

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **A. Pupuk Organik**

Pupuk organik merupakan pupuk yang bahan bakunya berasal dari makhluk hidup baik berupa tumbuhan maupun hewan. Biasanya yang dijadikan bahan baku adalah limbah tumbuhan seperti daun kering, jerami, maupun tumbuhan lain dan limbah peternakan seperti kotoran sapi, kotoran kerbau dan kotoran ternak lainnya. Dalam pembahasan tinjauan ini yang akan dibahas lebih lanjut adalah pupuk organik yang berasal dari kotoran ternak yang lebih dikenal dengan pupuk kandang.

Pupuk kandang merupakan produk yang berasal dari limbah usaha peternakan dalam hal ini adalah kotoran ternak (Setiawan, 2010). Jenis ternak yang bisa menghasilkan pupuk organik ini sangat beragam diantaranya sapi, kambing, domba, kuda, kerbau, ayam dan babi. Adapun fungsi dari pupuk organik sebagai berikut:

1. Sebagai operator, yaitu memperbaiki struktur tanah.
2. Sebagai penyedia sumber hara makro dan mikro.
3. Menambah kemampuan tanah dalam menahan air.
4. Menambah kemampuan tanah untuk menahan unsur-unsur hara (melepas hara sesuai kebutuhan tanah).
5. Sumber energi bagi mikro organisme

Kualitas pupuk organik sangat bervariasi, tergantung pada jenis ternak yang menghasilkan kotoran, umur ternak, jenis pakan yang dikonsumsi, campuran bahan selain feses, proses pembuatan, serta teknik penyimpanannya. Dari data yang didapat, pupuk organik mengandung beragam jenis unsur hara seperti yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Unsur Hara Beberapa Jenis Pupuk Kandang (dalam %)

Jenis Ternak	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe
Sapi perah	0,53	0,35	0,41	0,28	0,11	0,05	0,004
Sapi pedaging	0,65	0,15	0,30	0,12	0,10	0,09	0,004
Kuda	0,70	0,10	0,58	0,79	0,14	0,07	0,010
Unggas	1,50	0,77	0,89	0,30	0,88	0,00	0,100
Domba	1,28	0,19	0,93	0,59	0,19	0,09	0,020

Sumber : Tan (1993) dalam Setiawan (2010)

Setiawan (2010) menyatakan bahwa pupuk organik dari kotoran sapi mempunyai kandungan serat kasar tinggi seperti selulosa. Hal ini ditandai dengan tingginya rasio C/N diatas 40. Kondisi ini bisa menghambat pertumbuhan tanaman sehingga pemberiannya harus dibatasi. Untuk menurunkan tingginya kandungan C, bisa dilakukan dengan pengomposan. Limbah-limbah ternak merupakan bahan organik yang menarik untuk dijadikan kompos bagi usaha pertanian. Pupuk kandang bisa digunakan untuk berbagai jenis tanaman, seperti tanaman sayur, tanaman buah, tanaman palawija dan tanaman pangan. Secara aplikasi, penggunaan pupuk kandang dibedakan menjadi penggunaan di sawah dan penggunaan di lahan kering.

Pupuk kandang mengandung 3 golongan komponen, yaitu litter (kotoran/sampah), ekskreta padat (bahan keluaran padat) dari binatang, dan ekskreta cair (urin). Sifat/keadaan dan konsentrasi relatif dari komponen-

komponen ini dalam macam-macam pupuk kandang sangat berbeda, tergantung dari jenis ternaknya, cara pemberian makanan dan pemeliharaannya.

Sisa-sisa tanaman dalam pupuk kandang biasanya tinggi kandungan karbohidrat, terutama selulosa, dan rendah kandungan nitrogen maupun mineral. Nitrogen dan mineral terkandung tinggi pada urin, dan kandungan karbohidratnya sangat kecil. Sedangkan ekskreta padat memiliki kandungan protein yang tinggi, sehingga memberikan suatu media yang lebih seimbang bagi perkembangan mikro organisme.

Pupuk kandang bisa digunakan untuk berbagai jenis tanaman, seperti tanaman sayur, tanaman buah, tanaman palawija dan tanaman pangan. Secara aplikasi penggunaan pupuk kandang dibedakan menjadi penggunaan di sawah dan penggunaan di lahan kering. Penggunaan di sawah lebih ditekankan pada tanaman padi, sedangkan penggunaan di lahan kering untuk tanaman sayur dan tanaman buah.

Dosis pupuk kandang yang digunakan untuk tanaman padi di sawah lebih rendah dibandingkan dengan dosis untuk lahan kering. Untuk setiap hektar sawah, pupuk kandang yang digunakan sebanyak kurang dari 2 ton. Sementara pada lahan kering dosis yang digunakan bisa mencapai 25 – 75 ton/ha, tergantung pada tanaman yang ditanam.

Setiawan (2007) mengatakan bahwa cara mengubah kotoran ternak menjadi pupuk kandang cukup mudah. Sebenarnya dengan hanya membiarkan begitu saja dikandang, dalam waktu tertentu, kotoran ternak akan berubah menjadi pupuk kandang. Namun jika tidak ditangani dengan baik, hal ini akan menyebabkan pencemaran lingkungan dan penyusutan unsur hara dalam kotoran tersebut,

dengan demikian diperlukan usaha untuk menanganinya. Cara yang sering dipergunakan untuk mengubah kotoran ternak menjadi pupuk kandang ada dua macam, yaitu sistem terbuka dan sistem tertutup. Pada sistem terbuka kotoran ternak ditimbun di tempat terbuka di permukaan tanah. Tempat penyimpanan berupa tanah yang ditinggikan dan diberi atap. Kelebihan sistem terbuka adalah kotoran ternak akan cepat matang, namun kelemahannya selama proses penguraian, bau kotoran akan terbawa angin sehingga penyebarannya lebih jauh. Pada sistem tertutup kotoran ternak ditimbun di dalam lubang yang diberi atap. Kelebihan dari sistem tertutup adalah penyebaran bau kotoran ternak dapat dikurangi selama proses penguraian, namun kelemahannya adalah pupuk kandang yang terbentuk akan membutuhkan waktu yang lebih lama dan pupuk yang terbentuk tidak kering.

Sedangkan menurut Setiawan (2010), pembuatan pupuk kandang secara konvensional adalah pembuatan pupuk kandang yang dalam proses pembuatannya berjalan dengan sendirinya, dengan sedikit atau tanpa campur tangan manusia. Manusia hanya membantu mengumpulkan bahan, menyusun bahan, untuk selanjutnya proses pengomposan berjalan dengan sendirinya tanpa penambahan bioaktivator. Sistem yang digunakan untuk pembuatan pupuk kandang secara konvensional ada beberapa macam, diantaranya adalah sistem *wind row*, sistem *aerated static pile*, dan sistem *in vessel*.

#### 1. Sistem *Wind Row*

Sistem *wind row* merupakan proses pembuatan pupuk kandang yang paling sederhana dan paling murah. Dengan sistem ini, kotoran ternak hanya ditumpuk memanjang dengan tinggi tumpukan 0,6 – 1 m dan lebar 2 – 5 m. Sementara

panjangnya dapat mencapai 40 - 50 m. Sistem ini memanfaatkan sirkulasi udara secara alami. Optimalisasi lebar, tinggi dan panjangnya tumpukan sangat dipengaruhi oleh keadaan bahan baku, kelembapan, ruang pori, dan sirkulasi udara untuk mencapai bagian tengah tumpukan bahan baku. Idealnya tumpukan bahan baku ini harus dapat melepaskan panas untuk mengimbangi pengeluaran panas yang ditimbulkan sebagai hasil proses dekomposisi bahan organik oleh mikroba.

Sistem *wind row* ini merupakan sistem komposting yang baik yang telah berhasil dilakukan di banyak tempat untuk memproses pupuk kandang, sampah kebun, lumpur selokan, sampah kota, dan bahan lainnya. Untuk mengatur temperatur, kelembapan, dan oksigen dilakukan proses pembalikan secara periodik. Pembalikan juga dapat menghambat bau yang mungkin timbul. Pembalikan dapat dilakukan baik secara mekanis maupun manual. Dengan hanya membalik bahan pupuk kandang secara periodik, pupuk kandang akan mengalami proses dekomposisi dengan sendirinya sehingga bisa menghemat biaya. Sementara kelemahan dari sistem ini adalah memerlukan areal lahan yang cukup luas.

## 2. Sistem *Aeratic Static Pile*

Sistem pembuatan pupuk kandang lainnya yang lebih maju adalah sistem *aeratic static pile*. Secara prinsip, proses pembuatan pupuk kandang ini hampir sama dengan sistem *wind row*, namun pada proses pembuatan pupuk kandang dengan sistem ini memerlukan pipa yang dilubangi untuk mengalirkan udara. Udara ditekan memakai *blower*. Oleh karena ada sirkulasi udara maka tumpukan bahan baku yang sedang diproses dapat lebih tinggi dari 1 m. Proses itu sendiri

diatur dengan pengaliran oksigen. Apabila temperatur terlalu tinggi, aliran oksigen dihentikan sebaliknya apabila temperatur turun, aliran oksigen ditambah. Untuk mencegah bau yang timbul, pipa dilengkapi dengan *exhaust fan*.

Dalam sistem ini tidak ada proses pembalikan bahan. Oleh karenanya, kotoran ternak dan sisa pakan harus tercampur secara homogen sejak awal. Dalam pencampuran harus ada rongga udara yang cukup. Bahan-bahan yang terlalu besar dan panjang (terutama sisa pakan yang berupa hijauan) harus dipotong-potong mencapai ukuran 4 – 10 cm.

### 3. Sistem *In Vessel*.

Sistem ketiga yang biasa digunakan untuk membuat pupuk kandang adalah sistem *in vessel*. Untuk membuat pupuk kandang dengan sistem ini diperlukan container sebagai wadah dekomposisi. Wadah ini bisa berupa silo atau parit memanjang. Proses dekomposisi berlangsung secara mekanik. Dengan dibatasi oleh struktur container, sistem ini mampu mengurangi pengaruh bau yang tidak sedap dari kotoran ternak selama proses pengomposan.

Sistem ini juga mempergunakan pengaturan udara, sama seperti sistem *aerated static pile*. Suhu dan konsentrasi oksigen perlu dikontrol selama proses pengomposan. Pemasukan bahan pupuk kandang dan pengeluaran pupuk kandang yang sudah jadi dilakukan dari pintu yang berbeda.

## **B. Produksi Bersih**

Konsep produksi bersih merupakan pemikiran baru untuk lebih meningkatkan kualitas lingkungan dengan lebih bersifat proaktif. Produksi bersih merupakan sebuah strategi pengelolaan lingkungan yang bersifat preventif dan terpadu yang

perlu diterapkan secara terus-menerus pada proses produksi dan daur hidup produk dengan tujuan mengurangi resiko terhadap kesehatan manusia dan lingkungan (UNEP, 2003 dalam Indrasti dan Fauzi, 2009).

Menurut KLH (2005), Produksi bersih merupakan strategi pengelolaan lingkungan yang bersifat preventif, terpadu dan diterapkan secara terus menerus pada setiap kegiatan mulai dari hulu ke hilir yang terkait produksi bersih, produk dan jasa untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya alam, mencegah terjadinya pencemaran lingkungan dan mengurangi terbentuknya limbah pada sumbernya sehingga dapat meminimalisasi resiko terhadap kesehatan dan keselamatan manusia serta kerusakan lingkungan.

Sedangkan menurut UNIDO (2002, dalam Indrasti dan Fauzi 2009) menyatakan bahwa produksi bersih adalah strategi pengelolaan lingkungan yang sifatnya mengarah pada pencegahan dan terpadu agar dapat diterapkan pada seluruh siklus produksi. Hal tersebut memiliki tujuan untuk meningkatkan produktivitas dengan memberikan tingkat efisiensi yang lebih baik pada penggunaan bahan mentah, energi dan air, mendorong performansi lingkungan yang lebih baik melalui pengurangan sumber-sumber pembangkit limbah dan emisi serta mereduksi dampak produk terhadap lingkungan dari siklus hidup produk dengan rancangan yang ramah lingkungan, namun efektif dari segi biaya.

Adapun tujuan dari penerapan produksi bersih pada unit produksi adalah untuk meningkatkan efisiensi produksi yang meliputi efisiensi dan efektifitas penggunaan bahan baku, bahan penolong, air dan sumber energi sehingga akan dapat mengurangi limbah yang keluar dari proses, sehingga dapat dikatakan produksi bersih merupakan upaya tata laksana operasi yang lebih baik.

Indrasti dan Fauzi (2009) menyatakan bahwa prinsip-prinsip pokok dalam strategi produksi bersih adalah :

1. Mengurangi atau meminimumkan penggunaan bahan baku, air, dan energi serta menghindari pemakaian bahan baku beracun dan berbahaya serta mereduksi terbentuknya limbah pada sumbernya, sehingga mencegah dari atau mengurangi timbulnya masalah pencemaran dan kerusakan lingkungan serta risikonya terhadap manusia.
2. Perubahan dalam pola produksi dan konsumsi berlaku baik terhadap proses maupun produk yang dihasilkan, sehingga harus dipahami betul analisis daur hidup produk.
3. Upaya produksi bersih ini tidak dapat berhasil dilaksanakan tanpa adanya perubahan dalam pola pikir, sikap dan tingkah laku dari semua pihak terkait baik dari pihak pemerintah, masyarakat maupun kalangan dunia (industriawan). Selain itu juga, perlu diterapkan pola manajemen di kalangan industri maupun pemerintah yang telah mempertimbangkan aspek lingkungan.
4. Mengaplikasikan teknologi akrab lingkungan, manajemen dan prosedur standar operasi sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan. Kegiatan-kegiatan tersebut tidak selalu membutuhkan biaya investasi yang tinggi, walaupun terjadi seringkali waktu yang diperlukan untuk pengembalian modal investasi relatif singkat.
5. Pelaksanaan program produksi bersih ini lebih mengarah pada pengaturan sendiri (*self regulation*) dan peraturan yang sifatnya musyawarah mufakat (*negotiated regulatory approach*) dari pada pengaturan secara *command and*



*control*. Jadi, pelaksanaan program produksi bersih ini tidak hanya mengandalkan peraturan pemerintah saja, tetapi lebih didasarkan pada kesadaran untuk merubah sikap dan tingkah laku.

Teknologi produksi bersih merupakan gabungan antara teknik pengurangan limbah pada sumber pencemar dan teknik daur ulang (Indrasti dan Fauzi ,2009). Dalam produksi bersih, limbah yang dihasilkan dalam keseluruhan proses produksi merupakan indikator ketidakefisienan proses produksi. Oleh karena itu apabila dilakukan optimasi proses, limbah yang dihasilkan juga akan berkurang. Secara garis besarnya, pemilihan penerapan produksi bersih dapat dikelompokkan menjadi lima bagian, yaitu :

1. *Good house-keeping*

Mencakup tindakan prosedural, administratif maupun institusional yang dapat digunakan perusahaan untuk mengurangi terbentuknya limbah dan emisi. Konsep ini telah banyak diterapkan oleh kalangan industri agar dapat meningkatkan efisiensi dengan cara *good operating practice* yang mencakup: pengembangan program *cleaner production*, pengembangan sumberdaya manusia, tatacara penanganan dan investasi bahan, pencegahan kehilangan bahan/material, pemisahan limbah menurut jenisnya, tatacara perhitungan biaya, penjadwalan produksi.

2. Perubahan material input

Bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan bahan berbahaya dan beracun yang masuk atau yang digunakan dalam proses produksi, sehingga

dapat juga menghindari terbentuknya limbah B3 dalam proses produksi. Perubahan material *input* termasuk pemurnian bahan dan substitusi bahan.

3. Perubahan teknologis

Mencakup modifikasi proses dan peralatan yang dilakukan untuk mengurangi limbah dan emisi. Perubahan teknologi dapat dimulai dari yang sederhana dalam waktu yang singkat dan biaya murah sampai dengan perubahan yang memerlukan investasi tinggi, seperti perubahan peralatan, tata letak pabrik, penggunaan peralatan otomatis dan perubahan kondisi proses.

4. Perubahan produk

Meliputi substitusi produk, konservasi produk, dan perubahan komposisi produk.

5. *On-site Reuse*

Merupakan upaya penggunaan kembali bahan-bahan yang terkandung dalam limbah, baik untuk digunakan kembali pada proses awal atau sebagai material *input* dalam proses yang lain.

Aplikasi produksi bersih dalam suatu industri menurut Indrasti dan Fauzi (2009) dapat diterapkan pada unsur-unsur sebagai berikut:

1. Proses produksi

Aplikasi produksi bersih pada proses produksi mencakup peningkatan efisiensi dan efektifitas dalam pemakaian bahan baku, energi dan sumberdaya lainnya serta mengganti atau mengurangi penggunaan bahan berbahaya dan beracun, sehingga mengurangi jumlah dan toksisitas limbah dan emisi yang dikeluarkan.

## 2. Produk

Produksi bersih memfokuskan pada upaya pengurangan dampak keseluruhan daur hidup produk, mulai dari bahan baku sampai pembuangan akhir setelah produk tidak digunakan.

## 3. Jasa

Produksi bersih menitikberatkan pada upaya proses 3 R (*reduce, reuse, recycle*) secara menyeluruh pada setiap kegiatannya, mulai dari penggunaan bahan baku sampai ke pembuangan akhir.

Menurut Bapedal (1998), Ada beberapa manfaat dari penerapan produksi bersih:

1. Meningkatkan efisiensi dan efektifitas penggunaan bahan baku, energi dan sumber daya lainnya.
2. Meningkatkan efisiensi dalam proses produksi sehingga dapat mengurangi biaya pengolahan limbah.
3. Mengurangi bahaya terhadap kesehatan dan keselamatan kerja.
4. Mengurangi dampak pada keseluruhan siklus hidup produk mulai dari pengambilan bahan baku sampai pembuangan akhir setelah produk tersebut digunakan.
5. Meningkatkan daya saing produk di pasaran dan mampu meningkatkan *image* yang baik bagi perusahaan.
6. Menghindari biaya pemulihan lingkungan.
7. Mendorong dikembangkannya teknologi pengurangan limbah pada sumbernya dan produk ramah lingkungan.

Namun selain dari segi keuntungan, Indrasti dan Fauzi (2009) menyatakan ada beberapa kendala yang dihadapi dalam penerapan produksi bersih antara lain:

1. Kendala Ekonomi

Kendala ekonomi timbul apabila kalangan usaha tidak merasa mendapatkan keuntungan dalam penerapan produksi bersih. Sekecil apapun penerapan konsep produksi bersih, jika tidak memberikan keuntungan di pihak perusahaan, maka akan sulit bagi manajemen untuk membuat keputusan tentang penerapan konsep produksi bersih. Contoh hambatannya adalah biaya tambahan peralatan, dan besarnya modal atau investasi dibanding kontrol pencemaran secara konvensional sekaligus penerapan produksi bersih.

2. Kendala Teknologi

Kendala dalam penerapan teknologi diantaranya kurangnya sosialisasi atau penyebaran informasi tentang konsep produksi bersih, penerapan sistem baru memiliki kemungkinan tidak sesuai dengan yang diharapkan bahkan berpotensi menyebabkan gangguan atau masalah baru, tidak memungkinkan adanya penambahan peralatan akibat terbatasnya ruang kerja atau produksi.

3. Kendala Sumberdaya Manusia

Kendala sumberdaya manusia diantaranya kurangnya dukungan dari pihak manajemen puncak, keengganan untuk berubah baik secara individu maupun organisasi, lemahnya komunikasi internal tentang proses produksi yang baik, pelaksanaan manajemen organisasi perusahaan yang kurang fleksibel, birokrasi yang sulit terutama dalam pengumpulan data primer, serta kurangnya dokumentasi dan penyebaran informasi.

Setiap bahan baku yang diolah senantiasa akan menghasilkan produk dan hasil samping berupa limbah. Dalam penanganan limbah, Indrasti dan Fauzi (2009) menyatakan ada beberapa cara yang dapat dilakukan yaitu :

1. Eliminasi

Eliminasi merupakan proses penghilangan limbah yang ditimbulkan. dengan cara memperbaiki proses dengan teknologi terbaru atau efisiensi proses bila limbah yang terbentuk karena sistem prosesnya. Bila limbah terbentuk karena kurang telitian dari pekerja maka yang dilakukan adalah perubahan sikap pekerja.

2. Mengurangi sumber limbah

Mengurangi sumber limbah sama dengan proses eliminasi yaitu dapat dilakukan dengan cara memperbaiki proses dengan teknologi terbaru atau efisiensi proses bila limbah yang terbentuk karena sistem prosesnya. Bila limbah terbentuk karena kurang teliti dari pekerja maka yang dilakukan adalah perubahan sikap pekerja.

3. Daur ulang

Proses daur ulang yaitu limbah yang terbentuk dimasukkan kembali ke dalam proses sehingga dapat memperoleh hasil produk yang lebih besar.

4. Pengolahan limbah

Pengolahan limbah yaitu mengolah limbah yang terbentuk menjadi bahan lain yang masih bisa bermanfaat. Limbah yang awalnya terbentuk menjadi bahan baku dari proses pengolahan tersebut.

## 5. Remediasi

Remediasi merupakan proses mengubah senyawa pencemar organik yang berbahaya menjadi senyawa lain yang lebih aman. Proses remediasi dapat dilakukan oleh organisme yang lebih dikenal dengan bioremediasi.

## 6. Pembuangan Limbah

Pembuangan limbah merupakan pilihan terakhir bila sudah tidak dapat dilakukan eliminasi, dikurangi, daur ulang, diolah dan diremediasi.

Pengembangan program produksi bersih pada suatu industri memerlukan kegiatan perencanaan yang kontinyu dan dimulai dari putusan manajemen. Dalam usaha pengembangan program produksi bersih, Roestamsjah (2000) menyusun alternatif-alternatif kegiatan yang mencakup empat kelompok sebagai berikut:

1. Bantuan teknis untuk industri
2. Sistem informasi
3. Pelatihan dan peningkatan kesadaran
4. Pengembangan sistem intensif

## **C. Biogas**

Biogas merupakan gas yang timbul jika bahan-bahan organik seperti kotoran hewan, kotoran manusia, atau sampah direndam di dalam air dan disimpan di dalam tempat tertutup atau anaerob (Setiawan, 2007). Biogas ini sebenarnya dapat terjadi dalam kondisi alami, namun untuk mempercepat dan menampung gas ini diperlukan alat yang memenuhi syarat terjadinya gas tersebut.

Manik (2003) menyatakan bahwa semua makhluk hidup memproduksi bahan sisa yang dihasilkan dari proses metabolisme. Pada hewan dan manusia bahan sisa itu berbentuk gas, tinja dan air seni. Gas yang sangat umum terbentuk ialah  $\text{CO}_2$ . Gas lain yang sering terbentuk ialah  $\text{H}_2\text{S}$  yang berbau busuk, yang terbentuk pada proses penguraian bahan organik.

Sementara Hardoyo (2014) mengungkapkan bahwa biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik oleh aktifitas mikroorganisme dalam kondisi tanpa adanya oksigen (*anaerob*). Biogas merupakan campuran beberapa gas dengan komponen utama adalah gas metan ( $\text{CH}_4$ ) dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dengan sejumlah kecil uap air, hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ), karbon monoksida ( $\text{CO}$ ) dan nitrogen ( $\text{N}_2$ )

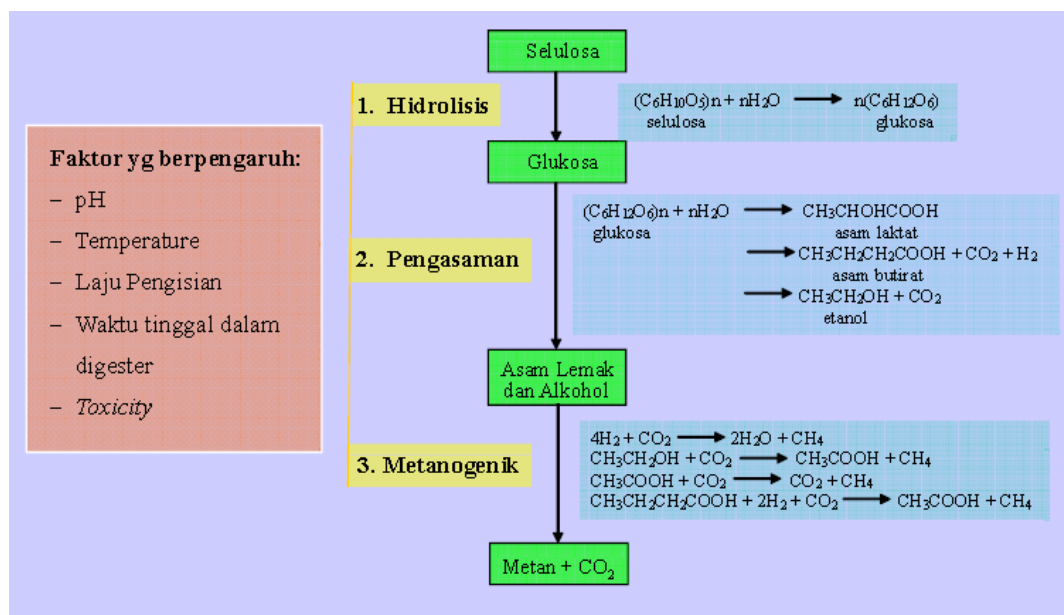
Jika kotoran ternak yang telah dicampur air dimasukkan ke dalam alat pembuat biogas, maka akan terjadi proses pembusukan yang terdiri dari dua tahap, yaitu proses aerobik dan anaerobik. Pada proses yang pertama diperlukan oksigen dan hasil prosesnya berupa karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Proses ini berakhir setelah oksigen dalam alat ini habis. Selanjutnya, proses pembusukan berlanjut dengan tahap kedua yaitu proses anaerobik yang menghasilkan biogas. Dengan demikian, untuk menjamin terjadinya biogas, alat ini harus ditutup rapat, tidak berhubungan dengan udara luar sehingga tercipta kondisi hampa udara (Setiawan, 2007). Biogas yang terbentuk dapat dijadikan bahan bakar karena mengandung gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dalam presentase yang cukup tinggi seperti yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komponen Penyusun Biogas

Jenis Gas	Jumlah (%)
Metana (CH <sub>4</sub> )	54 – 70
Karbondioksida (CO <sub>2</sub> )	27 – 45
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	1,5 – 3
Karbon Monoksida (CO)	0,1
Oksigen (O <sub>2</sub> )	0,1
Hidrogen Sulfida (H <sub>2</sub> S)	Sedikit sekali

Sumber : Pusat Informasi Dokumentasi ITB dalam Setiawan (2007)

Setiawan (2007) mengungkapkan walaupun proses kimia terbentuknya gas ini cukup rumit, tetapi cara menghasilkannya tidak sesulit proses pembentukannya. Dengan teknologi sederhana yang dapat dilakukan oleh masyarakat pedesaan gas ini dapat dihasilkan dengan baik. Dengan demikian, teknologi sederhana ini sangat tepat jika dikembangkan di pedesaan khususnya yang banyak peternakan karena selain teknologinya mudah, bahan bakunya pun cukup tersedia.



Gambar 2. Tahap Pembentukan Biogas (FAO, 1978) dalam Widodo (2009)

Biogas memiliki berat 20% lebih ringan daripada udara, memiliki suhu pembakaran 650-750°C, tidak berbau dan tidak berwarna. Apabila dibakar, biogas



akan menghasilkan warna biru. Nilai kalor gas metan sebesar  $20\text{MJ/m}^3$  dengan efisiensi pembakaran sebesar 60% pada kompor biogas konvensional (Teguh dkk, 2005 dalam Hardoyo, 2014).

Wahyuni (2009) mengungkapkan bahwa biogas mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan BBM yang berasal dari fosil. Sifatnya yang ramah lingkungan dan dapat diperbaharui merupakan keunggulan biogas dibandingkan dengan bahan bakar fosil. Biogas sebagai salah satu energi alternatif dipastikan dapat menggantikan bahan bakar fosil yang keberadaannya semakin hari semakin terbatas.

Beberapa keuntungan yang akan diperoleh dari penggunaan kotoran ternak sebagai penghasil biogas sebagai berikut:

1. Biogas yang dihasilkan diharapkan dapat mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap penggunaan bahan bakar minyak yang jumlahnya semakin terbatas dan harganya cukup mahal.
2. Jika diterapkan oleh masyarakat sekitar hutan yang banyak menggunakan kayu sebagai bahan bakar, diharapkan dapat mengurangi penebangan kayu sehingga kelestarian hutan lebih terjaga.
3. Teknologi ini dapat mengurangi pencemaran lingkungan karena kotoran yang semula hanya mencemari lingkungan digunakan untuk sesuatu yang bermanfaat. Dengan demikian, kebersihan lingkungan lebih terjaga.
4. Selain menghasilkan energi, buangan (*sludge*) dari alat penghasil biogas ini juga dapat digunakan sebagai pupuk organik.

Ketersediaan kotoran ternak merupakan syarat mutlak yang harus dipenuhi untuk membuat instalasi biogas ini. Di daerah yang banyak peternakan, hal ini

tidak menjadi masalah karena kotoran mudah diperoleh dalam jumlah mencukupi. Sihombing (2000) menyatakan bahwa satu ekor sapi dewasa menghasilkan feses sekitar 25 kg/hari. Berikut akan disajikan potensi kotoran ternak yang dihasilkan oleh beberapa jenis ternak dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Kotoran dari Seekor Ternak Dewasa (Kg/hari)

Jenis Ternak	Kotoran Padat	Kotoran Cair
Sapi	23,59	9,07
Kuda	16,10	3,63
Babi	2,72	1,59
Domba	1,13	0,68
Ayam	0,05	-

Sumber : Teuscher dkk dalam Setiawan (2007)

Kandungan energi dalam biogas tergantung dari konsentrasi metana ( $\text{CH}_4$ ). Semakin tinggi kandungan metana maka semakin besar kandungan energi (nilai kalor) pada biogas, dan sebaliknya semakin kecil kandungan metana semakin kecil nilai kalor (Sukmana dan Muljatiningrum, 2011). Kualitas biogas dapat ditingkatkan dengan memperlakukan beberapa parameter yaitu menghilangkan hidrogen sulfur, karbon dioksida dan kandungan air.

Bangunan utama dari instalasi biogas adalah digester yang berfungsi untuk menampung gas metan hasil perombakan bahan organik oleh bakteri. Jenis digester yang paling banyak digunakan adalah model *continuous feeding* dimana pengisian bahan organiknya dilakukan secara kontinu setiap hari. Besar kecilnya digester tergantung pada kotoran ternak yang dihasilkan dan banyaknya biogas yang diinginkan. Untuk membuat digester diperlukan bahan bangunan seperti pasir, semen, batu kali, batu koral, bata merah, besi konstruksi, cat dan pipa paralon atau dapat juga menggunakan digester dari bahan plastik sehingga lebih murah dalam pengadaannya. Lokasi yang akan dibangun sebaiknya dekat dengan

kandang sehingga kotoran ternak dapat langsung disalurkan kedalam digester. Disamping digester harus dibangun juga penampung sludge (lumpur) dimana sludge tersebut nantinya dapat dipisahkan dan dijadikan pupuk organik padat dan pupuk organik cair.

Digester atau reaktor biogas merupakan kunci utama dari terbentuknya gas pada produksi biogas. Wahyuni (2009) menyebutkan ada empat desain digester yang telah dikenal umum dan digunakan yaitu *fixed dome* atau tipe kubah yang terbuat dari pasangan batu kali atau batu bata/beton, *floating drum* atau tipe silinder terbuat dari tong/drum, tipe plastik yang terbuat dari plastik dan tipe *fiberglass* yang terbuat dari bahan *fiberglass*.

#### 1. Reaktor *Fixed Dome*

Pada reaktor *Fixed Dome* memiliki dua bagian yaitu digester sebagai tempat pencerna material biogas dan sebagai rumah bakteri. Bagian ini dapat dibuat dengan kedalaman tertentu dan struktur bangunannya harus kuat karena menahan gas agar tidak terjadi kebocoran. Bagian yang kedua adalah kubah tetap karena bentuknya menyerupai kubah dan bagian ini merupakan pengumpul gas yang tidak bergerak.

#### 2. Reaktor tipe *floating drum*

Reaktor berikutnya yaitu tipe *floating* merupakan reaktor jenis terapung yang memiliki bagian digester sama dengan reaktor kubah perbedaannya terletak pada bagian penampung gas menggunakan peralatan bergerak dari drum. Drum ini dapat bergerak naik turun yang berfungsi untuk menyimpan gas hasil fermentasi dari digester. Biaya yang dibutuhkan untuk material konstruksi dari drum lebih mahal.

### 3. Reaktor balon

Reaktor balon merupakan reaktor yang banyak digunakan pada skala rumah tangga. Menggunakan bahan plastik sehingga lebih efisien dalam penanganan dan perubahan tempat biogas. Reaktor ini terdiri dari satu bagian yang berfungsi sebagai digester sekaligus penyimpan gas yang masing-masing bercampur dalam satu ruangan tanpa sekat. Material organik terletak di bagian bawah karena memiliki berat yang lebih besar dibandingkan gas yang akan mengisi pada rongga atas. Kelemahan reaktor ini adalah mudah bocor, tetapi kelebihanannya adalah harganya lebih murah.

### 4. Reaktor *fiberglass*

Reaktor bahan *fiberglass* merupakan jenis yang banyak juga digunakan pada rumah tangga dan industri dengan berbahan *fiberglass* sehingga lebih efisien dalam penanganannya dan perubahan tempat biogas. Reaktor ini terdiri dari satu bagian yang berfungsi sebagai digester sekaligus penyimpan gas yang masing-masing bercampur dalam satu ruangan tanpa sekat. Jika terjadi kebocoran mudah diperbaiki atau dibentuk kembali seperti semula.

## **D. Bio-Slurry**

Buangan dari sebuah instalasi biogas yang biasa disebut sebagai bio-slurry dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik. Bio-Slurry mengandung bahan organik makro dan mikro yang sangat diperlukan oleh tanaman. Terlebih lagi jika bahan umpan biogas yang digunakan lebih bervariasi, misalnya kotoran sapi (sumber utama), kotoran manusia, sampah organik rumah tangga, kotoran ternak

lain (ayam, bebek, kambing), sampah organik lain dari sawah atau kebun, limbah rumah potong hewan dan limbah pelelangan ikan (Tim Biru, 2013)

Bio-slurry merupakan pupuk organik yang sangat kaya akan unsur-unsur yang dibutuhkan oleh tanaman. Bahkan, unsur-unsur tertentu seperti protein, selulose, lignin, dan lain-lain tidak bisa digantikan oleh pupuk kimia. Bahan organik makro yang terkandung ialah nitrogen (N), kalium (K), fosfor (P) dan lainnya, sedangkan bahan mikro yang terkandung adalah magnesium (Mg), kalsium (Ca), asam amino dan lainnya. Komposisi pupuk yang dihasilkan bergantung pada keberbagaian jenis bahan umpan biogas.

Setelah keluar dari lubang outlet, bio-slurry berwujud semi solid (padat), berwarna coklat terang atau hijau dan cenderung gelap, sedikit atau tidak mengeluarkan gelembung gas, tidak berbau dan tidak mengandung serangga. Apabila sudah berbentuk padat, warna bio-slurry berubah coklat gelap. Bio-slurry padat bertekstur lengket, liat, dan tidak mengkilat, berbentuk tidak seragam dan memiliki kemampuan mengikat air yang baik.

Pupuk yang didapat dari bio-slurry dapat berupa pupuk organik cair dan pupuk kompos organik padat. Pembuatan pupuk dari bio-slurry sangat mudah yaitu hanya dengan memisahkan antara padatan dan cairan dari bio-slurry. Padatan bio-slurry kemudian dijemur dan atau di angin-anginkan hingga kering untuk mendapatkan pupuk padat. Sedangkan untuk menghasilkan pupuk cair, cairan slurry dikontakkan dengan udara menggunakan pompa udara seperti yang digunakan dalam aquarium selama 24 jam untuk menghilangkan gas dan menstabilkan cairan.

Proses pemisahan cairan dengan padatan dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu:

1. Cara yang paling mudah adalah dengan pemerasan manual. Masukkan bio-slurry ke dalam karung goni, lalu karung diikat bagian atasnya. Kemudian karung tersebut dijak-injak untuk mengeluarkan cairannya.
2. Cara yang kedua adalah dengan membuat saringan dari kawat ram dengan ukuran 20 mesh. Mesh artinya jumlah lubang dalam panjang 1 inch, jadi 20 mesh berarti dalam panjang 1 inch terdapat 20 lubang. Kawat dibingkai dengan ukuran 1 x 2 meter. Saringan kawat diletakan pada tempat lubang overflow bio-slurry. Bio-slurry yang keluar dari bak fermentasi biogas diratakan di atas permukaan saringan dan ditekan-tekan hingga airnya keluar. Cairan ditampung dibagian bawah saringan menggunakan plastik yang dibingkai dan diberi lubang di tengahnya.
3. Cara yang ketiga adalah dengan menggunakan alat yang disebut dengan belt press. Alat ini terdiri dari beberapa roller dan belt yang berfungsi untuk menekan bio-slurry yang keluar dari bak fermentasi sehingga padatan dan cairannya terpisah. Alat ini cocok untuk produksi dengan skala tinggi.