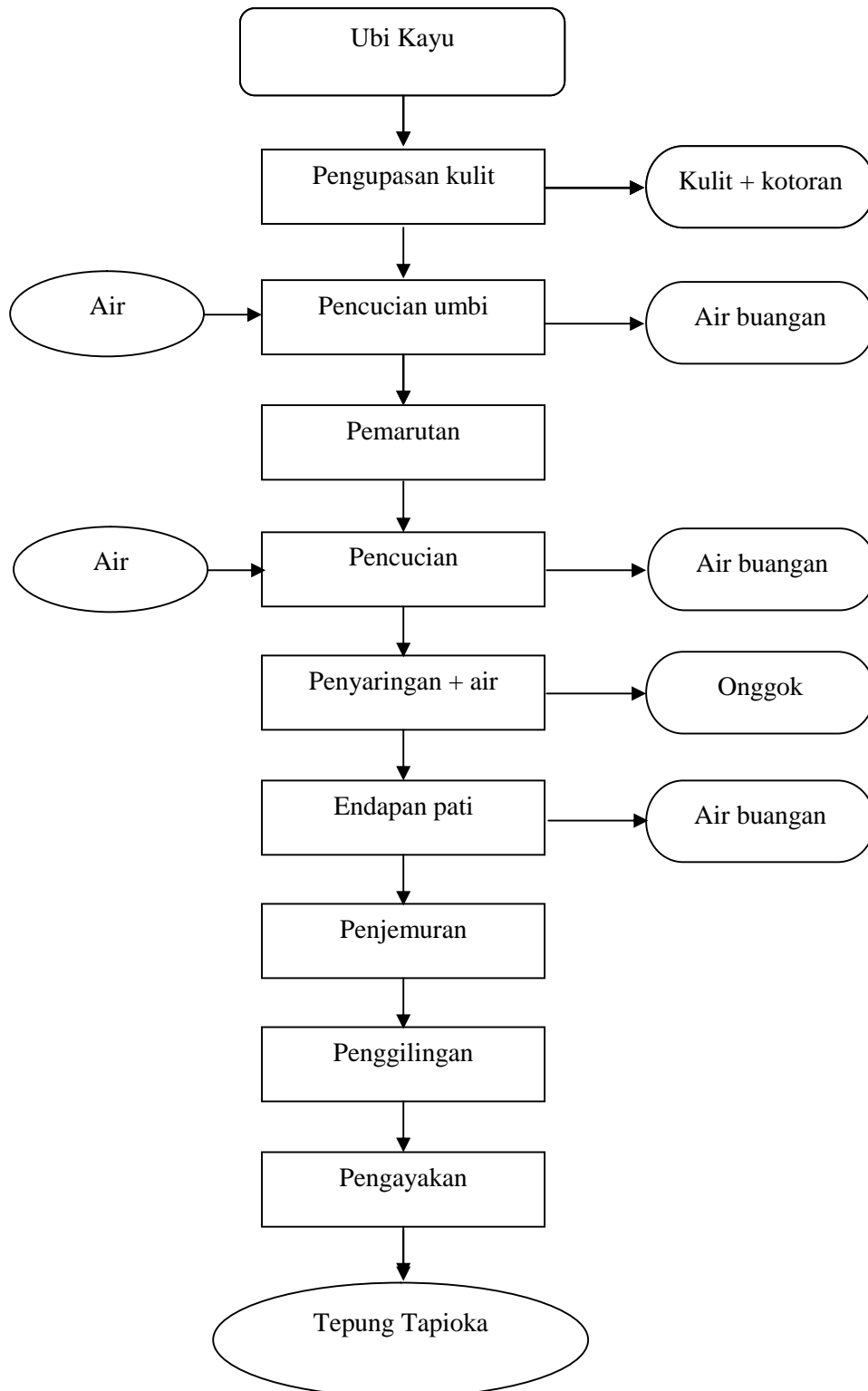


II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Proses Pengolahan Tapioka

Industri tapioka merupakan salah satu industri yang dominan di Provinsi Lampung. Bahan baku utama industri ini adalah singkong yang biasanya diperoleh dari petani dan perkebunan inti rakyat yang dimiliki oleh industri tersebut (Prayati, 2005). Proses produksi tepung tapioka merupakan suatu mata rantai yang dimulai dari proses penerimaan bahan baku, pembersihan, pemotongan, pamarutan, penyaringan, pemurnian, pengeringan, pengayakan, pengemasan, dan penggudangan. Proses pengolahan tepung tapioka di industri skala kecil pada umumnya dapat dilihat pada Gambar 2.

Singkong pertama-tama dilakukan pengupasan kulit dan pencucian yang bertujuan untuk memisahkan kotoran, kerikil, pasir, dan kulit singkong. Selama pengupasan, sortasi juga dilakukan untuk memilih singkong berkualitas tinggi dari singkong lainnya. Kemudian akan dilakukan tahap pengecilan ukuran dan pamarutan yang bertujuan untuk memperkecil ukuran dari singkong serta membantu untuk menghancurkan dinding sel singkong agar diperoleh hasil yang maksimal (Prayati, 2005).



Gambar 2. Diagram alir proses pengolahan tepung tapioka di skala kecil (Dimodifikasi)

Sumber : MENLH RI (2009)

Tahap selanjutnya pengestraksian yang bertujuan untuk memisahkan antara cairan yang mengandung pati dengan ampas. Pada tahap ini didapatkan ampas singkong yang disebut onggok dengan jumlah yang relatif banyak. Setelah tahap ekstraksi maka akan dilakukan tahap pemurnian yang bertujuan untuk memperoleh suspensi pati yang bebas dari komponen-komponen non pati seperti protein, lemak, serat, asam-asam terlarut, dan kotoran-kotoran lain yang tersisa. Pada tahap pemurnian ini dihasilkan suspensi pati dengan kemurnian berkisar antara 70-80% kandungan patinya. Tingginya kemurnian suspensi pati yang dihasilkan maka akan semakin baik pula mutu tapioka yang dihasilkan. Hasil pemurnian ini akan ditampung dalam tangki yang kemudian akan dipompakan untuk diproses ketahapan selanjutnya yaitu penurunan kadar air. Dalam tahapan ini bertujuan untuk memisahkan pati dengan air pada suspensi pati sehingga dihasilkan sagu basah dengan kadar air 30-35%.

Setelah dilakukan penurunan kadar air maka dilakukan tahapan pengeringan yang bertujuan untuk menurunkan kadar air tapioka basah menjadi tepung tapioka yang memiliki kadar air sekitar 12,5% kemudian diteruskan dengan dilakukannya pengayakan. Produk yang dihasilkan dari proses pengayakan berupa tepung halus yang kemudian akan dilakukan tahapan akhir proses yaitu pengemasan dengan menggunakan karung yang terbuat dari nilon (Prayati, 2005).

Pada proses pengolahan tepung tapioka dibutuhkan air bersih sekitar 5 m³/ton singkong. Air bersih tersebut digunakan pada semua proses produksi tepung tapioka baik pada proses pamarutan, ekstraksi, pemisahan, dan penurunan kadar

air. Selain untuk kelancaran proses produksi air bersih ini juga digunakan sebagai pembersihan alat dan lantai pabrik, sehingga dapat dikatakan limbah cair yang dihasilkan berasal dari proses pencucian, pembersihan alat produksi, lantai pabrik, serta dari proses pengolahan tepung tapioka (Prayati, 2005).

B. Karakteristik Limbah Industri Tapioka

1. Limbah Cair Industri Tapioka

Limbah cair industri tapioka merupakan limbah yang bersumber dari proses pencucian singkong, pencucian alat, dan pemisahan larutan pati (Ciptadi dan Nasution, 1978). Pengolahan 1 ton singkong menjadi tepung tapioka menghasilkan sekitar 4.000-6.000 liter limbah cair (Djarwati *et al.*, 1993). Kualitas limbah cair industri tapioka biasanya diukur dari konsentrasi padatan tersuspensi, pH, COD, dan BOD. Spesifikasi mutu standar limbah cair industri tapioka didasarkan pada ketetapan Menteri Lingkungan Hidup tahun 1995. Baku mutu untuk limbah cair industri tapioka dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Baku mutu air limbah industri tapioka

Parameter	Kadar Maksimal
BOD (5 Hari, 20 ^o C)	100 mg/L
COD	250 mg/L
Total Padatan Tersuspensi	60 mg/L
pH	6 – 9
Sianida	0,2 mg/L
Debit	25 m ³ per ton produk

Sumber : Peraturan Gubernur Lampung Nomor 7 Tahun 2010

Menurut Fajarudin (2002), karakteristik limbah cair industri tapioka meliputi:

a. Warna

Warna limbah cair industri tapioka transparan disertai suspensi berwarna putih. Zat terlarut dan tersuspensi akan mengalami penguraian hayati dan kimia yang akan mengakibatkan perubahan warna. Hal ini disebabkan karena kadar oksigen di dalam limbah cair menjadi nol, sehingga air limbah berubah menjadi warna hitam. Untuk parameter warna, bau dan kekeruhan tidak tercantum dalam Standar Baku Mutu Limbah karena ketiga parameter tersebut sulit untuk dihilangkan sehingga membutuhkan biaya yang mahal untuk dapat mencapai suatu standar yang ditetapkan oleh pemerintah.

b. Bau

Limbah industri tapioka menimbulkan bau yang tidak enak, hal ini disebabkan oleh adanya pemecahan zat organik oleh mikroba. Bau menyengat yang timbul di perairan atau saluran, biasanya timbul apabila kondisi limbahnya sudah menjadi anaerob atau tidak ada oksigen yang terlarut. Bau tersebut timbul karena penyusun protein dan karbohidrat terpecah, sehingga timbul bau busuk dari gas alam sulfida.

c. Kekeruhan

Adanya padatan terlarut dan tersuspensi di dalam air limbah tapioka menyebabkan air keruh. Kekeruhan ini terjadi karena zat organik terlarut yang sudah terpecah atau zat-zat tersuspensi dari pati, sehingga air limbah berubah menjadi emulsi keruh. Emulsi adalah suatu dispersi atau suspensi suatu cairan dalam cairan yang lain, dimana molekul-molekul kedua cairan tersebut tidak saling berbaaur tapi saling antagonistik dan biasanya terjadi pada air dan minyak (Winarno, 1992).

d. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

Limbah cair industri tapioka mengandung pati, sedikit lemak, protein dan zat organik lainnya yang ditandai banyaknya zat-zat terapung dan menggumpal. Jumlah zat organik yang terlarut dalam limbah cair tapioka dapat diketahui dengan melihat nilai BOD. Jumlah zat organik yang terlarut dalam limbah cair tapioka dapat diketahui dengan melihat nilai BOD. Angka BOD menunjukkan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk keperluan aktivitas mikroba dalam memecah zat organik secara biologis di dalam limbah cair. Angka BOD dinyatakan dalam satuan mg/l atau ppm (*part per million*) dan biasanya pula dinyatakan dalam beban yaitu gram atau kilogram per satuan waktu.

e. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD merupakan parameter limbah cair yang menunjukkan jumlah zat organik biodegradasi dan non biodegradasi dalam air limbah. Zat tersebut dapat dioksidasi oleh bahan kimia $K_2Cr_2O_7$ dalam asam, misalnya sulfat, nitrit kadar tinggi, dan zat-zat reduktor lainnya. Besarnya angka COD biasanya dua sampai tiga kali lebih besar dari BOD.

f. pH

pH limbah cair tapioka sangat dipengaruhi oleh kegiatan mikroba dalam pemecahan bahan organik. Air buangan cenderung asam, dan pada keadaan asam ini terlepas zat-zat yang mudah menjadi gas. Dari hasil percobaan, pada saat pembuatan tapioka pH larutan 6,51 namun setelah air limbah berumur tujuh jam mulai terjadi penurunan pH menjadi 5.8 setelah 13 jam pH menjadi 4.91 dan setelah satu hari menjadi pH 4.84 (Nurhasanah dan Pramudyanto, 1993).

g. Padatan Tersuspensi

Padatan tersuspensi akan mempengaruhi kekeruhan air dan warna air. Apabila terjadi pengendapan dan pembusukkan zat-zat tersebut di dalam badan perairan penerima limbah cair, maka akan mengurangi nilai guna perairan tersebut.

h. Sianida

Industri tapioka kebanyakan menggunakan bahan baku singkong beracun, karena harganya murah. Singkong beracun adalah jenis singkong yang banyak mengandung sianida. Sianida sangat beracun, namun sejauh ini kandungan sianida bukan merupakan penyebab utama timbulnya kasus pencemaran oleh buangan industri tapioka.

Ubi kayu mengandung senyawa sianogenik linamarin. Komponen ini apabila terhidrolisis dapat menjadi glukosa, aseton, dan asam sianida (HCN). HCN terhidrolisa jika kontak dengan udara (O_2), oleh karena itu kandungan sianida bukan penyebab utama timbulnya pencemaran. Menurut Barana dan Cereda (2000), limbah cair industri tapioka memiliki kandungan sianida sebanyak 33,59 ppm.

2. Limbah Padat Industri Tapioka

a. Meniran kulit singkong

Limbah padat industri tapioka berupa meniran kulit singkong (potongan singkong dan kulit singkong) yang bersumber dari proses pengupasan. Limbah meniran terdiri dari 80-90% kulit dan 10-20% potongan singkong dan bonggol. Persentase jumlah limbah kulit singkong bagian luar (berwarna coklat dan kasar) sebesar 0,5-

2% dari berat total singkong segar dan limbah kulit singkong bagian dalam (berwarna putih kemerah-merahan dan halus) sebesar 8-15% (Hikmiyati *et al.*, 2009).

Tabel 2. Komposisi kimia kulit singkong

Komposisi kimia	Nilai (%)
Air*	67,7438
Abu*	1,8629
Lemak kasar*	1,4430
Serat kasar*	10,5952
Protein kasar*	6,0360
C**	59,31
H**	9,78
O**	28,74
N**	2,06
S**	0,11

Sumber: *) Laboratorium Fakultas Peternakan, Universitas Diponegoro (2008)
dalam Hikmiyati, *et al.* (2009)

***) Ikawati, *et al.* (2009)

b. Ampas tapioka (onggok)

Limbah padat industri tapioka selain meniran kulit singkong adalah ampas tapioka (onggok) yang bersumber dari pengekstraksian dan pengepresan. Komponen penting yang terdapat dalam onggok adalah pati dan selulosa. Onggok juga mengandung air dan karbohidrat yang cukup tinggi serta kandungan protein kasar dan lemak yang rendah. Jumlah kandungan ini berbeda dan dipengaruhi oleh daerah tempat tumbuh, jenis ubikayu, dan teknologi pengolahan yang digunakan dalam pengolahan ubikayu menjadi tapioka.

Pada industri tapioka yang sudah maju, limbah padat ini kebanyakan hanya mengandung serat sedangkan sisa pati yang terikut sangat sedikit sekali. Lain halnya dengan onggok yang dikeluarkan oleh industri kecil karena tingkat ilmu

pengetahuan dan teknologi yang dimiliki masih sangat rendah maka ongkok masih mengandung pati dengan konsentrasi yang cukup tinggi (Chardialani, 2008).

C. Pengolahan Limbah Industri Tapioka

1. Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka Menjadi Biogas

a. Proses pembentukan biogas secara anaerobik

Limbah cair memiliki nilai kebutuhan oksigen kimia (COD) yang cukup tinggi yaitu sebesar 13.500 – 22.000 mg/l (Manik, 1994). Untuk menurunkan nilai COD yang cukup tinggi diperlukan waktu yang cukup lama dalam pengolahannya. Jenie (1993) menyatakan bahwa limbah dengan kandungan bahan-bahan organik dalam konsentrasi tinggi merupakan limbah yang sesuai untuk diproses dalam sistem fermentasi anaerobik. Pengolahan limbah cair secara anaerobik pada dasarnya merupakan penguraian senyawa organik oleh mikroorganisme dalam kondisi tanpa oksigen dan menghasilkan biogas sebagai produk akhir.

Efisiensi produksi biogas sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor meliputi: suhu, derajat keasaman (pH), konsentrasi asam-asam lemak volatil, nutrisi (terutama nisbah karbon dan nitrogen), zat racun, waktu retensi hidrolik, kecepatan bahan organik, dan konsentrasi amonia (Hermawan *et al.*, 2007). Kondisi optimum pada produksi biogas dapat dilihat pada Tabel 3.

Parameter-parameter ini harus dikontrol dengan cermat supaya proses pencernaan anaerobik dapat berlangsung secara optimal. Sebagai contoh pada derajat keasaman (pH), pH harus dijaga pada kondisi optimum yaitu antara 7 - 7,2. Hal

ini disebabkan apabila pH turun akan menyebabkan perubahan substrat menjadi biogas terhambat sehingga mengakibatkan penurunan kuantitas biogas. Nilai pH yang terlalu tinggi pun harus dihindari, karena akan menyebabkan produk akhir yang dihasilkan adalah CO₂ sebagai produk utama. Begitupun dengan nutrisi, apabila rasio C/N tidak dikontrol dengan cermat, maka terdapat kemungkinan adanya nitrogen berlebih (terutama dalam bentuk amonia) yang dapat menghambat pertumbuhan dan aktivitas bakteri (Hermawan *et al.*, 2007).

Tabel 3. Kondisi optimum produksi biogas

Parameter	Kondisi Optimum
Suhu	35°C
Derajat Keasaman	7 - 7,2
Nutrien Utama	Karbon dan Nitrogen
Nisbah Karbon dan Nitrogen	20/1 sampai 30/1
Sulfida	< 200 mg/L
Logam-logam Berat Terlarut	< 1 mg/L
Sodium	< 5000 mg/L
Kalsium	< 2000 mg/L
Magnesium	< 1200 mg/L
Amonia	< 1700 mg/L

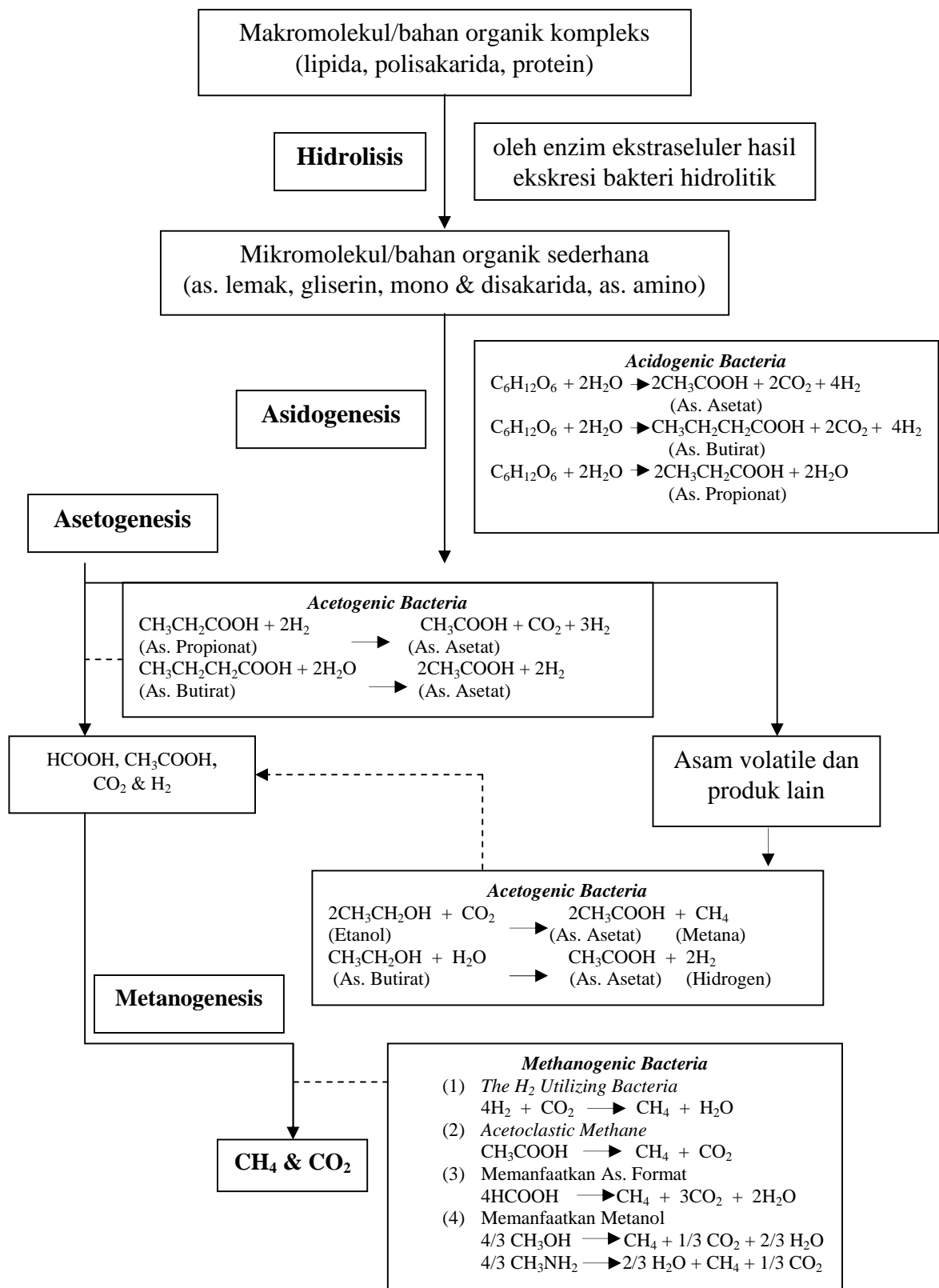
Sumber : Hermawan *et al.*, 2007)

Fermentasi metan berlangsung dalam tiga tahap. Tahap pertama (hidrolisis) melibatkan enzim yang bertugas merombak komponen kompleks menjadi komponen yang dapat digunakan sebagai sumber energi dan sumber karbon. Pada tahapan hidrolisis, mikrobial hidrolitik mendegradasi senyawa organik kompleks yang berupa polimer menjadi monomernya yang berupa senyawa tak terlarut dengan berat molekul yang lebih ringan. Lipida berubah menjadi asam lemak dan gliserin, polisakarida menjadi gula (mono dan disakarida), protein menjadi asam amino dan asam nukleat menjadi purin dan pirimidin. Konversi lipid berlangsung lambat pada suhu dibawah 20°C dengan bantuan enzim.

Tahap kedua melibatkan bakteri untuk merombak komponen yang dihasilkan pada tahap pertama menjadi hasil antara (asidogenesis). Monomer-monomer hasil hidrolisis dikonversi menjadi senyawa organik sederhana seperti asam lemak volatil, alkohol, asam laktat, senyawa mineral seperti karbondioksida, hidrogen, amoniak, dan gas hidrogen sulfida.

Pada tahap kedua dalam fermentasi metana dilakukan oleh berbagai kelompok bakteri, mayoritasnya adalah bakteri obligat anaerob dan sebagian yang lain bakteri anaerob fakultatif. Hasil pada tahap ini kemudian dikonversi menjadi hasil antara bagi produksi metana berupa asetat, hidrogen, dan karbondioksida. Sekitar 70 % dari COD (*Chemical Oxygen Demand*) semula diubah menjadi asam asetat.

Pembentukan asam asetat disertai dengan pembentukan karbondioksida atau hidrogen, tergantung kondisi oksidasi dari bahan organik aslinya. Tahap ketiga yaitu tahap metanogenesis yang melibatkan bakteri perombak hasil antara menjadi produk akhir berupa metana dan CO₂. Metana dihasilkan dari asetat atau dari reduksi karbondioksida oleh bakteri asetotropik dan hidrogenotropik dengan menggunakan hidrogen (Grady dan Lim, 1980).



Gambar 3. Tahapan proses pembentukan gas metana (Chardialani, 2008)

b. Biogas sebagai sumber energi alternatif pengganti bahan bakar minyak

Biogas adalah gas yang dihasilkan oleh aktivitas anaerobik atau fermentasi dari bahan-bahan organik termasuk diantaranya kotoran manusia dan hewan, limbah domestik (rumah tangga), limbah agroindustri, sampah *biodegradable* atau setiap limbah organik yang *biodegradable* dalam kondisi anaerobik. Biogas merupakan gas yang tidak berwarna, sangat tinggi dan cepat daya nyalanya, sehingga sejak biogas berada pada bejana pembuatan sampai penggunaannya untuk penerangan atau memasak, harus selalu dihindarkan dari api yang dapat menyebabkan kebakaran atau ledakan (Suriawiria, 2005). Sifat Biogas adalah 20 % lebih ringan dari udara dan mempunyai satu suhu nyala di sekitar 650°C sampai dengan 750°C. Nilai kalor dari biogas adalah 20 Mega Joules (MJ) per m³ dan membakar dengan efisiensi 60 persen di suatu dapur biogas yang konvensional.

Biogas dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembangkit listrik, pemanas ruangan, memasak, dan pemanas air. Jika dikompresi, biogas dapat menggantikan gas alam terkompresi (CNG) yang digunakan pada kendaraan. Biogas yang telah dimurnikan akan memiliki karakteristik yang sama dengan gas alam. Akan tetapi gas tersebut harus sangat bersih untuk mencapai kualitas *pipeline*. Air (H₂O), hydrogen sulfide (H₂S) dan partikulat harus dihilangkan jika terkandung dalam jumlah yang besar di gas tersebut. Jika biogas harus digunakan tanpa pembersihan yang ekstensif, biasanya gas ini dicampur dengan gas alam untuk meningkatkan pembakaran. Biogas yang telah dibersihkan untuk mencapai kualitas *pipeline* dinamakan gas alam terbaharui. Di Indonesia nilai potensial

pemanfaatan biogas ini akan terus meningkat karena adanya jumlah bahan baku biogas yang melimpah dan rasio antara energi biogas dan energi minyak bumi yang menjanjikan (Hermawan *et al.*, 2007).

Gas metana adalah gas yang mengandung satu atom C dan 4 atom H yang memiliki sifat mudah terbakar. Gas metana yang dihasilkan kemudian dapat dibakar sehingga dihasilkan energi panas. Satu mol metana memerlukan dua mol oksigen untuk dapat dioksidasi menjadi CO₂ dan air, akibatnya setiap produksi 16 gram metana dapat menurunkan COD air limbah sebanyak 64 gram. Pada suhu dan tekanan standar, setiap stabilisasi 1 pound COD dapat menghasilkan 5,62 ft³ metana atau 0,35 m³ metana/kg COD (Grady dan Lim, 1980). Komposisi biogas dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Komposisi biogas

Komposisi	%
Metana (CH ₄)	55 - 75
Karbon dioksida (CO ₂)	25 - 45
Nitrogen (N ₂)	0 - 0,3
Hidrogen (H ₂)	1 - 5
Hidrogen sulfida (H ₂ S)	0 - 3
Oksigen (O ₂)	0,1 - 0,5

Sumber : Hermawan *et al.* (2007)

c. Berbagai reaktor yang digunakan dalam pengolahan limbah menjadi biogas

Saat ini telah banyak dikembangkan teknologi pengolahan limbah cair menjadi biogas. Limbah cair yang berpotensi untuk diolah menjadi biogas umumnya adalah limbah dari agroindustri, peternakan, dan pengelolaan sampah organik. Metode dan peralatan yang digunakan dalam mengolah limbah cair menjadi biogas juga beragam yang hampir seluruhnya menggunakan sistem anaerobik.

Berbagai jenis bioreaktor telah digunakan untuk pengolahan air limbah secara anaerobik menurut Yusmiati (2009), antara lain :

1). Reaktor Filter Anaerobik (*Anaerobic Filter Reactor*)

Reaktor ini diisi dengan material pendukung inert seperti batu kerikil, karang, polimer dan beberapa jenis plastik yang dimiliki luas permukaan yang besar untuk mengikat mikroorganisme. Reaktor ini tidak memerlukan pemisahan dan daur ulang biomasa.

2). Reaktor Kontak Anaerobik (*Anaerobic Contact Reactor*)

Air limbah diolah didalam reaktor tangki berpengaduk secara sinambung (*continuous stirred tank reactor*). Dalam reaktor ini terjadi kontak antara biomassa aktif dengan air limbah kemudian menghasilkan gas metana dan karbondioksida. Aliran keluar reaktor dimasukkan ke tangki pemisah (*clarifier*) dan biomasanya dikembalikan kedalam reaktor.

3). Bioreaktor Unggun Fluidisasi (*Fluidized-bed Reactor*)

Air limbah dilewatkan dari bawah reaktor melalui partikel-partikel padat seperti pasir (diameter 0,2-1 mm). Biomassa dalam reaktor ini tumbuh sebagai lapisan tipis (*biolayer*) pada partikel-partikel padat dan dipertahankan dalam keadaan terfluidakan oleh aliran air limbah yang mengalir keatas. Dengan teknik penambatan ini, aktifitas dan konsentrasi mikroorganisme dapat dipertahankan pada tingkat yang tinggi.

4). *Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)*

Air limbah diumpankan dari bagian bawah dan keluar dari puncak reaktor melalui penyekat-penyekat yang berfungsi untuk memisahkan gas, lumpur dan cairan. Lumpur-lumpur yang terpisah dari cairan dan gas terendapkan kembali didalam reaktor. Gas-gas yang terbentuk dikumpulkan pada bagian puncak reaktor melalui sistem perpipaan.

5). Bioreaktor Berpenyekat Anaerobik

Bioreaktor berpenyekat anaerobik pada prinsipnya merupakan reaktor yang memiliki sederetan sekat yang dipasang secara vertical. Limbah yang masuk kedalam reaktor ini dipisahkan oleh sekat-sekat dan proses fermentasi berlangsung pada sekat-sekat tersebut dan kemudian biogas yang terbentuk akan mengalir melalui pipa yang dipasang pada sekat-sekat yang ada pada reaktor tersebut.

6). *Covered in Ground Anaerobic Reactor (CIGAR)*

Sistem pengolahan limbah dengan metode *Covered in Ground Anaerobic Reactor (CIGAR)* pada prinsipnya adalah menggunakan sistem penutup elastis yang menutupi kolam. Fermentasi anaerobik yang menghasilkan biogas berlangsung didalamnya. Metode penangkapan gas ini umumnya digunakan untuk mengolah limbah kotoran ternak yang memiliki volume limbah yang tidak terlalu besar. Penutup elastic yang digunakan pada reaktor jenis ini harus bersifat tahan lama dan tidak permeable sehingga biogas yang terbentuk tidak keluar melalui penutup tersebut.

Bahan penutup yang biasa digunakan adalah plastic jenis HDPE (*High Density Polyethylene*) dengan ketebalan minimum 1 mm. Plastik jenis ini dapat digunakan karena sifatnya yang tahan lama terhadap cuaca panas maupun hujan dengan proyeksi waktu 15-20 tahun masa pakai. Untuk membangun reaktor jenis ini tidak memerlukan biaya yang mahal karena sistem penggunaannya yang mudah yaitu kolam yang telah ditutup hanya dialiri limbah melalui lubang inlet dan setelah fermentasi anaerobik berlangsung limbah akan keluar melalui lubang outlet. Biogas yang terperangkap pada reaktor dialiri melalui pipa yang dipasang pada reaktor untuk kemudian ditampung dan digunakan sebagai bahan bakar. (Philipine Bio-Science, 2007)

2. Limbah Padat Industri Tapioka Sebagai Pakan Ternak

Limbah padat industri tapioka berupa ongkok memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi, yaitu berkisar 68%. Namun tingginya kandungan karbohidrat tersebut tidak diimbangi dengan kandungan proteinnya. Protein dalam limbah ini tidak lebih dari 3,6 %, tetapi hal ini dapat ditingkatkan melalui proses fermentasi. Karena kandungan karbohidrat dalam bentuk bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN) inilah, ongkok jika digunakan sebagai bahan pakan ternak akan mudah dicerna bagi ternak, serta penggunaannya dalam ransum mampu menurunkan biaya ransum (Tarmudji, 2004).

Pengolahan ongkok dengan fermentasi dilakukan dengan cara penambahan inokulum kapang *Aspergillus niger*. Ongkok pertama-tama dikeringkan terlebih dahulu samapai kadar kekeringannya menjadi 20%. Cara untuk mengeringkan ongkok dapat dilakukan dengan secara alami yaitu dijemur dengan menggunakan

panas matahari atau *sun drying*. Tempat pengeringan yang baik biasanya menggunakan lantai rabatan cor, sehingga hasil jemurannya tidak kotor. Selain itu pengeringan juga dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi *dryer* yaitu dengan menggunakan udara panas yang dihasilkan dari uap boiler. Setelah dilakukan penurunan kadar air selanjutnya onggok digiling. Kemudian onggok difermentasikan dengan menggunakan kapang *Aspergillus niger* sebagai inokulum, ditambah campuran urea dan ammonium sulfat sebagai sumber nitrogen anorganik.

Untuk setiap 10 kg bahan baku pakan dibutuhkan 80 gram kapang *Aspergillus niger* dan 584,4 gram campuran mineral anorganik. Sedang untuk preparasinya, 10 kg onggok kering giling dimasukkan ke dalam baskom besar berukuran 50 kg. Selanjutnya ditambah 584,4 gram campuran mineral dan diaduk sampai rata. Kemudian ditambah air hangat sebanyak 8 liter, diaduk rata dan dibiarkan selama beberapa menit. Setelah agak dingin baru ditambahkan 80 gram *Aspergillus niger* dan diaduk kembali. Setelah tercampur rata kemudian dipindahkan ke dalam baki plastik dan ditutup. Fermentasi berlangsung selama empat hari. Setelah terbentuk miselium yang terlihat seperti fermentasi tempe, maka onggok terfermentasi dipotong-potong, diremas-remas dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C dan selanjutnya digiling (Hidayah *et al.*, 2010). Untuk standar kualitas pakan ternak berdasarkan SNI 3148.2:2009 dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Persyaratan mutu konsentrat sapi potong berdasarkan bahan kering

Komposisi Kimia	Jenis Pakan		
	Penggemukan	Induk	Jantan
Kadar air maks (%)	14	14	14
Abu maks (%)	12	12	12
Protein kasar min (%)	13	14	12
Lemak kasar maks (%)	7	6	6
Ca (%)	0,8 - 1,0	0,8-1,0	0,5-0,7
P (%)	0,6-0,8	0,6-0,8	0,3-0,5
Neutral detergent fiber maks (%)	3	35	30
Undegraded dietary protein min (%)	5,2	5,6	4,2
Aflatoksin Maks (ppb atau µg/kg)	200	200	200
Total digestible nutrient min (%)	70	65	65

Sumber: Badan Standarisasi Nasional (2009)

D. Pengolahan Pupuk Organik dari Limbah Peternakan

Kotoran ternak yang tercampur sisa-sisa pakan merupakan bahan organik yang biasa digunakan petani sebagai pupuk kandang. Namun demikian, ketersediaan pupuk ini belum dapat memenuhi kebutuhan, karena memperoleh pupuk kandang dalam jumlah besar. Kotoran sapi merupakan bahan yang baik untuk kompos karena relatif tidak terpolusi logam berat dan antibiotik. Kandungan Posfor yang rendah pada pupuk kandang dapat dipenuhi dari sumber lain. Prinsip pembuatan kompos adalah penguraian limbah organik menjadi pupuk organik melalui aktivitas mikroorganisme (BPTP Jabar, 2008).

Kompos merupakan salah satu pupuk organik yang dapat memperbaiki sifat kimia, fisika dan biologi tanah, meningkatkan kapasitas tukar kation, menambah kemampuan tanah menahan air, meningkatkan ketersediaan unsure mikro, serta tidak menimbulkan polusi bagi lingkungan. Menurut Isroi (2005), untuk mendapatkan hasil yang optimal dalam proses pengomposan yang merupakan proses biologi, perlu diperhatikan beberapa faktor lingkungan, seperti:

a. Rasio Karbon-Nitrogen (C/N)

C/N rasio bahan organik merupakan faktor yang penting dalam pengomposan. Hal tersebut disebabkan pengomposan bergantung pada kegiatan mikroorganisme yang membutuhkan karbon sebagai sumber energi dan pembentukan sel dan bersamaan dengan nitrogen untuk pembentukan selnya. C/N rasio yang optimum untuk proses pengomposan berkisar antara 30 : 1 hingga 40 : 1. Pada rasio di antara 30 - 40, mikroba mendapatkan cukup C untuk energi dan N untuk sintesis protein. Jika C/N rasio tinggi maka aktivitas biologi mikroorganisme berkurang dan diperlukan beberapa siklus mikroorganisme untuk menyelesaikan degradasi bahan kompos, sehingga waktu pengomposan akan lebih lama dan kompos yang akan dihasilkan bermutu rendah (Murbando, 2000).

b. Ukuran partikel dan porositas

Proses pengomposan dapat dipercepat jika bahan mentah kompos dicincang menjadi ukuran yang kecil dan permukaan area yang lebih luas akan meningkatkan kontak antara mikroba dan bahan sehingga proses dekomposisi akan lebih cepat. Ukuran partikel juga menentukan besarnya ruang antara bahan (porositas). Porositas adalah ruang diantara partikel di dalam tumpukan kompos. Porositas dihitung dengan mengukur volume rongga dibagi dengan volume total. Rongga-rongga ini akan diisi oleh air dan udara.

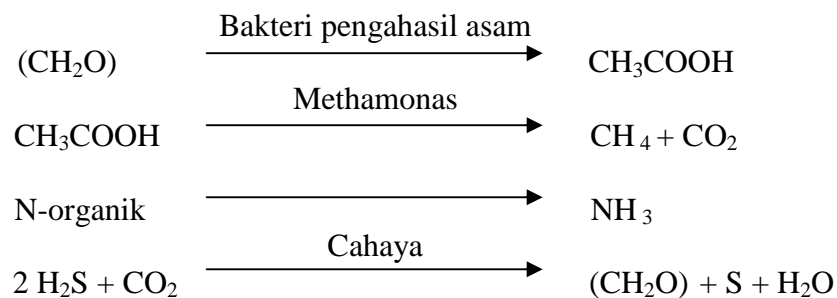
c. Aerasi

Mikroorganisme yang berperan dalam proses pengomposan melakukan aktivitas metabolisme di luar tubuhnya (ekstra metabolisme). Ekstra metabolisme membutuhkan H_2O dan O_2 , oleh karena itu dekomposisi bahan organik oleh

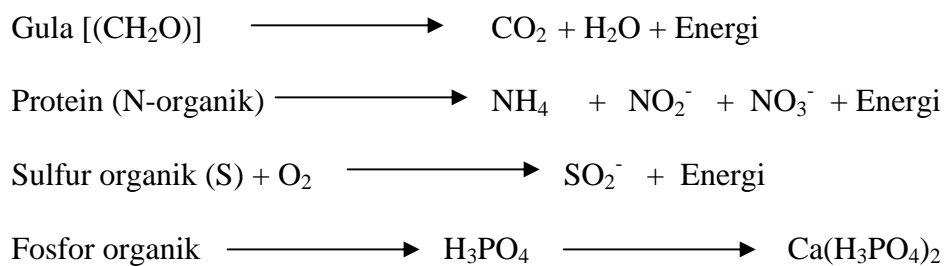
mikroorganisme sangat tergantung pada kelembaban lingkungan dan oksigen dari rongga udara yang terdapat diantara partikel-partikel bahan kompos. Pengomposan yang cepat dapat terjadi dalam kondisi yang cukup oksigen (aerob). Aerasi alami akan terjadi pada saat terjadi peningkatan suhu yang menyebabkan udara hangat keluar dan udara yang lebih dingin masuk kedalam tumpukan kompos. Aerasi ditentukan oleh porositas dan kandungan air bahan.

Menurut Budiman (2008), pembalikan pada tumpukan kompos akan mengembalikan kondisi tumpukan menjadi normal kembali untuk menjaga agar pada proses pengomposan selalu ada udara segar dan kondisi anaerob dapat dihindari. Kekurangan oksigen mengakibatkan mikroorganisme aerobik mati dan akan tergantikan oleh mikroorganisme anaerobik. Kadar oksigen yang ideal adalah 10% - 18% (kisaran yang dapat diterima adalah 5% - 20%).

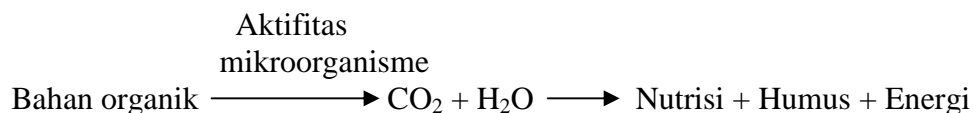
Menurut Gaur (1983), aerasi dan penggunaan oksigen merupakan ada tidaknya oksigen pada saat pengomposan membedakan proses menjadi anaerobik atau aerobik. Proses anaerobik adalah proses yang tidak memerlukan oksigen, sedangkan proses aerobik adalah proses yang memerlukan oksigen. Proses anaerobik dapat dilakukan dalam jangka waktu yang relatif lebih lama dari proses aerobik. Kekurangan proses anaerobik adalah timbulnya bau dari kompos karena terbentuknya senyawa indol, skatol, merkaptan dan H_2S . Reaksi yang terjadi selama proses pengomposan anaerobik adalah sebagai berikut :



Sedangkan pengomposan aerobik adalah pengomposan yang memerlukan oksigen. Proses tersebut menurut Crawford (1984), tidak menimbulkan bau dan menghasilkan energi yang lebih besar bila dibandingkan dengan pengomposan anaerobik (energi pengomposan anaerobik sebesar 26 kkal per mol glukosa sedangkan proses aerobik menghasilkan energi sebesar 484 – 674 kkal per mol glukosa). Reaksi yang terjadi selama proses pengomposan aerobik adalah sebagai berikut :



Keseluruhan reaksi :



Proses anaerobik dan aerobik dapat terjadi secara bersamaan dalam sebuah tumpukan. Proses anaerobik dapat terjadi pada bagian tumpukan yang tidak berongga sementara proses aerobik aktif di bagian tumpukan yang memiliki oksigen yang cukup.

d. Kelembaban

Kadar air atau kelembaban yang ideal untuk proses pengomposan adalah antara 40% - 60% dengan kadar air yang terbaik adalah 50% (Rochaeni dkk, 2003). Kondisi kelembaban ideal harus dijaga agar mikroorganisme aerobik dalam kompos dapat bekerja dengan baik dan tidak mati.

Menurut Crawford (1984), kelembaban pengomposan yang ideal tergantung jenis bahan organik yang digunakan. Jadi, kisaran kelembaban yang ideal harus dipertahankan dan apabila kelembaban dibawah 40% aktivitas mikroba akan mengalami penurunan dan akan lebih rendah lagi pada kelembaban 15% karena bahan akan menjadi kering dan mikroorganisme akan sulit tumbuh. Apabila kelembaban lebih dari 60% hara akan tercuci mengakibatkan bahan semakin lembek, melarutkan sumber makanan yang dibutuhkan mikroorganisme, dan oksigen yang masuk akan terhambat, bila volume udara berkurang dan akibatnya aktivitas mikroba akan menurun selain itu pula kelebihan kandungan air menutupi rongga udara di dalam tumpukan, sehingga membatasi kadar oksigen dalam tumpukan. Kadar oksigen yang ideal berkisar antara 10% – 18%.

Kondisi air yang baik adalah sedang, tidak terlalu kering, dan tidak terlalu basah. Menurut BPTP Jabar (2008), cara sederhana untuk mengetahui kelembaban yang ideal adalah dengan mengambil bahan dan meremasnya dalam genggamannya. Apabila bahan kompos pecah atau hancur dan tidak keluar air sama sekali dari genggamannya maka perlu ditambahkan air. Kondisi yang tepat adalah kompos dapat dikepal meskipun hancur lagi. Untuk menjaga kadar air sebaiknya kompos terlindung dari sinar matahari langsung dan hujan. Sinar matahari dapat

menyebabkan penguapan sedangkan hujan dapat menyebabkan kadar air berlebih (Yuwono, 2005).

e. Suhu

Pengomposan akan berjalan optimal pada temperatur yang sesuai dengan temperatur yang optimum pertumbuhan mikroorganisme perombak. Menurut Murbandono (2000), suhu optimum proses pengomposan berkisar antara 30°C – 45°C. Pada suhu 55°C - 65°C, perkembangbiakan mikroorganisme adalah yang paling baik sehingga populasinya tiga kali dibandingkan dengan suhu dibawah 55°C. Disamping itu, pada kisaran tersebut enzim yang dihasilkan untuk menguraikan bahan organik, mempunyai daya urai paling efektif. Suhu tinggi berfungsi untuk membunuh bibit penyakit (patogen), menetralkan hama (lalat) dan mematikan bibit rumput atau melokul organik yang resisten.

Keseimbangan antara panas yang dihasilkan dan dilepas akan tergantung pada kemampuan tumpukan untuk menghambat panas keluar. Besarnya kemampuan tersebut tergantung pada ukuran tumpukan. Dengan demikian, cara yang paling efektif untuk mengendalikan suhu adalah dengan ukuran tumpukan yang sesuai.

Menurut Yuwono (2005), berdasarkan perbedaan suhu, mikroorganisme yang terlibat dalam proses pengomposan terdiri dari golongan mesofilik dan termofilik. Pengomposan mesofilik terjadi pada suhu antara 30°C - 45°C, sedangkan pengomposan termofilik terjadi pada kisaran suhu antara 45°C – 65°C dengan demikian, maka pada waktu suhu tumpukan kompos kurang dari 45°C, proses pengomposan dibantu oleh mesofilik, sedangkan diatas suhu tersebut mikroorganisme yang berperan adalah termofilik. Mikroorganisme mesofilik

berperan memperkecil ukuran partikel zat organik sehingga luas permukaan partikel bertambah sedangkan mikroorganisme termofilik yang tumbuh pada waktu terbatas berfungsi untuk mengkomsumsi karbohidrat dan protein, sehingga bahan-bahan kompos dapat terdegradasi dengan cepat.

f. pH

Kisaran pH optimum untuk memperoleh kecepatan pengomposan berkisar antara 6,5 – 7,5 (Yuwono, 2005). Proses pengomposan akan menyebabkan perubahan pada bahan dan pH. Pada awal proses pengomposan, derajat keasaman akan selalu menurun karena sejumlah mikroorganisme mengubah bahan organik menjadi asam organik. Dalam proses selanjutnya, mikroorganisme jenis lainnya akan mengkonversi asam organik tersebut sehingga pH akan naik kembali mendekati netral.

pH tinggi menyebabkan konsumsi oksigen meningkat dan menyebabkan unsur nitrogen pada bahan kompos berubah menjadi NH_3 (amoniak) yang mengakibatkan hasil yang buruk terhadap lingkungan. Sebaliknya pH rendah dapat menyebabkan matinya sebagian besar mikroorganisme (Murbandono, 2000).

g. 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 mikroba selama proses pengomposan.

h. Kandungan hara berbahaya

Beberapa bahan organik mungkin mengandung bahan-bahan yang berbahaya bagi kehidupan mikroba. 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.

Kompos bermutu adalah yang terdekomposisi sempurna dan tidak menimbulkan efek merugikan bagi pertumbuhan tanaman. Penggunaan kompos yang belum matang menyebabkan terjadinya persaingan penggunaan nitrogen antara tanaman dan mikroorganisme yang mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan tanaman. Kompos yang baik memiliki ciri berwarna coklat tua hingga hitam, tidak larut air meski sebagian dapat membentuk suspensi, nisbah C/N sekitar 10-20 tergantung pada bahan baku dan derajat humifikasinya, suhu kurang lebih sama dengan suhu lingkungan, dan tidak berbau (BPTP Jabar, 2008).