti Mg, Cu, Zn, Nikel, Cr adalah beberapa bahan yang termasuk kategori ini. Logam-logam berat akan mengalami imobilisasi selama proses pengomposan.

PENUTUP

Mikroorganisme banyak berperan dalam penyediaan maupun penyerapan unsur hara bagi tanaman kakao. Peran mikro-, meso- dan makro-organisme secara biokimiawi dalam siklus hara dan peningkatan produktivitas lahan sangat penting. Tiga unsur hara penting bagi tanaman kakao, yaitu nitrogen (N), fosfat (P), dan kalium (K) seluruhnya dapat melibatkan aktivitas mikroorganisme. Mikroorganisme mampu menyediakan nutrisi utama bagi tanaman kakao,

baik melalui simbiosis mutualistik maupun non simbiosis. Mikroorganisme juga mampu menghasilkan hormon tanaman yang dapat merangsang pertumbuhan tanaman. Mikroorganisme dapat berperan dalam perombakan limbah perkebunan kakao melalui proses pengomposan. Dalam proses pengomposan akan terjadi perubahan yang dilakukan oleh mikroorganisme, yaitu berupa penguraian selulosa, hemiselulosa, lemak, serta bahan lainnya menjadi karbondioksida (CO₂) dan air. Pengelolaan hara terpadu perkebunan kakao guna meningkatkan produktivitas kakao melalui pengembalian bahan organik yang melibatkan aktivitas mikroorganisme perlu didukung oleh pengelolaan yang terintegrasi dalam kajian lebih mendalam melalui: pengelolaan tanaman terpadu (ICM), pengelolaan hara terpadu (INM), pengelolaan hama terpadu (IPM), dan pengelolaan air terpadu (IMM).

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, C., Karyanto, O., Kita, S., Haibara, K., Toda, H., Hardiwinoto, S., Supriyo, H., Na'iem, M., ... Wijoyo, S. (2004). Sustainable site productivity and nutrient management in a short rotation *Gmelina arborea* plantation in East Kalimantan, Indonesia. *New Forest J.*, 28, 277-285.
- Agyente-Badu, K., & Oddoye, E.C.K. (2005). Uses of cocoa by-products. In *Proceedings of 24th Biennial Conference of Ghana Science Association* (p. 115-127). University of Ghana, Legon.
- Didiek, H.G., & Away, Y. (2004). Orgadek, aktivator pengomposan. Pengembangan Hasil Penelitian. Bogor: Unit Penelitian Bioteknologi Perkebunan Bogor.
- Direktorat Jendral Perkebunan. (2010). *Pedoman umum pelaksanaan kegiatan pengembangan pertanian terpadu tanaman kakao-ternak tahun 2010* (p. 34). Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Direktorat Jendral Perkebunan. (2012). *Pedoman teknis penanganan pascapanen kakao* (p. 20). Jakarta: Direktorat Pascapanen dan Pembinaan Usaha, Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian.
- Indriani, Y. H. (2007). *Membuat pupuk organik secara singkat*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- International Cocoa Organization. (2012). International Cocoa Organization Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics, Vol. XXXVIII, No. 4, Cocoa year 2011/2012. Retrieved from <http://www.icco.org/>
- Isroi. (2007). *Bioteknologi mikroba untuk pertanian organik*. Laporan Penelitian. Bogor: Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia. Lembaga Riset Perkebunan Indonesia.
- Isroi. (2008). *Kompos*. Bogor: Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia. Retrieved from <http://id.wikipedia.org/wiki/Kompos>. 14 Agustus 2008.
- Marcel, B.K.G., Andre, K.B., Theodore, D., & Seraphin K.C. (2011). Waste and by-products of cocoa in breeding: Research synthesis. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 1(1), 9-19.
- Musnamar, E.I. (2007). *Pupuk organik (Cair dan padat, pembuatan, aplikasi)*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Peraturan Menteri Pertanian. (2010). *Pedoman umum pemulihan kesuburan lahan*. Peraturan Menteri Pertanian Nomor: 51/Permentan/OT.140/9/2010.
- Rosniawaty, S. (2005). *Pengaruh kompos kulit buah kakao dan kascing terhadap pertumbuhan bibit kakao (Theobroma cacao L.) kultivar Upper Amazone Hybrid (UAH)*. Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian UNPAD.
- Simamora, S., & Salundik. (2006). *Meningkatkan kualitas kompos*. Jakarta: PT. Agromedia.
- Simanungkalit, R.D.M. (2006). *Pupuk organik dan pupuk hayati (organic fertilizer and biofertilizer)*. Bogor: Balai Besar Sumber Daya Lahan Pertanian, Balitbang Pertanian.
- Sugiyanto, Baon, J.B., & Wijaya, K.A. (2008). Sifat kimia tanah dan serapan hara tanaman kakao akibat bahan organik dan pupuk fosfat yang berbeda. *Pelita Perkebunan*, 24(3), 188-204.
- Susanto. (2009). Membuat kompos dengan mudah dan murah. *Gula Indonesia* /Vol.XXXIII/ No.1/Maret-April 2009.
- Yuwono, D. (2005). *Kompos*. Jakarta: Penebar Swadaya.

