

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sampah

Sampah adalah sesuatu bahan atau benda padat yang sudah tidak dipakai lagi oleh manusia atau benda padat yang sudah tidak digunakan lagi dalam suatu kegiatan manusia dan dibuang. Para ahli kesehatan masyarakat Amerika membuat batasan, sampah (*wastes*) adalah sesuatu yang tidak digunakan, tidak dipakai, tidak disenangi atau sesuatu yang dibuang yang berasal dari kegiatan manusia dan tidak terjadi dengan sendirinya. Limbah atau sampah menurut Kristianto (2002) adalah buangan yang kehadirannya pada suatu waktu dan tempat tidak dikehendaki lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomis.

Menurut Nisandi (2007), berdasarkan asalnya sampah (padat) dapat digolongkan sebagai berikut:

1. Sampah organik yaitu sampah yang terdiri dari bahan-bahan penyusun tumbuhan dan hewan yang diambil dari alam, atau dihasilkan dari kegiatan pertanian, perikanan atau yang lainnya. Sampah ini dengan mudah diuraikan dalam proses alami. Sampah rumah tangga sebagian besar sampah organik, termasuk sampah organik misalnya: sampah dari dapur, sisa tepung, sayuran, kulit buah dan daun.

2. Sampah anorganik yaitu sampah yang berasal dari sumber daya alam tak terbaharui seperti mineral dan minyak bumi atau dari proses industri. Beberapa dari bahan ini tidak terdapat di alam seperti plastik dan aluminium. Sebagian zat anorganik secara keseluruhan tak dapat diuraikan oleh alam, sedang sebagian lainnya hanya dapat diuraikan dalam waktu yang lama. Sampah jenis ini pada tingkat rumah tangga misalnya: botol kaca, botol plastik, tas plastik dan kaleng.

## **2.2 Limbah Organik**

Limbah organik di pasar umumnya terdiri dari sisa-sisa sayur-mayur dan buah-buahan yang tidak terjual dan potongan sayur yang tidak dimanfaatkan untuk konsumsi manusia. Limbah organik pasar merupakan bahan-bahan hasil sampingan dari kegiatan manusia yang berada di pasar dan banyak mengandung bahan organik. Banyaknya pasar-pasar tradisional memungkinkan ketersediaan limbah organik yang kontiniu. Limbah organik pasar apabila digunakan sebagai bahan baku pembuatan kompos memiliki beberapa keuntungan yaitu memiliki nilai ekonomis yang dimanfaatkan dan harganya yang murah, serta mudah didapat dan tidak bersaing dengan kebutuhan manusia. Memanfaatkan limbah organik pasar juga dapat mengurangi masalah pencemaran lingkungan akibat sampah yang khususnya terdapat pada pasar tradisional (Hadiwiyoto, 1983).

Sampah pasar memiliki karakteristik yang sedikit berbeda dengan sampah dari perumahan. Komposisi sampah pasar lebih dominan sampah organik. Sampah organik adalah sampah yang bisa mengalami pelapukan (dekomposisi) dan terurai menjadi bahan yang lebih kecil dan tidak berbau (sering disebut dengan kompos). Mengolah sampah pasar menjadi kompos dan pupuk organik merupakan salah

satu alternatif pengolahan sampah yang mudah, murah, dan cepat. Pengomposan sampah pasar umumnya sama saja seperti pengomposan bahan baku lainnya.

### **2.3 C/N Rasio**

C/N rasio adalah perbandingan karbon dan nitrogen yang terkandung dalam suatu bahan organik. Angka C/N rasio yang semakin besar menunjukkan bahwa bahan organik belum terdekomposisi sempurna. Angka C/N rasio yang semakin rendah menunjukkan bahwa bahan organik sudah terdekomposisi dan hampir menjadi humus. Besarnya nilai C/N rasio tergantung dari jenis sampah.

Jumlah karbon dan nitrogen yang terdapat pada bahan organik dinyatakan dalam terminologi rasio karbon/nitrogen (C/N). Apabila C/N rasio sangat tinggi, nitrogen akan dikonsumsi sangat cepat oleh bakteri metan sampai batas persyaratan protein dan tak lama bereaksi ke arah kiri pada kandungan karbon pada bahan. Sebagai akibatnya, produksi metan akan menjadi rendah. Sebaliknya apabila C/N rasio sangat rendah, nitrogen akan bebas dan akan terakumulasi dalam bentuk amoniak ( $\text{NH}_4$ ). Bahan organik tidak dapat digunakan secara langsung oleh tanaman karena perbandingan kandungan C/N rasio dalam bahan yang akan digunakan tidak sesuai dengan C/N rasio tanah. Apabila bahan organik mempunyai C/N rasio mendekati atau sama dengan C/N rasio tanah, maka bahan tersebut dapat digunakan tanaman. Namun pada umumnya bahan organik segar mempunyai C/N rasio tinggi. Kadar C/N rasio beberapa bahan organik dapat dilihat pada Tabel 1. sebagai berikut:

Tabel 1. Kadar C/N rasio beberapa jenis bahan organik

<b>Bahan Organik</b>	<b>C/N Rasio</b>
Sayuran	12
Sampah kota	54
Rumput muda	12
Jerami	50-70
Kayu-kayuan	>400
Dedaunan tanaman	50-60
Kotoran kambing	12
Kotoran ayam	15
Kotoran kuda	25
Kotoran sapi, kerbau	18
Tinja manusia	6-10

Sumber : Ginting (2006)

Proses pengomposan yang baik akan menghasilkan C/N rasio yang ideal sebesar 10-20. Kandungan C/N rasio yang tinggi dapat menyebabkan aktivitas biologi mikroorganisme akan berkurang. Selain itu, diperlukan beberapa siklus mikroorganisme untuk menyelesaikan dengan degradasi bahan kompos, sehingga waktu pengomposan akan lebih lama dan kompos yang dihasilkan akan memiliki mutu rendah. Kandungan C/N rasio jika terlalu rendah akan menyebabkan kelebihan nitrogen (N) yang tidak dipakai oleh mikroorganisme yang tidak dapat diasimilasi dan akan hilang melalui volatilisasi sebagai ammonia (Djuarnani et al., 2009).

## **2.4 Karbon**

Karbon atau C-organik adalah zat arang yang terdapat dalam bahan organik yang merupakan sumber energi bagi mikroorganisme. Dalam proses pencernaan oleh mikroorganisme terjadi reaksi pembakaran antara unsur karbon dan oksigen menjadi kalori dan karbondioksida (CO<sub>2</sub>). Karbondioksida ini dilepas menjadi gas, kemudian unsure nitrogen yang terurai ditangkap mikroorganisme untuk

membangun tubuhnya. Pada waktu mikroorganisme ini mati, unsur nitrogen akan tinggal bersama kompos dan menjadi sumber nutrisi bagi tanaman.

Karbon merupakan sumber makanan utama bagi bakteri anaerobik sehingga pertumbuhan optimum bakteri sangat dipengaruhi oleh unsur ini, dimana karbon dibutuhkan untuk mensuplai energi. Total karbon dilakukan untuk mengukur total semua karbon yang terdapat di dalam sampel, termasuk inorganik dan organik karbon (AOAC, 2007).

## **2.5 Nitrogen**

Nitrogen (N) merupakan salah satu unsur hara utama dalam tanah yang sangat berperan dalam merangsang pertumbuhan dan memberi warna hijau pada daun. Kekurangan nitrogen dalam tanah menyebabkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman terganggu dan hasil tanaman menurun karena pembentukan klorofil yang sangat penting untuk proses fotosintesis terganggu. Jumlah nitrogen yang terkandung apabila terlalu banyak justru akan menghambat pembungaan dan pematangan tanaman (Hakim, 1986).

Nitrogen merupakan unsur hara tanah yang banyak mendapat perhatian karena jumlah nitrogen yang terdapat di dalam tanah sedikit, sedangkan yang diserap tanaman setiap musim cukup banyak. Pengaruh nitrogen terhadap pertumbuhan tanaman sangat jelas dan cepat sehingga unsur ini harus diawetkan dan diefisienkan penggunaannya. Nitrogen secara garis besar dalam tanah dibagi menjadi dua bentuk, yaitu N-organik dan N-anorganik. Bentuk N-organik meliputi asam amino atau protein, asam amino bebas, gula amino, dan bentuk

kompleks lainnya, sedangkan bentuk N-anorganik meliputi  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ , dan  $\text{N}_2$ . N-organik keberadaannya lebih banyak dibandingkan dengan N-anorganik. N-organik untuk dapat diserap oleh tanaman harus diubah atau didekomposisi menjadi N-anorganik terlebih dahulu (Hardjowigeno, 1987).

Nitrogen dalam pengomposan dibutuhkan untuk membentuk struktur sel bakteri. Nitrogen amonia pada konsentrasi yang tinggi dapat menghambat proses fermentasi anaerobik. Semakin banyak kandungan senyawa nitrogen, semakin cepat bahan terurai karena jasad-jasad renik memerlukan senyawa N untuk perkembangannya namun konsentrasi yang baik berkisar 200-1500 mg/lit dan apabila melebihi 3000 mg/lit akan bersifat *toxic* (Tisdale *et al.* 1990).

## **2.6 Kadar Air**

Kadar air adalah persentase kandungan air suatu bahan yang dapat dinyatakan berdasarkan berat basah (*wet basis*) atau berat kering (*dry basis*). Metode pengeringan melalui oven sangat memuaskan untuk sebagian besar makanan, akan tetapi beberapa makanan seperti silase, banyak sekali bahan-bahan atsiri (bahan yang mudah terbang) yang bisa hilang pada pemanasan tersebut (Winarno, 1997). Banyaknya kadar air dalam suatu bahan dapat diketahui bila bahan tersebut dipanaskan pada suhu  $105^\circ\text{C}$ . Bahan kering dihitung sebagai selisih antara 100% dengan persentase kadar air suatu bahan yang dipanaskan hingga ukurannya tetap (Anggorodi, 1994).

## **2.7 Pengomposan**

### **2.7.1 Definisi 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). Menurut Murbandono (2000), 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).

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 (2001), 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 (Indriani, 2004). 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, putrecine), amonia, dan H<sub>2</sub>S (Yuwono, 2005).

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 C/N rasio, ukuran partikel, aerasi, porositas, kelembaban, temperatur, pH, kandungan hara, dan kandungan zat berbahaya (Isroi, 2008).

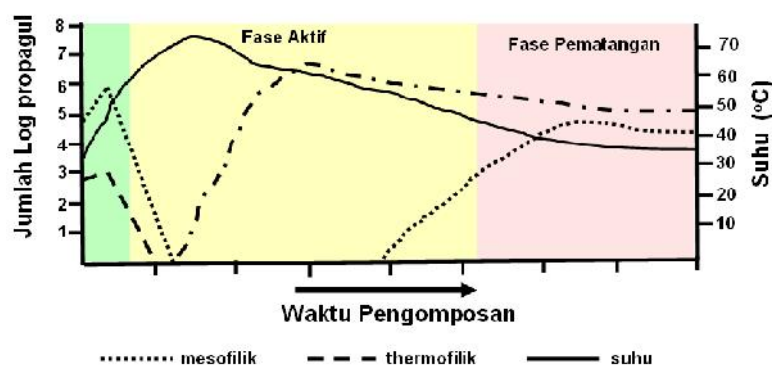
Kompos dapat digunakan sebagai pupuk organik seperti hasil penelitian Sutanto dan Utami (1995), bahwa tanaman kacang tanah yang ditanam di tanah kritis dengan menggunakan beberapa jenis kompos dapat menghasilkan kacang yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan pupuk kimiawi sesuai dengan dosis anjuran. 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.

### **2.7.2 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. 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.

Prinsip pengomposan adalah menurunkan C/N rasio bahan organik hingga sama dengan C/N tanah yaitu antara 10-20. Penurunan rasio ini dimaksudkan untuk memudahkan tanaman menyerap unsur hara dari kompos. Proses pengomposan umumnya melibatkan beberapa jenis mikroba seperti bakteri, kapang, actinomycetes, protozoa, jamur tingkat tinggi, serta beberapa makrofauna seperti cacing tanah, rayap atau semut (Isroi, 2008).

Mikroba yang aktif pada kondisi ini adalah mikroba termofilik, yaitu mikroba yang aktif pada suhu tinggi. 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 CO<sub>2</sub>, uap air dan panas. 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 2.



Gambar 2. Perubahan suhu dan jumlah mikroba selama pengomposan (Isroi, 2008)

Hasil oksidasi dilepas ke udara dalam bentuk CO<sub>2</sub>. 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

<b>Kelompok Organisme</b>	<b>Organisme</b>	<b>Jumlah/g Kompos</b>
Mikroflora	Bakteri	10 <sup>8</sup> – 10 <sup>9</sup>
	Aktinomycetes	10 <sup>5</sup> – 10 <sup>8</sup>
	Kapang	10 <sup>4</sup> - 10 <sup>6</sup>
Mikrofauna	Protozoa	10 <sup>4</sup> - 10 <sup>5</sup>
Makroflora	Jamur tingkat tinggi	
Makrofauna	Cacing tanah, rayap, semut, kutu	

Sumber : Isroi (2008)

Tabel 3. Perubahan suhu pada proses pengomposan

<b>Fase</b>	<b>Suhu (°C)</b>	<b>Mikroorganisme</b>
Latent	20-25	
Pertumbuhan	25-40	Mesofilik
Termofilik	40-60	Termofilik
Pematangan	20-40	Mesofilik

Sumber : Polprasert (1989)

### 2.7.3 Teori Dasar Pembuatan Kompos

Dilihat dari proses pembuatannya terdapat dua macam cara membuat kompos, yaitu melalui proses aerobik (dengan udara) dan anaerobik (tanpa udara). Kedua metode ini menghasilkan kompos yang sama baiknya hanya saja bentuk fisiknya agak sedikit berbeda. Proses pembuatan kompos secara aerob sebaiknya dilakukan di tempat terbuka dengan sirkulasi udara yang baik. Karakter dan jenis bahan baku yang cocok untuk pengomposan aerobik adalah material organik yang mempunyai perbandingan unsur karbon (C) dan nitrogen (N) kecil (dibawah 30:1), kadar air 40-50%, dan pH sekitar 6-8. Apabila kekurangan bahan yang

mengandung karbon, bisa ditambahkan arang sekam padi ke dalam adonan pupuk. Cara membuat kompos secara aerobik memakan waktu 40-50 hari. Perlu dilakukan pengontrolan dengan seksama antara suhu dan kelembaban kompos saat proses pengomposan berlangsung dan tumpukan kompos harus dibalik untuk menyetabilkan suhu dan kelembabannya.

Proses pembuatan kompos dengan metode anaerobik biasanya memerlukan inokulan mikroorganisme (*starter*) untuk mempercepat proses pengomposannya. Inokulan terdiri dari mikroorganisme pilihan yang bisa menguraikan bahan organik dengan cepat, seperti efektif mikroorganisme (EM4). Terdapat juga jenis inokulan di pasaran dari berbagai merek seperti superbio dan probio. Bahan baku yang digunakan sebaiknya material organik yang mempunyai perbandingan C dan N tinggi (lebih dari 30:1). Waktu yang diperlukan untuk membuat kompos dengan metode anaerobik bisa 10-80 hari, tergantung pada efektifitas dekomposer dan bahan baku yang digunakan. Suhu optimal selama proses pengomposan berkisar 35-45°C dengan tingkat kelembaban 30-40%.

#### **2.7.4 Faktor yang Mempengaruhi Proses Pengomposan**

##### **a. C/N Rasio**

C/N rasio 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. Pada C/N rasio antara 30 s/d 40 mikroba mendapatkan cukup C untuk energi dan N untuk sintesis protein. Apabila C/N rasio terlalu tinggi, mikroba akan kekurangan N untuk sintesis protein sehingga dekomposisi

berjalan lambat. Umumnya, masalah utama pengomposan adalah pada C/N rasio yang tinggi, terutama jika bahan utamanya adalah bahan yang mengandung kadar kayu tinggi (sisa gergajian kayu, ranting, ampas tebu, dsb). Untuk menurunkan C/N rasio diperlukan perlakuan khusus, misalnya menambahkan mikroorganisme selulolitik (Toharisman, 1991) 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. 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 yang 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 0,3175 cm hingga 1,5 cm, ukuran ini sangat relatif.

### **c. Aerasi**

Pengomposan yang cepat dapat berlangsung dalam kondisi yang cukup oksigen (aerobik). 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. Aerasi ditentukan dengan porositas dan kandungan air bahan (kelembaban). Apabila proses aerasi terlambat, maka akan terjadi proses anaerobik 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 (Indriani, 2004).

Hasil penelitian Budiman (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. Apabila 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 anaerobik. Oleh karena itu, menjaga kandungan air agar kelembaban ideal untuk pengomposan sangatlah penting (Jeris and Regan, 1993).

#### **f. Suhu**

Suhu merupakan peranan penting dalam proses pengomposan. 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 CO<sub>2</sub> 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. Sedangkan suhu yang lebih tinggi dari 60°C akan membunuh sebagian mikroba dan hanya mikroba *termofilik* saja yang tetap

bertahan hidup. Suhu yang tinggi juga 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. Kadar pH kompos yang sudah matang biasanya mendekati netral. Kondisi kompos yang terkontaminasi air hujan juga dapat menimbulkan masalah pH tinggi (Epstein, 1997). 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 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 tidak terurai dan akan tetap ada. Logam berat tersebut dapat berasal dari bahan organik



yang tercemari lingkungan atau sampah lain disekitarnya. 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. Logam-logam berat ini dapat mempengaruhi kerja dari mikroba dalam mengurai bahan organik (Paulin and O'malley, 2008).

Faktor-faktor diatas dapat dijadikan indikasi untuk lebih mengoptimalkan proses pengomposan dan mempercepat proses dekomposisi bahan yang dikomposkan. Kondisi yang optimal untuk mempercepat proses pengomposan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kondisi yang optimal untuk mempercepat proses pengomposan

<b>Kondisi</b>	<b>Ideal</b>	<b>Optimal</b>
C/N rasio	20:1 s/d 35:1	30:1 s/d 40:1
Kelembaban	45 – 62 %	40 – 65 %
Konsentrasi oksigen tersedia	> 10%	> 5%
Ukuran partikel	Bervariasi	1 inchi
Bulk Density	1000 lbs/cu yd	1000 lbs/cu yd
pH	6.5 – 8.0	5.5 – 9.0
Suhu	54 – 60°C	43 – 66°C

Sumber : Rynk (1992)

## 2.8 N, P, dan K

Unsur utama yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman dan produksi adalah nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) (Cahyono 1995). Nitrogen (N) pada kompos merupakan salah satu unsur hara tanah yang sangat berperan dalam merangsang pertumbuhan dan memberi warna hijau pada daun (Hakim, 1986). Fosfor merupakan bagian dari asam nukleat yang merupakan unsur penting dalam

semua organisme dan merupakan komponen penting dari RNA, DNA, ATP, dan fosfolipid namun di alam ini tidak tersedia dalam jumlah yang melimpah (Waluyo, 2005). Kalium merupakan pengaktif dari sejumlah enzim yang penting untuk fotosintesis dan respirasi. Unsur ini berlimpah jumlahnya sehingga menjadi penentu utama potensial osmotik sel (Salisbury, 1995).

## **2.9 Biogas**

### **2.9.1 Definisi Biogas**

Biogas merupakan gas mudah terbakar yang berasal dari bahan-bahan organik yang diperoleh dari proses perombakan bahan organik oleh mikroba dalam kondisi tanpa oksigen (anaerobik). Secara umum segala jenis bahan yang dalam istilah kimia termasuk senyawa organik, baik yang berasal dari hewan ataupun tanaman yang banyak mengandung bakteri metanogenik dan bakteri asidogenik dapat dijadikan bahan untuk memproduksi biogas. Substrat terbaik untuk menghasilkan biogas adalah sampah organik yang berasal dari buah-buahan, sayur-sayuran, dan kotoran ternak.

Pemanfaatan sampah organik dan kotoran ternak sebagai bahan penghasil biogas secara tidak langsung merupakan salah satu pemecahan masalah sanitasi dan kesehatan lingkungan, mencegah terjadinya efek rumah kaca karena gas metan yang dihasilkan dari proses penguraian kotoran ternak secara natural merupakan salah satu gas rumah kaca, dan menghindari penebangan hutan yang merupakan dampak dari penggunaan kayu sebagai bahan bakar alternatif.

Biogas sebagian besar mengandung gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) serta beberapa kandungan lain diantaranya hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ), amonia ( $\text{NH}_3$ ), hidrogen ( $\text{H}_2$ ) dan nitrogen dalam jumlah sangat kecil (Pambudi, 2008 dalam Apria, 2014). Gas metana ( $\text{CH}_4$ ) yang merupakan komponen utama biogas termasuk golongan alkana sederhana dan komponen utama dari gas alami, gas metana ( $\text{CH}_4$ ) tidak berwarna dan tidak berbau pada temperatur ruang dan tekanan standar. Sebagai gas, metan ( $\text{CH}_4$ ) bersifat mudah terbakar dengan konsentrasi 5-15% di udara namun metan tidak beracun (Sukmana dan Muljatiningrum, 2011). Komposisi biogas dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Komposisi biogas

No.	Nama Gas	Rumus Kimia	Jumlah
1	Metana	$\text{CH}_4$	54% - 74%
2	Karbondioksida	$\text{CO}_2$	27% - 45%
3	Nitrogen	$\text{N}_2$	3% - 5%
4	Hidrogen	$\text{H}_2$	0% - 1%
5	Karbonmonoksida	$\text{CO}$	0,1%
6	Oksigen	$\text{O}_2$	0,1%
7	Hidrogen Sulfida	$\text{H}_2\text{S}$	Sedikit

Sumber : Sukmana dan Muljatiningrum (2011)

### 2.9.2 Faktor Pembentukan Biogas

Dalam proses pembentukan biogas dengan proses pencernaan anaerobik perlu diperhatikan beberapa faktor agar fermentasi dapat berjalan secara optimal seperti:

#### a. C/N Rasio Bahan Baku Isian

C/N rasio adalah perbandingan nilai karbon (C) dan nilai nitrogen (N) dalam suatu bahan. Semua makhluk hidup tersusun dari sejumlah besar bahan karbon (C) serta nitrogen (N) dalam jumlah kecil. Unsur karbon dan bahan organik merupakan

makanan pokok bagi bakteri anaerob, karena unsur karbon (C) digunakan untuk menghasilkan energi dan unsur nitrogen (N) untuk membangun struktur sel dan bakteri. Bakteri mencerna unsur C 30 kali lebih cepat dari mencerna unsur N, oleh karena itu perbandingan C/N yang baik adalah 30. C/N rasio optimum untuk produksi biogas dengan pencernaan anaerobik berkisar 20-30, bahan organik yang mempunyai kandungan C/N yang terlalu tinggi akan menyebabkan proses penguraian yang terlalu lama. Sebaliknya jika C/N terlalu rendah maka sisa nitrogen akan berlebih sehingga terbentuk amonia. Kandungan amonia yang berlebihan dapat meracuni bakteri yang berakibat sedikitnya hasil produksi biogas. Oleh karena itu, jumlah C/N rasio perlu dihitung dan direncanakan secara tepat karena menentukan kehidupan dan aktifitas mikroorganisme.

#### **b. Bahan Baku Isian**

Bahan isian yang paling baik digunakan untuk menghasilkan biogas adalah yang mengandung 7-9 % bahan kering. Untuk mendapatkan kandungan kering bahan seperti itu maka bahan isian biasanya dicampur dengan air. Sebagai contoh pada sapi harus dicampur dengan air dengan perbandingan 1:1 atau 1:1,5 (Wariyanto, 2006 dalam Apria, 2014).

#### **c. Starter**

Dalam memproduksi biogas memang tidak diharuskan ada apabila menggunakan kotoran ternak ruminansia. Bahkan tanpa *starter* pun bisa terbentuk biogas kalau bahan isian menggunakan berbagai macam kotoran ternak yang berasal dari ternak ruminansia. Namun, jika tidak menggunakan kotoran ternak, mutlak

menggunakan *starter*. Tanpa menggunakan *starter* akan timbul biogas yang tidak mengandung gas metan. Akibatnya gas yang dihasilkan tidak dapat dibakar. Untuk mempercepat terjadinya proses fermentasi, maka dipermulaan fermentasi perlu ditambahkan cairan yang telah mengandung *starter*. *Starter* merupakan mikroorganisme perombak yang dijual komersial tetapi *starter* bisa juga menggunakan lumpur aktif organik atau cairan isi rumen. *Starter* yang dikenal ada 3 macam, yaitu :

*Starter* alami ; yang sumbernya berasal dari alam yang diketahui mengandung bakteri metan seperti lumpur aktif, timbunan sampah lama, timbunan kotoran ruminansia dan sebagainya.

*Starter* semi buatan ; yang sumbernya berasal dari tabung pembuat biogas yang diharapkan kandungan bakteri metannya dalam stadia aktif.

*Starter* buatan ; yang sumbernya sengaja dibuat baik dari media alami atau buatan yang bakteri metannya dibiakkan secara laboratoris.

#### **d. Suhu Pencernaan**

Suhu pencernaan sangat berpengaruh terhadap keaktifan dan pertumbuhan bakteri metan, kebanyakan bakteri pembentuk metan aktif pada dua rentang waktu, yaitu rentang mesofilik antara 30-35°C dan rentang termofilik antara 50-60°C. Pada temperatur 40-50°C aktifitas bakteri pembentuk metan terhalangi, dan di sekitar suhu 42°C kinerja digester akan terputus-putus dikarenakan transisi bakteri pembentuk metan dari organisme mesofilik menjadi organisme termofilik. Meskipun bakteri pembentuk metan aktif dan tumbuh pada beberapa rentang temperatur kebanyakan dari bakteri tersebut merupakan mesofilik dan beberapa

merupakan termofilik dan psikrofilik yang terbatas pada unit yang memerlukan perlakuan tertentu seperti *septic tank* dimana proses pencernaan tidak panas dan membutuhkan waktu yang lama (Gerardi, 2003).

#### **e. Tingkat Keasaman (pH)**

Dalam proses fermentasi, ada dua jenis bakteri yang berperan aktif, yaitu *acidogenic bacteria* yang memerlukan kisaran pH berkisar 4,5-7 dan bekerja secara optimum pada kisaran pH 6-7. Sementara itu *methanogenic bacteria* bekerja pada kisaran pH 6,2-7,8 dan bekerja optimum pada kisaran 7-7,2. Tingkat keasaman harus selalu dijaga, apabila tingkat keasaman turun akan mengakibatkan terhambatnya perubahan substrat menjadi biogas. Sebaliknya bila pH terlalu tinggi maka akan mengakibatkan produk akhir utama adalah karbondioksida.

#### **f. Pengadukan**

Setelah bahan isian dicampur maka perlu diadakan pengadukan agar campuran menjadi homogen. Pengadukan meningkatkan proses pencernaan dengan mendistribusikan bakteri, substrat, dan nutrisi ke seluruh bagian digester serta menyamakan suhu. Kegiatan metabolisme bakteri pembentuk asetat dan metan memerlukan kontak spasial yang dekat. Pengadukan yang lembut dapat memastikan kontak tersebut. Pengadukan diperlukan agar hidrolisis limbah dan produksi asam organik dan alkohol oleh bakteri pembentuk asetat dapat berjalan baik (Gerardi, 2003).