

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kakao

Tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu tanaman perkebunan yang berprospek menjanjikan. Hal ini ditunjang oleh hasil pengolahan biji tanaman kakao berupa produk coklat yang sangat disukai oleh para konsumen disemua lapisan masyarakat dunia, tidak terkecuali di Indonesia. Bubuk coklat ini biasa digunakan sebagai bahan penyegar atau sebagai bahan campuran makanan. Dengan semakin bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia, maka konsumsi olahan biji kakao diperkirakan akan semakin meningkat.

Selain itu, komoditi kakao memiliki prospek pasar yang lebih besar jika dibandingkan dengan komoditi perkebunan lainnya. Produksi kakao di Indonesia pada tahun 2012 mencapai 740.513 ton dan diperkirakan akan terus meningkat secara nyata karena program peremajaan tanaman yang terus digalakkan oleh pemerintah (Direktorat Jendral Perkebunan, 2013).

Kakao merupakan tumbuhan tahunan (*perennial*) berbentuk pohon, di alam dapat mencapai ketinggian 10 m. Meskipun demikian, dalam pembudidayaan tingginya dibuat tidak lebih dari 5 m dengan tajuk menyamping yang meluas. Buah kakao tumbuh dari bunga yang diserbuki. Ukuran buah kakao jauh lebih besar dari

bunganya dan berbentuk bulat hingga memanjang. Warna buah akan berubah seiring tingkat kematangan buah. Sewaktu muda buah berwarna hijau hingga ungu. Apabila telah masak kulit luar buah biasanya berwarna kuning. Di Indonesia, kakao dikenal dengan dua jenis, yaitu kakao mulia yang berasal dari varietas *criollo* dengan buah berwarna merah dan kakao lindak berasal dari varietas *forastero* dan *trinitario* dengan warna buah hijau (Ide, 2008). Gambar tanaman kakao dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tanaman Kakao

Kakao menghasilkan biji kakao yang digunakan sebagai penyedap makanan juga sebagai sumber lemak nabati (Siregar dan Riyadi, 1994). Selama ini, pemanfaatan kakao masih sebatas mengambil bijinya sedangkan kulit kakao yang merupakan limbah masih minim dalam hal pemanfaatannya. Gambar biji kakao dapat dilihat pada Gambar 2.

2.2. Kulit Kakao

Kulit buah kakao merupakan limbah agroindustri yang dihasilkan tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.). Buah kakao terdiri dari 74% kulit buah, 2% plasenta dan 24% biji (Opeke, 1984). Hasil analisis yang dilakukan oleh Aregheore (2002), menyatakan bahwa kulit buah kakao mengandung kadar air sebesar 85%, protein 5,90%, serat kasar 50,90%, lemak 0,32%, pektin 5,80%, lignin 29,94%, hemiselulosa 7,14%, dan pH 5,8. Selain itu, kulit kakao (umur kurang dari satu minggu) mempunyai rasio C/N yang cukup rendah yaitu antara 20-25 (Soedarsono dkk, 1997). Gambar kulit kakao dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kulit dan biji buah kakao

Spillane (1995), mengemukakan bahwa kulit buah kakao dapat dimanfaatkan sebagai sumber unsur hara tanaman dalam bentuk kompos, pakan ternak, produksi biogas dan sumber pektin. Sebagai bahan organik, kulit buah kakao mempunyai komposisi hara dan senyawa yang sangat potensial sebagai medium tumbuh tanaman. Kadar air (basis basah) untuk kakao lindak sekitar 86 % dan kadar bahan organiknya sekitar 55,7 % (Soedarsono dkk, 1997).

Kulit buah kakao merupakan salah satu limbah dari perkebunan kakao. Apabila tidak dimanfaatkan dapat merupakan masalah lingkungan di sekitar perkebunan. Salah satu cara untuk memanfaatkan kulit buah kakao adalah dijadikan kompos yang dapat digunakan sebagai pupuk organik. Kulit buah kakao basah mengandung C/N rasio 20-25. Kandungan hara mineral kulit buah kakao cukup tinggi, khususnya hara Kalium dan Nitrogen. Dilaporkan bahwa 61% dari total nutrisi buah kakao disimpan di dalam kulit buah. Penelitian yang dilakukan oleh Goenadi et.al (2000), mengemukakan bahwa kandungan hara kompos yang dibuat dari kulit buah kakao adalah 1,81 % N, 26,61 % C-organik, 0,31% P₂O₅, 1,08% K₂O, 1,22% CaO, 1,37 % MgO, dan 44,85 cmol/kg KTK. Aplikasi kompos kulit buah kakao dapat meningkatkan produksi hingga 19,48%.

Pada tahun 2012, total produksi kakao provinsi Lampung mencapai 26.719 ton (Direktorat Jendral Perkebunan, 2013). Komposisi buah kakao 74% adalah kulit kakao (Opeke, 1984). Dilihat dari melimpahnya produksi kakao ini maka terdapat produk lain berupa limbah kulit buah kakao yang dihasilkan seiring dengan jumlah produksi kakao tersebut. Limbah kulit kakao yang dihasilkan seiring dengan hasil panen yang diperkirakan akan terus meningkat dapat berpotensi menjadi sumber pencemaran lingkungan jika tidak dimanfaatkan dengan tepat.

Pencemaran tanah dapat terjadi karena kulit buah kakao membutuhkan waktu yang relatif lama jika diuraikan secara alami tanpa aktivator sehingga berpotensi menjadi tempat tumbuh berbagai penyakit terutama penyakit pada tanaman kakao (Priyanto dkk, 2004). Pencemaran air juga dapat terjadi akibat tercemarnya sumber air yang ada disekitaran kebun kakao yang menjadi tempat tumpukan kulit

kakao (Nasrullah dan Ella, 1993). Air akan menjadi kotor dan tidak layak dipergunakan untuk keperluan sehari-hari maupun untuk pembudidayaan ikan. Selain itu, limbah kulit kakao akan menyebabkan pencemaran udara. Pencemaran ini dapat terjadi akibat timbulnya bau busuk yang tidak terkendali yang disebabkan oleh aktivitas mikroba yang menghasilkan gas amonia (Indriani, 2004). Bau ini dapat menimbulkan gangguan sistem pernapasan manusia jika dihirup secara terus menerus.

Selain pencemaran yang ditimbulkan dari tumpukan kulit kakao tersebut, tingginya penggunaan pupuk kimia oleh petani menjadi pertimbangan lain mengapa perlunya dilakukan proses pengomposan dari kulit kakao ini.

Hermawan dkk (1999), menjelaskan bahwa penggunaan pupuk kimia yang terus menerus akan menyebabkan semakin berkurangnya kandungan organik tanah dan akan menimbulkan masalah lain dalam pembudidayaan pertanian di Indonesia, seperti tanah menjadi semakin asam, tanah menjadi keras dan semakin rendahnya tingkat kesuburan tanah yang akan berakibat pada hasil panen. Selain itu, harga pupuk kimia saat ini relatif mahal. Dengan penggunaan kompos dari kulit kakao ini, penggunaan pupuk kimia dapat ditekan walaupun dampak yang ditimbulkan dari penggunaan pupuk kompos tidak secepat pupuk kimia.

2.3. Kotoran Ternak

Kotoran ternak merupakan salah satu limbah yang dihasilkan dari hewan ternak yang dipelihara dan dibudidayakan. Kotoran ternak memiliki potensi yang besar dalam pemanfaatan dan pengembangannya seiring dengan banyaknya hewan ternak yang dibudidayakan oleh masyarakat maupun perusahaan hewan ternak

(Priyanto dkk, 2004). Kotoran ternak yang digunakan dalam penelitian ini adalah kotoran ternak ayam, kotoran ternak sapi, dan kotoran ternak sapi.

2.3.1. Kotoran Ayam

Kotoran ayam merupakan salah satu limbah yang dihasilkan baik ayam petelur maupun ayam pedaging yang memiliki potensi yang besar sebagai pupuk organik. Komposisi kotoran sangat bervariasi tergantung pada sifat fisiologis ayam, ransum yang dimakan, lingkungan kandang termasuk suhu dan kelembaban. Kotoran ayam merupakan salah satu bahan organik yang berpengaruh terhadap sifat fisik, kimia dan pertumbuhan tanaman. Kotoran ayam mempunyai kadar unsur hara dan bahan organik yang tinggi serta kadar air yang rendah. Setiap ekor ayam kurang lebih menghasilkan ekskreta per hari sebesar 6,6% dari bobot hidup (Taiganides, 1977). Kotoran ayam memiliki kandungan unsur hara N 1%, P 0,80%, K 0,40% dan kadar air 55% (Lingga, 1986).

Hasil analisis yang dilakukan oleh Suryani dkk (2010), bakteri yang ditemukan pada kotoran ternak ayam antara lain *Lactobacillus achidophilus*, *Lactobacillus reuteri*, *Leuconostoc mensenteroide* dan *Streptococcus thermophilus*, sebagian kecil terdapat *Aktinomyces* dan kapang. Raihan (2000), menyatakan bahwa penggunaan bahan organik kotoran ayam mempunyai beberapa keuntungan antara lain sebagai pemasok hara tanah dan meningkatkan retensi air. Apabila kandungan air tanah meningkat, proses perombakan bahan organik akan banyak menghasilkan asam-asam organik. Anion dari asam organik dapat mendesak fosfat yang terikat oleh Fe dan Al sehingga fosfat dapat terlepas dan tersedia bagi tanaman. Penambahan kotoran ayam berpengaruh positif pada tanah masam

berkadar bahan organik rendah karena pupuk organik mampu meningkatkan kadar P, K, Ca dan Mg tersedia.

2.3.2. Kotoran Sapi

Umumnya tujuan para peternak dalam beternak sapi adalah untuk mendapatkan daging sapi atau susu sapi. Selain menghasilkan daging atau susu, dalam beternak sapi juga menghasilkan produk lain berupa kotoran. Seekor sapi dapat menghasilkan kotoran antara 8-10 kg/harinya. Kotoran sapi akan menimbulkan masalah bila tidak dimanfaatkan dan ditangani dengan baik. Hal tersebut tentu tidak dapat dibiarkan begitu saja, karena selain mengganggu dan mengotori lingkungan, juga sangat berpotensi untuk menimbulkan penyakit bagi masyarakat sekitarnya.

Ternak ruminansia seperti sapi mempunyai sistem pencernaan khusus yang menggunakan mikroorganisme dalam sistem pencernaannya yang berfungsi untuk mencerna selulosa dan lignin dari rumput atau tumbuhan hijau lain yang memiliki serat yang tinggi. Karena itu kotoran sapi masih memiliki banyak kandungan mikroba yang ikut terbawa pada feses yang dihasilkan. Hasil analisis yang dilakukan oleh Bai dkk (2012), menyebutkan bahwa total mikroba kotoran sapi mencapai $3,05 \times 10^{11}$ cfu/gr dan total fungi mencapai $6,55 \times 10^4$. Komposisi mikroba dari kotoran sapi mencakup ± 60 spesies bakteri (*Bacillus sp.*, *Vigna sinensis*, *Corynebacterium sp.*, dan *Lactobacillus sp.*), jamur (*Aspergillus* dan *Trichoderma*), ± 100 spesies protozoa dan ragi (*Saccharomyces* dan *Candida*). Bakteri yang terdapat pada kotoran sapi mayoritas jenis bakteri fermentor selulosa, hemiselulosa, dan pektin. Kotoran sapi terdiri dari serat tercerna,

beberapa produk terekskresi berasal dari empedu (pigmen), bakteri usus, dan lendir.

Kotoran sapi merupakan bahan organik yang secara spesifik berperan meningkatkan ketersediaan fosfor dan unsur-unsur mikro, mengurangi pengaruh buruk dari aluminium, menyediakan karbondioksida pada kanopi tanaman, terutama pada tanaman dengan kanopi lebat dimana sirkulasi udara terbatas.

Kotoran sapi banyak mengandung hara yang dibutuhkan tanaman seperti nitrogen, fosfor, kalium, kalsium, magnesium, belerang dan boron (Brady, 1974, dalam Sudarkoco, 1992).

2.3.3. Kotoran Kambing

Kambing merupakan salah satu hewan yang mampu beradaptasi dengan baik diberbagai kondisi lingkungan. Kambing tersebar luas di wilayah Indonesia. Kegunaan kambing umumnya dimanfaatkan dagingnya. Namun, di Indonesia akhir-akhir ini sudah berkembang pesat peternakan kambing yang memproduksi susu sebagai produk utama. Disamping produk berupa susu dan daging dari kambing, terdapat limbah yang dihasilkan dari usaha peternakan kambing yaitu feses atau kotoran yang dihasilkan kambing setiap harinya.

Tekstur feses kambing adalah sangat khas, karena berbentuk butiran-butiran yang agak sukar dipecah secara fisik sehingga berpengaruh terhadap proses dekomposisi dan proses penyediaan haranya. Hasil analisis yang dilakukan oleh Hidayati dkk (2010), menyatakan bahwa total jumlah bakteri yang terdapat pada kotoran kambing adalah 52×10^6 cfu/gr, sedangkan total koliform mencapai $27,8 \times$

10^6 cfu/gr. Umumnya kotoran kambing mempunyai C/N rasio diatas 30 (Widowati *et al*, 2005). Tiap satu ekor kambing akan menghasilkan \pm 4 kg feses per harinya. Dilihat dari jumlah feses yang dihasilkan serta tingginya rasio C/N kotoran kambing, pengomposan merupakan salah satu alternatif untuk menurunkan C/N rasio mendekati C/N rasio tanah sehingga aman untuk digunakan sebagai pupuk serta menambah nilai ekonomis dari kotoran ternak kambing yang bernilai ekonomis rendah.

Dalam pembuatan kompos, salah satu hal yang harus diperhatikan adalah rasio C/N dari bahan yang dikomposkan. Rasio C/N dari beberapa jenis kotoran dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rasio C/N beberpa jenis limbah kotoran/feses

Jenis kotoran	Rasio C/N
Manusia	6-10
Ayam	18-25
Kambing	30-35
Kuda	25
Sapi/Kerbau	25-30
Babi	25

Sumber : Yusnaini, 1996.

2.4. Sekam Padi

Sekam padi merupakan lapisan keras yang meliputi *kariopsis*, terdiri dari belahan *lemma* dan *palea* yang saling bertautan, umumnya ditemukan di areal penggilingan padi. Dari proses penggilingan padi, biasanya diperoleh sekam 20 – 30%, dedak 8 – 12 %, dan beras giling 50 – 63,5% dari bobot awal gabah. Sekam

padi sering diartikan sebagai bahan buangan atau limbah penggilingan padi, keberadaannya cenderung meningkat yang mengalami proses penghancuran secara alami dan lambat, sehingga dapat mengganggu lingkungan juga kesehatan manusia. Sekam memiliki kerapatan jenis *bulk density* 125 kg/m^3 , dengan nilai kalori 1 kg sekam padi sebesar 3300 kkal dan ditinjau dari komposisi kimiawi, sekam mengandung karbon (zat arang) 1,33%, hydrogen 1,54%, oksigen 33,645, dan Silika (SiO_2) 16,98% (Sunghening, 2012).

Sekam padi yang tidak dimanfaatkan dengan tepat akan menimbulkan banyak masalah. Salah satu pemanfaatan yang dapat dilakukan untuk mendaur ulang sekam padi adalah dengan melakukan pengomposan. Kandungan unsur hara pada sekam padi menurut Kasli (2008), adalah C-organik 55,06%, N-total 0,31%, rasio C/N 177,62, P-total 0,07%, K-total 0,28%, Ca 0,06% dan Mg 0,04%. Rasio C/N yang tinggi ini dapat dikombinasikan dengan bahan organik lain dengan rasio C/N rendah untuk mendapatkan rasio pengomposan yang optimal.

2.5. Pengomposan

2.5.1. Pengertian dan Manfaat Pengomposan

Kompos adalah hasil penguraian parsial/tidak lengkap dari campuran bahan-bahan organik yang dapat dipercepat secara artifisial oleh populasi berbagai macam mikroba dalam kondisi lingkungan yang hangat, lembab, dan aerobik atau anaerobik (Modifikasi dari J.H. Crawford, 2003). Murbandono (2008), menyatakan bahwa kompos merupakan hasil fermentasi atau dekomposisi dari bahan-bahan organik seperti tanaman, hewan, atau limbah organik lainnya. Kompos sebagai pupuk organik mempunyai fungsi untuk memperbaiki struktur

tanah, menaikkan daya serap tanah terhadap air, dan meningkatkan daya ikat tanah terhadap unsur hara. Kompos juga mengandung zat hara yang lengkap yang dibutuhkan oleh tanaman.

Proses pengomposan adalah proses dimana bahan organik mengalami penguraian secara biologis, khususnya oleh mikroba-mikroba yang memanfaatkan bahan organik sebagai sumber energi. Pengomposan merupakan dekomposisi biologi dan stabilisasi bahan organik pada kondisi suhu tinggi dengan produk akhir yang cukup stabil untuk penyimpanan dan memperbaiki tanah pertanian tanpa menimbulkan dampak lingkungan (Haug, 1980). Membuat kompos adalah mengatur dan mengontrol proses alami tersebut agar kompos dapat terbentuk lebih cepat. Proses ini meliputi membuat campuran bahan yang seimbang, pemberian air yang cukup, pengaturan aerasi, dan penambahan aktivator pengomposan.

Pemupukan menggunakan kompos mengakibatkan tanah yang strukturnya ringan (berpasir atau remah) menjadi lebih baik, daya ikat air menjadi lebih tinggi. Sementara itu, tanah yang berat (tanah liat) menjadi lebih optimal dalam mengikat air. Kompos juga mengandung zat hara yang lengkap yang dibutuhkan oleh tanaman. Menurut Lingga dan Marsono (2008), kandungan utama yang terdapat dalam kompos adalah nitrogen, kalium, fosfor, kalsium, karbon dan magnesium yang mampu memperbaiki kesuburan tanah walaupun kadarnya rendah. Kompos merupakan semua bahan organik yang telah mengalami degradasi atau pengomposan sehingga berubah bentuk dan sudah tidak dikenali bentuk aslinya, berwarna kehitam-hitaman, dan tidak berbau (Rynk, 1992). Bahan organik

tersebut dapat berasal dari bahan pertanian (limbah tanaman dan limbah ternak), limbah padat industri dan limbah rumah tangga.

Proses pengomposan dapat dibuat dengan dua cara, yaitu dengan bantuan oksigen (aerobik) dan tanpa bantuan oksigen (anaerobik). Pembuatan kompos aerobik dilakukan di tempat terbuka karena mikroorganisme yang berperan dalam proses tersebut membutuhkan oksigen. Untuk pembuatan kompos secara anaerobik dilakukan di tempat tertutup karena mikroba yang berperan tidak membutuhkan oksigen. Umumnya pembuatan kompos dilakukan secara aerobik. Proses dekomposisi secara anaerobik tidak diinginkan selama proses pengomposan karena akan dihasilkan bau yang tidak sedap. Proses anaerobik akan menghasilkan senyawa-senyawa yang berbau tidak sedap, seperti: asam-asam organik (asam asetat, asam butirat, asam valerat, putrescine), amonia, dan H_2S (Yuwono, 2005).

Kompos seperti multi-vitamin untuk tanah pertanian. Kompos akan meningkatkan kesuburan tanah dan merangsang perakaran yang sehat. Kompos memperbaiki struktur tanah dengan meningkatkan kandungan bahan organik tanah dan akan meningkatkan kandungan air tanah. Aktivitas mikroba tanah yang bermanfaat bagi tanaman akan meningkat dengan penambahan kompos. Aktivitas mikroba ini akan membantu tanaman dalam menyerap unsur hara dari tanah dan menghasilkan senyawa yang dapat merangsang pertumbuhan tanaman. Aktivitas mikroba tanah juga diketahui dapat membantu tanaman menghadapi serangan penyakit. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi proses pengomposan yaitu rasio C/N, ukuran partikel, aerasi, porositas, kelembaban, temperatur, pH, kandungan hara, dan kandungan zat berbahaya (Isroi, 2007).

Kompos dapat digunakan sebagai pupuk organik seperti hasil penelitian Sutanto dan Utami (1995), bahwa tanaman kacang tanah yang ditanam di tanah kritis dengan menggunakan beberapa jenis kompos dapat menghasilkan kacang yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan pupuk kimiawi sesuai dengan dosis anjuran. Hermawan, dkk. (1999), mengemukakan bahwa kompos bioaktif tandan kosong kelapa sawit yang telah matang diberikan ke tanaman kelapa sawit dengan cara dibenam dalam parit mampu secara langsung menghemat 50% dosis pupuk konvensional tanpa berpengaruh negatif terhadap produksi. Selain itu dapat mempercepat lama produksi tanaman kelapa sawit dari 30-32 bulan menjadi 22 bulan jika kompos tandan kelapa sawit diaplikasikan ke lubang tanam pada saat penanaman.

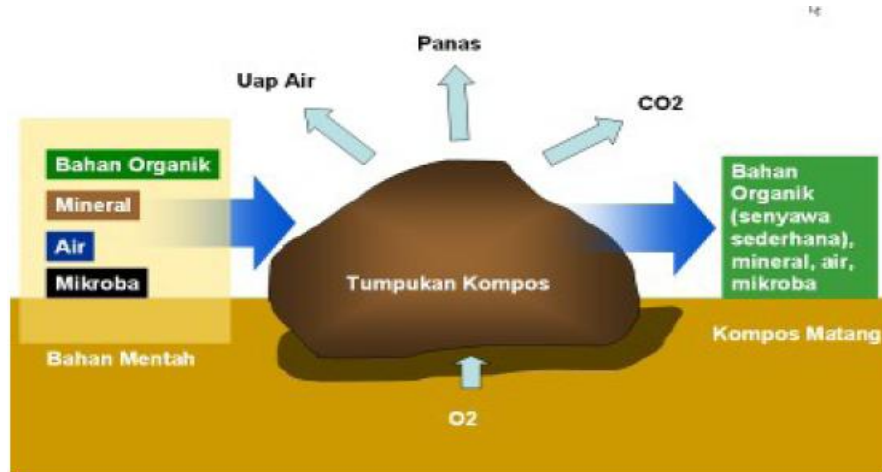
2.5.2. Prinsip Pengomposan

Proses pengomposan yang terjadi secara alami berlangsung dalam jangka waktu yang cukup lama. Pembuatan kompos memerlukan waktu 2-3 bulan bahkan ada yang memerlukan waktu hingga 6-12 bulan tergantung dari bahan baku (Djuarni dkk, 2006). Tenggang waktu pembuatan pupuk organik yang relatif lama sementara kebutuhan pupuk yang terus meningkat memungkinkan terjadinya kekosongan ketersediaan pupuk. Oleh karena itu, telah banyak penelitian untuk mensiasati dan mempercepat proses pengomposan. Beberapa hasil penelitian menunjukkan proses pengomposan dapat dipercepat menjadi 2-3 minggu atau 1-1,5 bulan tergantung pada bahan dasar yang digunakan (Sutanto, 2002).

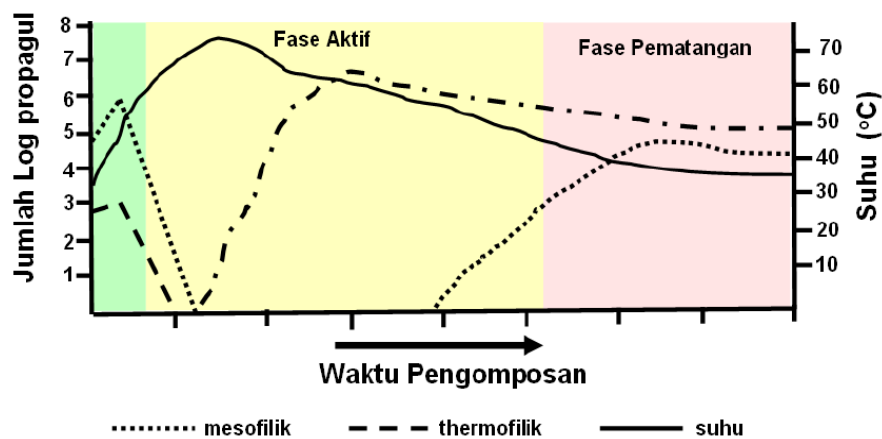
Prinsip pengomposan adalah menurunkan C/N rasio bahan organik hingga sama dengan C/N tanah yaitu antara 10-20 (Epstein, 1997). Penurunan rasio ini

dimaksudkan untuk memudahkan tanaman menyerap unsur hara dari kompos. Proses pengomposan akan segera berlangsung setelah bahan-bahan mentah dicampur. Proses pengomposan secara sederhana dapat dibagi menjadi dua tahap, yaitu tahap aktif dan tahap pematangan (Isroi, 2007). Selama tahap-tahap awal proses, oksigen dan senyawa-senyawa yang mudah terdegradasi akan segera dimanfaatkan oleh mikroba mesofilik. Suhu tumpukan kompos akan meningkat dengan cepat dan akan diikuti dengan peningkatan pH kompos. Suhu akan meningkat hingga di atas 50°C-70°C. Suhu akan tetap tinggi selama waktu tertentu.

Mikroba yang aktif pada kondisi ini adalah mikroba termofilik, yaitu mikroba yang aktif pada suhu tinggi (Isroi, 2007). Pada saat ini terjadi dekomposisi atau penguraian bahan organik yang sangat aktif. Mikroba-mikroba di dalam kompos dengan menggunakan oksigen akan menguraikan bahan organik menjadi CO₂, uap air dan panas (Rynk, 1992). Setelah sebagian besar bahan telah terurai, maka suhu akan berangsur-angsur mengalami penurunan. Pada saat ini terjadi pematangan kompos tingkat lanjut, yaitu pembentukan kompleks liat humus. Selama proses pengomposan akan terjadi penyusutan volume maupun biomassa bahan. Pengurangan ini dapat mencapai 30 – 40% dari volume atau bobot awal bahan. Gambaran umum mengenai proses pengomposan dan perubahan suhu yang terjadi selama pengomposan dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Proses umum pengomposan limbah padat organik (dimodifikasi dari Rynk, 1992)



Gambar 5. Perubahan suhu dan jumlah mikroba selama proses Pengomposan

Hasil oksidasi bahan organik dilepas ke udara dalam bentuk CO_2 . Organisme yang berperan dalam proses pengomposan dapat dilihat pada Tabel 2 sedangkan perubahan suhu selama proses pengomposan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Organisme yang terlibat dalam proses pengomposan

Kelompok Organisme	Organisme	Jumlah/g Kompos
Mikroflora	Bakteri	$10^8 - 10^9$
	Aktinomyces	$10^5 - 10^8$
	Kapang	$10^4 - 10^6$
Mikrofauna	Protozoa	$10^4 - 10^5$

Makroflora	Jamur tingkat tinggi
Makrofauna	Cacing tanah, rayap, semut, kutu

Sumber : Isroi, 2007

Tabel 3. Perubahan suhu pada proses pengomposan

Fase	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Mikroorganisme
Latent	20-25	
Pertumbuhan	25-40	Mesofilik
Termofilik	40-60	Termofilik
Pematangan	20-40	Mesofilik

Sumber : Polprasert, 1989

2.5.3. Faktor yang mempengaruhi proses pengomposan

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengomposan antara lain (Isroi, 2007) :

a) Rasio C/N

Rasio C/N yang efektif untuk proses pengomposan berkisar antara 30:1 hingga 40:1. Mikroba memecah senyawa C sebagai sumber energi dan menggunakan N untuk sintesis protein (Isroi, 2007). Pada rasio C/N di antara 30 s/d 40 mikroba mendapatkan cukup C untuk energi dan N untuk sintesis protein. Apabila rasio C/N terlalu tinggi, mikroba akan kekurangan N untuk sintesis protein sehingga dekomposisi berjalan lambat. Umumnya, masalah utama pengomposan adalah pada rasio C/N yang tinggi, terutama jika bahan utamanya adalah bahan yang mengandung kadar kayu tinggi (sisa gergajian kayu, ranting, ampas tebu, dsb). Untuk menurunkan rasio C/N diperlukan perlakuan khusus, misalnya menambahkan mikroorganisme selulolitik (Epstein, 1997) atau dengan

menambahkan kotoran hewan karena kotoran hewan mengandung banyak senyawa nitrogen.

b) Ukuran Partikel

Aktivitas mikroba berada di antara permukaan area dan udara. Permukaan area yang lebih luas akan meningkatkan kontak antara mikroba dengan bahan dan proses dekomposisi akan berjalan lebih cepat (Polprasert, 1989). Ukuran partikel juga menentukan besarnya ruang antar bahan (porositas). Untuk meningkatkan luas permukaan dapat dilakukan dengan memperkecil ukuran partikel bahan tersebut. Pencacahan bahan organik jelas akan sangat membantu kecepatan pengomposan, perlakuan awal dan proporsional campuran jenis bahan organik yg digunakan juga sangat membantu percepatan dan kualitas hasil pengomposan. Ukuran partikel juga sangat mempengaruhi proses percepatan pengomposan. Ukuran partikel bahan yang optimal untuk dikomposkan berkisar dari 0,32 cm hingga 1,50 cm, ukuran ini sangat relatif (Murbando, 2008).

c) Aerasi

Pengomposan yang cepat dapat berlangsung dalam kondisi yang cukup oksigen (aerob). Apabila kekurangan oksigen, proses dekomposisi tidak berjalan dengan baik. Aerasi pada pengomposan secara alami akan terjadi pada saat terjadi peningkatan suhu yang mengakibatkan udara hangat keluar dan udara yang lebih dingin masuk kedalam tumpukan kompos (Murbando, 2008). Aerasi ditentukan dengan porositas dan kandungan air bahan (kelembaban). Apabila proses aerasi terlambat, maka akan terjadi proses anaerob yang akan menimbulkan bau yang tidak sedap. Agar tidak terjadi kekurangan oksigen dalam proses pengomposan,

maka dilakukan pembalikan minimal satu minggu sekali. Selain itu, dapat juga dilakukan dengan cara *force aeration* (menghembuskan udara dengan kompresor) atau dengan efek cerobong. Namun, pemberian aerasi yang terbaik adalah dengan pembalikan bahan. Perlakuan ini sekaligus untuk homogenisasi bahan (Paulin and O'malley. 2008).

Hasil penelitian Harmoko (2008), menunjukkan bahwa frekuensi pembalikan tumpukan kompos bagasse : blotong : abu (5:3:1), 7- 10 hari sekali lebih baik dibandingkan pembalikan 5 hari sekali. Hal ini terjadi karena tumpukan bahan kompos dari bagasse mempunyai sifat porous sehingga tidak perlu dilakukan pembalikan yang terlalu sering.

d) Porositas

Porositas adalah ruang di antara partikel di dalam tumpukan kompos. Porositas dihitung dengan mengukur volume rongga dibagi dengan volume total. Rongga-rongga ini akan diisi oleh air dan udara. Udara akan mensuplay oksigen untuk proses pengomposan. Apabila rongga dijenuhi oleh air, maka pasokan oksigen akan berkurang dan proses pengomposan juga akan terganggu. Porositas dipengaruhi oleh kadar air dan udara dalam tumpukan. Oleh karena itu, untuk menciptakan kondisi porositas yang ideal pada saat pengomposan, perlu diperhatikan kandungan air dan kelembaban kompos (Jeris and Regan, 1993).

e) Kelembaban (Moisture content)

Kelembaban memegang peranan yang sangat penting dalam proses metabolisme mikroba dan secara tidak langsung berpengaruh pada suplai oksigen. Organisme

pengurai dapat memanfaatkan bahan organik apabila bahan organik tersebut larut di dalam air. Kelembaban 40-60 % adalah kisaran optimum untuk metabolisme mikroba aerob. Yang mana kelembaban di bawah 40%, aktivitas mikroba akan mengalami penurunan. Jika kelembaban lebih besar dari 60%, maka unsur hara akan tercuci dan volume udara berkurang, akibatnya aktivitas mikroba akan menurun dan akan terjadi fermentasi anaerob. Oleh karena itu, menjaga kandungan air agar kelembaban ideal untuk pengomposan sangatlah penting. (Jeris and Regan, 1993).

f) Suhu

Panas dihasilkan dari aktivitas mikroba. Peningkatan antara suhu dengan konsumsi oksigen memiliki hubungan perbandingan yang lurus. Semakin tinggi suhu, maka akan semakin banyak konsumsi oksigen dan akan semakin cepat pula proses penguraian. Tingginya oksigen yang dikonsumsi akan menghasilkan CO₂ dari hasil metabolisme mikroba sehingga bahan organik semakin cepat terurai. Peningkatan suhu dapat terjadi dengan cepat pada tumpukan kompos. Suhu yang berkisar antara 30° - 60°C menunjukkan aktivitas pengomposan yang cepat. Pada suhu ini aktivitas mikroorganisme (mesofilik dan termofilik) berlangsung dengan baik. Suhu yang tinggi (>60⁰C) akan membunuh mikroba-mikroba patogen tanaman dan benih-benih gulma. Ketika suhu telah mencapai 70°C, maka segera lakukan pembalikan tumpukan atau penyaluran udara untuk mengurangi suhu, karena akan mematikan mikroba *termofilik* (Jeris and Regan, 1993).

g) Derajat Keasaman (pH)

Proses pengomposan dapat terjadi pada kisaran pH 5.5 - 9. Proses pengomposan 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. Kondisi kompos yang terkontaminasi air hujan juga dapat menimbulkan masalah pH tinggi (Jeris and Regan, 1993). Kondisi asam pada proses pengomposan biasanya diatasi dengan pemberian kapur atau abu dapur. Namun, pemantauan suhu dan perlakuan pembalikan bahan kompos secara tepat waktu dan benar sudah dapat mempertahankan kondisi pH tetap pada titik netral, tanpa pemberian kapur (Yuwono, 2005).

h) Kandungan Hara

Untuk keperluan aktivitas dan pertumbuhan sel barunya, mikroorganisme memerlukan sumber karbon dan sejumlah unsur hara. Dua unsur terpenting yang dibutuhkan mikroorganisme untuk berkembang dengan jumlah yang banyak adalah unsur karbon dan nitrogen. Karbon (C) diperlukan mikroorganisme sebagai sumber energi dan penyusun komponen sel. Sedangkan nitrogen (N) diperlukan untuk sintesis protein sel mikroorganisme. Kandungan P dan K juga penting dalam proses pengomposan dan biasanya terdapat di dalam kompos-kompos dari peternakan. Hara ini akan dimanfaatkan oleh mikroba selama proses pengomposan. Sedangkan untuk Ca, Mg, S dan sebagainya juga diperlukan

namun dalam jumlah kecil (minor). Ketersediaan unsur tersebut dalam jumlah cukup dan berimbang dapat memacu aktivitas mikroorganisme dalam mendekomposisikan bahan kompos (Epstein, 1997).

i) Kandungan bahan berbahaya

Beberapa bahan organik mungkin mengandung bahan-bahan yang berbahaya bagi kehidupan mikroba. Logam-logam berat seperti Mg, Cu, Zn, Nickel, Cr dan Pb adalah beberapa bahan yang termasuk kategori ini. Logam-logam berat ini dapat berasal dari bahan organik yang tercemari lingkungan yang tidak dapat terurai. Air juga dapat menjadi media untuk mencemari bahan kompos dengan logam berat. Bahan pencemar berbahaya bisa berasal dari limbah baterai, aki, cat, dan lain-lain yang dapat mempengaruhi kerja dari mikroba dalam mengurai bahan organik (Jeris and Regan, 1993).

Faktor-faktor di atas dapat dijadikan indikasi untuk mengoptimalkan proses pengomposan. Kondisi yang optimal untuk mempercepat proses pengomposan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kondisi yang optimal untuk mempercepat proses pengomposan

Kondisi	Kondisi yang bisa diterima	Ideal
Rasio C/N	20:1 s/d 40:1	25-35:1
Kelembapan	40 – 65 %	45 – 62 %
Konsentrasi oksigen tersedia	> 5%	> 10%
Ukuran partikel	1 inchi	Bervariasi
Bulk Density	1000 lbs/cu yd	1000 lbs/cu yd
pH	5.5 – 9.0	6.5 – 8.0
Suhu	43 – 66°C	54 -60°C

Sumber : Ryak (1992), dalam Isroi (2007).

2.6. Kematangan dan Kualitas Kompos

Ciri-ciri yang menunjukkan pengomposan telah selesai menurut Gaur (1983) :

- a. Berwarna coklat tua hingga kehitaman
- b. Tidak larut dalam air
- c. Apabila dilarutkan dalam larutan yang bersifat basa, kompos akan berwarna hitam
- d. Mempunyai kisaran rasio C/N 10-20
- e. Susunan kimia kompos bersifat belum sepenuhnya stabil
- f. Mempunyai daya serap air tinggi
- g. Bila diberikan ke dalam tanah tidak menimbulkan kerugian baik untuk tanah maupun untuk tanaman.

Kriteria untuk menilai kematangan kompos menurut Sukmana dkk., (1991) :

- a. Suhu kompos mendekati suhu ruang atau suhu lingkungan tempat pengomposan
- b. Produksi CO₂ menurun mendekati konstan
- c. Tidak berbau
- d. Berwarna coklat kehitaman sampai hitam
- e. Rasio C/N pada akhir pengomposan antara 20-30.

Indonesia telah memiliki standar kualitas/mutu kompos, yaitu SNI 19-7030-2004.

Di dalam SNI memuat batas-batas maksimum atau minimum sifat-sifat fisik atau kimiawi kompos. SNI 19-7030-2004 dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Standar Kualitas Kompos (SNI 19-7030-2004)

No	Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum
1	Kadar air	%	-	50
2	Suhu	⁰ C		suhu air tanah
3	Warna			kehitaman
4	Bau			berbau tanah
5	Ukuran Partikel	Mm	0,55	25
6	Kemampuan ikat air	%	58	-
7	pH		6,8	7,49
8	Bahan asing	%	*	1,5
Unsur Makro				
9	Bahan organik	%	27	58
10	Nitrogen	%	0,4	-
11	Karbon	%	9,8	31
12	Phosfor (P ₂ O ₅)	%	0,1	-
13	C/N Ratio		10	20
14	Kalium (K ₂ O)	%	0,2	*
Unsur Mikro				
15	Arsen	mg/kg	*	13
16	Kadmium (Cd)	mg/kg	*	3
17	Kobal (Co)	mg/kg	*	34
18	Kromium (Cr)	mg/kg	*	210
19	Tembaga (Cu)	mg/kg	*	100
20	Merkuri (Hg)	mg/kg	*	0,8
21	Nikel (Ni)	mg/kg	*	62
22	Timbal (Pb)	mg/kg	*	150
23	Selenium (Se)	mg/kg	*	2
24	seng (Zn)	mg/kg	*	500
Unsur Lain				
25	Kalsium	%	*	25,5
26	Magnesium (Mg)	%	*	0,6
27	Besi (Fe)	%	*	2
28	Aluminium (Al)	%	*	2,2
29	Mangan (Mn)	%	*	0,1
Bakteri				
30	Fecal Coli	MPN/gr		1000
31	Salmonella sp	MPN/ 4 gr		3

Keterangan : * Nilai lebih besar dari minimum atau lebih kecil dari maksimum
 Sumber : BSN, 2004