

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini energi merupakan persoalan yang krusial di berbagai belahan dunia. Peningkatan permintaan energi yang disebabkan oleh pertumbuhan populasi penduduk, menipisnya sumber cadangan minyak serta permasalahan emisi dari bahan bakar fosil yang terus mencemari langit di bumi tercinta ini. Selain itu, meningkatnya harga minyak dunia per barel juga menjadi alasan yang serius yang telah menimpa banyak negara di dunia terutama Indonesia. Ini disebabkan oleh permintaan kebutuhan Bahan Bakar Minyak (BBM) di Indonesia baik itu untuk keperluan industri, transportasi dan rumah tangga dari tahun ketahun semakin meningkat.

Untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak pemerintah telah menerbitkan untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak. Kebijakan tersebut menekankan pada sumber daya yang dapat diperbaharui sebagai alternative pengganti bahan bakar minyak. Salah satu sumber energi alternative adalah biogas. Biogas dapat berasal dari berbagai macam limbah organik maupun dari kotoran hewan, salah satunya adalah kotoran kuda. Pada kotoran kuda terdapat substrat yang mengandung bakteri untuk pembentukan metan yang juga terdapat pada hewan – hewan ruminansia (hewan yang memiliki perut ganda atau rumen) seperti kerbau, sapi, rusa, domban dan hewan lainnya. Pada kotoran kuda ini mempunyai kandungan nitrogen dan karbon yang lebih tinggi daripada kandungan nitrogen dan karbon yang dimiliki oleh kotoran sapi (Sastramihardja dan Suriawiria,1980). Nitrogen dan karbon inilah yang akan menjadi makanan bakteri – bakteri sehingga bakteri tersebut dapat berkembang biak.

Pada proses fermentasi untuk menghasilkan biogas pada digester anaerob, faktor yang paling penting adalah temperatur yang digunakan untuk memanaskan digester. Tinggi temperatur yang digunakan akan mempengaruhi jenis bakteri yang akan terbentuk pada digester tersebut. Berdasarkan temperatur yang digunakan, terdapat tiga golongan kondisi yang memungkinkan bakteri untuk

hidup yaitu Kondisi Psycrophilic dimana bakteri akan hidup pada temperatur (5-20°C), Kondisi Mesophilic dimana bakteri akan hidup pada temperatur (20-40°C), dan Kondisi Thermophilic dimana bakteri akan yang hidup pada temperatur (50-60°C). Keunggulan bakteri yang hidup pada suhu thermophilic dibandingkan dengan dua jenis yang lainnya adalah bakteri ini mempunyai waktu fermentasi yang lebih cepat daripada dua bakteri yang lainnya yaitu sekitar 12 – 14 hari dan memiliki kandungan methane yang lebih tinggi (Monnet, 2003).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang akan diambil adalah : bagaimana pengaruh perbandingan kotoran kuda dengan air pada thermophilic digester terhadap komposisi biogas

1.3 Batasan Masalah

Untuk membahas permasalahan di atas supaya lebih terarah, maka dilakukan batasan-batasan masalah yaitu :

1. Bahan yang digunakan sebagai substrat adalah kotoran kuda
2. Perbandingan komposisi kotoran kuda dengan air yang digunakan adalah 1:1, 1:2, 1:3.
3. Temperature *Thermophilic* yang digunakan adalah 55°C
4. Digester yang digunakan merupakan tipe *batch* atau satu kali pengisian substrat hingga akhir proses produksi biogas.
5. Starter EM4 dicampurkan ke dalam substrat kotoran sebanyak 15mL untuk setiap perbandingan

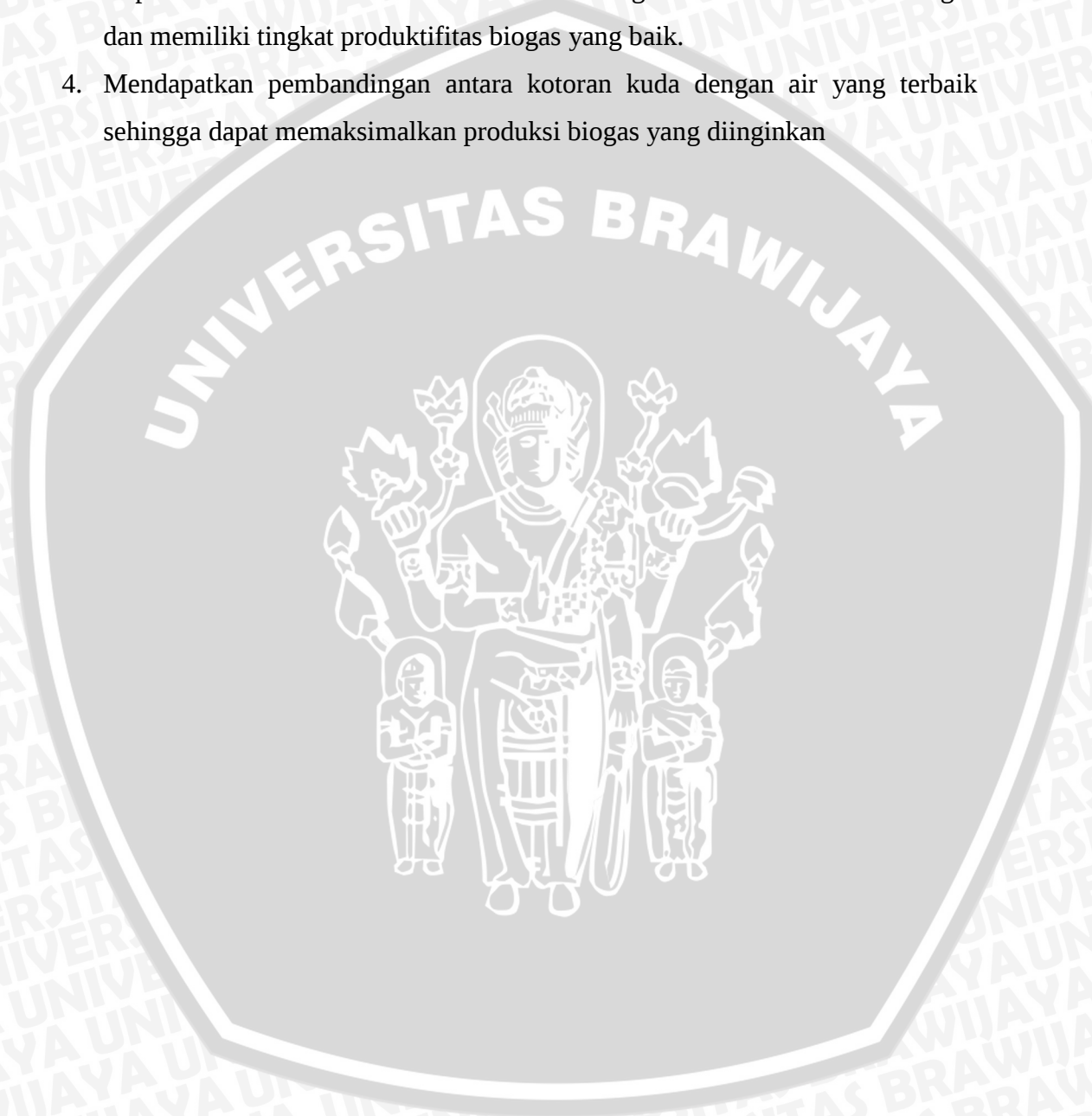
1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perbandingan kotoran kuda dengan air pada thermophilic digester terhadap komposisi biogas.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Agar mahasiswa dapat mengetahui dan memahami proses fermentasi biogas yang lebih efektif dalam meningkatkan produksi biogas.
2. Sebagai tambahan alternatif kepada masyarakat khususnya para peternak kuda dalam usaha pembuatan biogas.
3. Dapat memberikan kontribusi untuk merancang dan membuat reactor biogas dan memiliki tingkat produktifitas biogas yang baik.
4. Mendapatkan perbandingan antara kotoran kuda dengan air yang terbaik sehingga dapat memaksimalkan produksi biogas yang diinginkan



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Miah dkk (2005), melakukan penelitian pencampuran lumpur selokan, campuran lumpur dengan benih *aerobic thermophilic*, dan lumpur *aerobic thermophilic* pada kondisi thermophilic 55°C dengan waktu tinggal fermentasi 45 hari. Hasil penelitian menunjukkan hasil produksi biogas rata – rata yang didapatkan menempatkan lumpur *aerobic thermophilic* pada tingkat teratas dengan biogas yang dihasilkan mencapai 136 ml/reactor. Selanjutnya produksi biogas tertinggi kedua campuran lumpur dengan benih *aerobic thermophilic* dan selanjutnya lumpur selokan.

Penelitian mengenai substrat yang akan dipakai juga pernah diteliti oleh Osegueda (2005) yang telah melakukan penelitian biogas dengan proses anaerob menggunakan bahan biomasa berupa kotoran kuda, kotoran sapi dan ekstrak nanas dengan telur ayam. Dari hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa campuran kotoran kuda dan sapi menghasilkan produksi gas yang paling tinggi dibandingkan dengan produksi dari campuran kotoran sapi dengan ekstrak nanas dicampur telur ayam. Pada awal fermentasi produksi biogas dari campuran nanas dan telur ayam mengalahkan produksi biogas dari kotoran kuda, namun hasil akhir dari percobaan menunjukan bahwa campuran kotoran kuda dapat menghasilkan volume biogas paling tinggi.

Selain substrat yang akan dipakai, perbandingan antara substrat dengan air yang akan dipakai juga harus diperhatikan, Triyatno (2010) telah melakukan penelitian biogas dengan perbandingan kandungan air dengan kotoran sapi terhadap produktivitas biogas. Dari hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa produktivitas gas maksimal yang dihasilkan pada perbandingan kandungan air dengan kotoran sapi perah 1:1,26. untuk perbandingan 1:1,3 menghasilkan produktivitas gas sebesar 0,033465 Kg/m³/jam. Sedangkan kecepatan produksi oleh bakteri untuk melakukan proses pembentukan biogas pada perbandingan 1:1,3 lebih cepat daripada perbandingan 1:1,1; 1:1,2; dan 1:1,4.

Setelah perbandingan substrat dengan air, telah dilakukan juga penelitian dengan perbandingan campuran dengan substrat yang berbeda oleh Yusuf, et.al (2011) yang telah melakukan penelitian tentang pengaruh perbandingan substrat kotoran sapi dan kuda terhadap produktivitas biogas pada digester anaerob, perbandingan – perbandingan yang digunakan pada penelitian ini adalah perbandingan kotoran sapi dengan kuda, perbandingan itu adalah ;

- 100% kotoran kuda .
- 75% kotoran kuda : 25% kotoran sapi.
- 50% kotoran kuda : 50% kotoran sapi .
- 25% kotoran kuda : 75% kotoran sapi.
- dan 100% kotoran sapi.

Temperatur yang digunakan untuk pemanasan digester yaitu pada temperatur antara 28° - 33°C. Dari hasil penelitian didapatkan hasil bahwa produksi biogas tertinggi yang dapat dihasilkan dari perbandingan campuran;

- 75% kotoran kuda : 25% kotoran sapi .
- 100% kotoran kuda .
- 50% kotoran kuda : 50% kotoran sapi.

Hasil perbandingan tersebut juga berpengaruh terhadap pencapaian waktu fermentasi, dimana waktu tercepat untuk menghasilkan biogas diperoleh oleh perbandingan campuran (75% kotoran kuda : 25% kotoran sapi).

2.2 Biogas

Biogas adalah bahan bakar gas dan bahan bakar yang dapat diperbaharui (*renewable fuel*) yang dihasilkan oleh aktivitas anaerobik atau fermentasi dari bahan-bahan organik termasuk diantaranya : kotoran manusia dan hewan, limbah domestik (rumah tangga), sampah *biodegradable* atau setiap limbah organik yang *biodegradable* dalam kondisi anaerobik. Metanogen (penghasil bakteri metana) adalah proses terakhir dalam rantai mikro-organisme yang lebih rendah dekomposisi bahan organik dan kembali produk ke lingkungan. Dalam proses ini dihasilkan biogas, sumber energi terbarukan.

Teknologi biogas bukanlah teknologi baru. Teknologi ini telah banyak dimanfaatkan oleh petani peternak di berbagai negara, diantaranya India, Cina, bahkan Denmark. Teknologi biogas sederhana yang dikembangkan di Indonesia berfokus pada aplikasi skala kecil/menengah yang dapat dimanfaatkan masyarakat pertanian yang memiliki ternak sapi 2 – 20 ekor. Untuk menghasilkan biogas, dibutuhkan pembangkit biogas yang disebut biodigester. Proses penguraian yang terjadi pada material organik pada digester dilakukan secara anaerob (tanpa oksigen).

2.2.1 Komposisi Biogas

Biogas merupakan perkumpulan dari berbagai macam gas yang terbentuk akibat proses fermentasi yang telah dilakukan bakteri. Komponen biogas yang paling penting dan yang paling dicari adalah metana (CH_4), komposisi biogas ditunjukkan pada (Tabel 2.1). Metana (CH_4) dalam biogas bila terbakar akan relatif lebih bersih daripada batu bara dan menghasilkan energi yang lebih besar dengan emisi karbon dioksida yang lebih sedikit. Kandungan biogas tergantung dari beberapa faktor seperti komposisi limbah yang dipakai sebagai bahan baku, bahan organik dari digester, dan temperatur dari penguraian anaerob.

Tabel 2.1. Komposisi Biogas dan Kandungan (%)

Jenis Gas	Kandungan (%)
Metana (CH_4)	50 – 75 %
Karbon dioksida (CO_2)	25 – 45 %
Nitrogen (N_2) & Oksigen (O_2)	0 – 2 %
Hidrogen (H_2)	0 – 1 %
Hidrogen sulfida (H_2S)	0 – 2 %

Sumber : Seadi (2008)

Biogas memiliki berat jenis yang lebih tinggi dibandingkan dengan udara , serta dapat mencair pada temperatur (-164°C), ditunjukkan pada (Tabel 2.2).

Tabel 2.2. Sifat fisik dan kimia dari gas metan

BESARAN	HARGA BESARAN
Formula	CH ₄
Titik didih	161,49 °C
Titik Cair	- 164 °C
Tekanan Kritis	673 psi (47,363 kg/cm)
Temperatur Kritis	- 82,5 °C
Berat jenis (60% CH ₄)	1,2 kg/m ³
Titik nyala	650 °C
Stoichiometric udara/bahan bakar (kg/kg)	10,2 : 1

Sumber : Mitzlaff (1988)

Komposisi metana, karbondioksida, dan kandungan air di dalam gas merupakan faktor yang penting dalam jumlah nilai kalor yang dihasilkan oleh biogas. Pada biogas dengan kisaran normal yaitu terbentuknya 60% metana, biogas memiliki nilai kalori 18000 (kJ/kg) pada (Tabel 3).

Tabel 2.3. Perbandingan Nilai Kalor Biogas

Jenis Gas	Nilai Kalor (kJ/kg)
Metana	50000
LPG	46000
Propane	46300
Butane	45600
Gas Natural	57500
Biogas (60% CH ₄)	18000

Sumber: Mitzlaff (1988)

2.3 Bahan Baku Biogas (Feses Kuda)

Kotoran hewan merupakan bahan pembuat gas bio yang biasa dipilih dikarenakan ketersediaannya yang sangat dan sangat mudah untuk ditemukan. Bahan baku ini memiliki banyak nutrisi yang tersisa setelah pencernaan, mudah diencerkan dan kotoran hewan relatif dapat diproses secara biologi, karena masih mengandung zat – zat dan nutrisi yang berasal dari makanan hewan tersebut dan hasil pencernaan pada hewan tersebut. Zat – zat dan nutrisi ini dapat membantu perkembangbiakan bakteri – bakteri yang diperlukan dalam biogas.

Pencernaan kuda memiliki karakteristik yang berbeda dibandingkan dengan pencernaan sapi. Perbedaan yang paling terlihat adalah pencernaan makanan pada sapi proses pembusukan terjadi pada lambung dan pada sekum, sedangkan pada pencernaan kuda proses pembusukan hanya terjadi di sekum saja. Kuda tidak mempunyai struktur lambung seperti pada sapi untuk fermentasi selulosa. Proses fermentasi dilakukan oleh bakteri pada **sekum** (semacam appendix yang membesar) yang banyak mengandung bakteri. Proses fermentasi pada sekum tidak seefektif fermentasi yang terjadi di lambung sapi. Akibatnya kotoran kuda lebih kasar karena proses pencernaan selulosa hanya terjadi satu kali, yakni pada sekum

Pada kotoran kuda ini terdapat kandungan hemiselulosa dan selulosa yang berperan penting dalam pembentukan biogas. Jika kandungan hemiselulosa dan selulosa semakin besar maka reaksi biokimia yang akan menghasilkan biogas akan besar pula. Hemiselulosa dan selulosa ini terjadi akibat penguraian senyawa organik pada pencernaan hewan, bahan – bahan yang diuraikan dapat berbentuk karbohidrat, lemak, dan protein. Pada saat produksi biogas dimulai, hemiselulosa, selulosa, dan lignin akan diubah oleh bakteri menjadi asam amino yang bereaksi dengan biokatalis (enzim) yang dihasilkan oleh bakteri metan. kandungan hemiselulosa, selulosa dan lignin pada kotoran kuda ditunjukkan pada (Tabel 2.4).

Tabel 2.4. Perbandingan kandungan feses kuda dan sapi

Feses	Hemiselulosa	Selulosa	Lignin	Nitrogen	Fosfat	Kalium	C/N
Kuda	23,5%	27,5%	14,2%	2,29%	1,25%	1,38%	25%
Sapi	18,6%	25%	20,2%	1,67%	1,11%	0,56%	18%

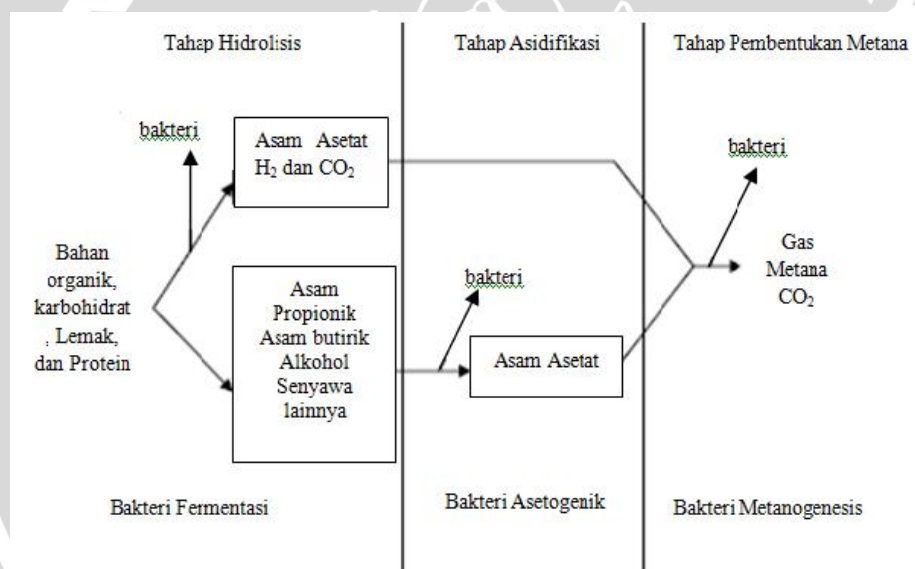
Sumber : (Sihotang, 2010 dan Sastramihardja, et.al,1980).

Pada dasarnya,sel mikroorganisme pada kotoran kuda yang berperan dalam pembentukan biogas membutuhkan makanan untuk perkembangbiakannya. Makanan untuk mikroorganisme ini dapat berupa carbon atau nitrogen yang beda pada kotoran kuda itu sendiri. C/N ratio menunjukkan perbandingan jumlah dari kedua elemen tersebut yaitu carbon dan nitrogen. C/N ratio dengan nilai 25 ($C/N = 25/1$ atau karbon 25 kali dari jumlah nitrogen) akan menciptakan proses pencernaan pada tingkat yang optimum (Wulandarai, 2006). Disini terjadi

perbandingan, jika jumlah karbon yang terdapat pada kotoran terlalu banyak maka nitrogen akan habis terlebih dahulu dalam proses perkembangbiakan. Hal ini akan menyebabkan proses berjalan dengan lambat. Bila nitrogen terlalu banyak (CN ratio rendah; misalnya 30/15), maka karbon habis lebih dulu dan proses fermentasi berhenti. Dengan table diatas maka dapat diketahui kotoran kuda mempunyai kandungan C/N ratio 25% lebih tinggi daripada C/N ratio kotoran sapi yang mempunyai nilai C/N ratio 18%, ditunjukkan pada (Tabel 2.4). Selain itu kotoran kuda juga mempunyai kadar nitrogen (N) sebesar 2,8%, lebih tinggi daripada kadar N dalam kotoran sapi.

2.4 Proses Pembentukan Biogas

Secara garis besar proses pembentukan biogas dapat dibagi menjadi tiga tahap yaitu : Hidrolisi, Asidifikasi (Pengasaman), dan pembentukan gas metana:



Gambar 2.1 : Proses pembentukan biogas (Sufyandi, 2001)

Penjelasan pada tahap – tahap proses pembentukan biogas seperti pada gambar 2.1 ;

2.4.1 Hidrolisis

Pada tahap Hidrolisis ini bahan – bahan organik, karbohidrat, lemak, dan protein akan mengalami proses enzimatik yaitu pemutusan senyawa rantai panjang karbohidrat komplek, protein, dan lipida menjadi senyawa yang memiliki rantai yag lebih pendek. Mikroorganisme melakukan proses

enzimatik dengan enzim ekstraseluler yaitu berupa (selulose, amilase, protease, dan lipase). Salah satu contoh proses enzimatik adalah pada saat polisakarida yang merupakan senyawa rantai panjang diubah menjadi monosakarida yang memiliki rantai yang lebih pendek. Selulosa merupakan salah satu jenis senyawa polisakarida yang pada tahap proses ini mengalami perubahan menjadi glukosa (Price dan Cheremisinoff, 1981).

2.4.2 Asidifikasi

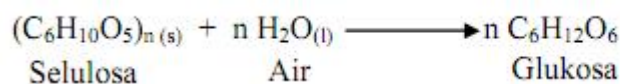
Pada tahap asidifikasi, bakteri anaerob berperan penting dalam mengubah senyawa rantai pendek hasil proses pada tahap hidrolisis menjadi asam asetat, hidrogen (H_2), dan karbondioksida dengan asam yang dikeluarkan oleh bakteri tersebut. Bakteri anaerob sendiri merupakan bakteri yang dapat tumbuh dan berkembang dalam keadaan lingkungan asam. Bakteri ini memerlukan oksigen dan karbon yang didapatkan dari oksigen yang terdapat dalam hasil reaksi sebelumnya untuk dapat mengubah senyawa rantai pendek ini menjadi asam asetat. Selain asam asetat yang berperan dalam proses selanjutnya, bakteri anaerob juga akan mengubah senyawa bermolekul rendah menjadi alkohol, karbondioksida, dan gas metana.

2.4.3 Pembentukan Gas Metana

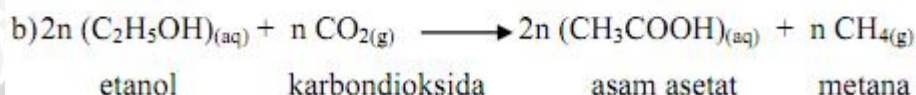
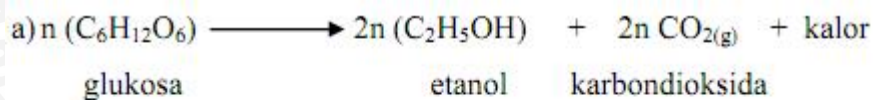
Pada proses ini hidrogen, CO_2 , dan asam asetat yang telah dihasilkan pada proses – proses sebelumnya akan digunakan dalam pembentukan metana dan CO_2 . Bakteri yang bekerja pada tahap ini disebut bakteri metanogenik. Bakteri ini akan mendekomposisikan senyawa dengan berat molekul rendah menjadi senyawa dengan berat molekul tinggi. Bakteri metanogenik akan bekerja secara simbiosis dengan bakteri anaerob. Dengan melihat prosesnya, bakteri anaerob akan membentuk lingkungan dengan keadaan atmosfer yang ideal untuk bakteri metanogenik untuk dapat bertahan hidup sedangkan bakteri metanogenik akan menggunakan asam yang dikeluarkan bakteri anaerob untuk pembentukan biogas.

Berikut adalah proses kimia yang didapatkan dari masing – masing proses pembentukan biogas yang terjadi (Price dan Cheremisinoff, 1981).

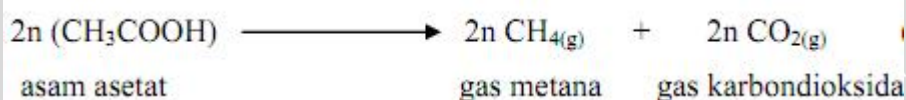
- Tahap hidrolisis



- Tahap asidifikasi



- Tahap metanogenesis



2.5 Jenis – jenis Digester Anaerob

Digester Anaerob yang dikategorikan berdasarkan aliran pengisian substrat bahan pembentuk biogas, yaitu tipe *bak/batch* (sekali isi substrat hingga selesai proses) dan tipe *bak / batch* (sekali isi subtract hingga selesai proses) dan tipe kontinyu (substrat diisi kedalam reactor secara kontinyu hingga akhir proses) (Eliyan, 2007).

Digester anaerob yang dikategorikan berdasarkan jumlah reactor pada suatu system digester anaerob, yaitu reactor phase tunggal (*single stage*) dan multi phase (*multi stage*). Perbedaan antara reactor single stage dengan multi stage terletak pada tempat terjadinya proses degradasi anaerob (hidrolisis, asetogenesis dan metanogenesis). Pada reactor single stage proses degeredasi terjadi pada satu reactor sedangkan pada multi stage proses terjadi pada reactor yang terpisah.

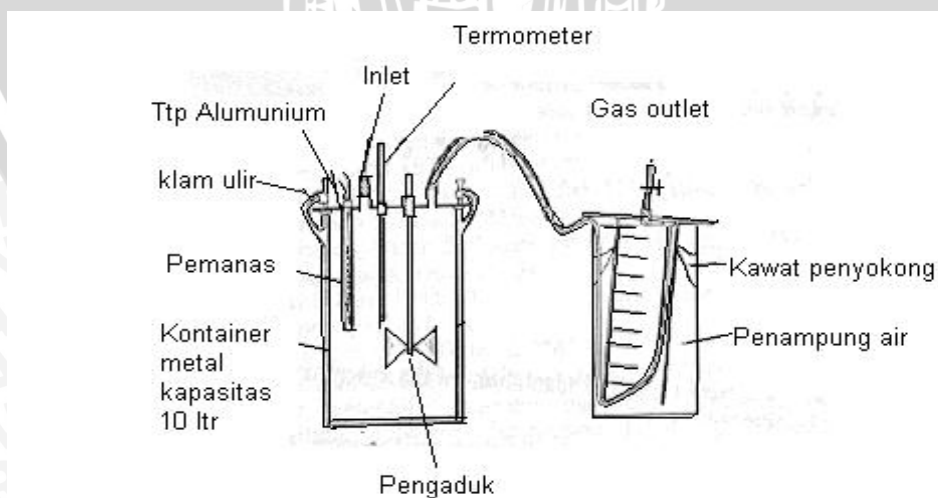
Digester anerob yang diklasifikasikan berdasarkan isi padatan dari substrat dalam reaktor / *total solids* (TS) yaitu substrat basah apabila padatan berkisar antara 15% -20% serta substrat kering padatan berkisar dari 22% hingga 40% .

2.5.1 Digester Berdasarkan Aliran Pengisian Substrat

1. Bak (*batch*)

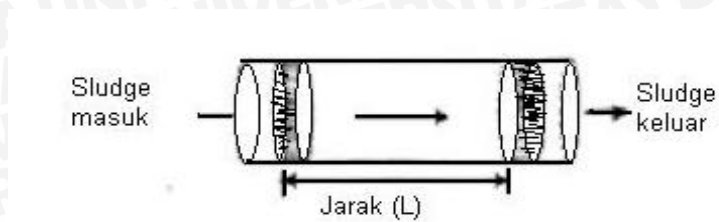
Pada tipe batch ini bahan organik akan dimasukkan ke dalam tangki penampungan yang akan dihangatkan dan dipertahankan pada suhu tertentu. Bahan organik ini akan didiamkan selama kurang lebih 2- 4 bulan tergantung bahan yang telah dimasukkan ke dalam tangki penyimpanan. Biasanya digester tipe ini ditambahkan pengaduk agar gas – gas yang tertimbun di dalam sludge dapat terlepas dan memaksimalkan penghasilan gas metan yang terbentuk. Bahan yang akan dimasukkan ke dalam digester sudah harus memiliki komposisi yang tepat karena digester ini tidak dapat dilakukan pengisian tambahan. Dikhawatirkan apabila dilakukan penambahan bahan maka gas metan yang telah terbentuk akan terbuang keluar pada saat proses penambahan.

Tipe *Batch* merupakan tipe digester yang sering digunakan pada penelitian – penelitian sekolah atau laboratorium. Dikarenakan proses pembuatan yang mudah, proses penggunaan digester ini tidak perlu memerlukan perhatian yang lebih karena setelah dinyalaakan digster ini akan didiamkan dan proses akan berlangsung secara otomatis. Satu – satunya yang harus dilakukan adalah melakukan pengadukan pada dbahan organik di dalam digester



Gambar 2.2. Digester tipe *batch* (Meynell,1976)

2. Mengalir (*continuous*)



Gambar 2.3 : Digester tipe aliran bersambung (Meynell, 1976)

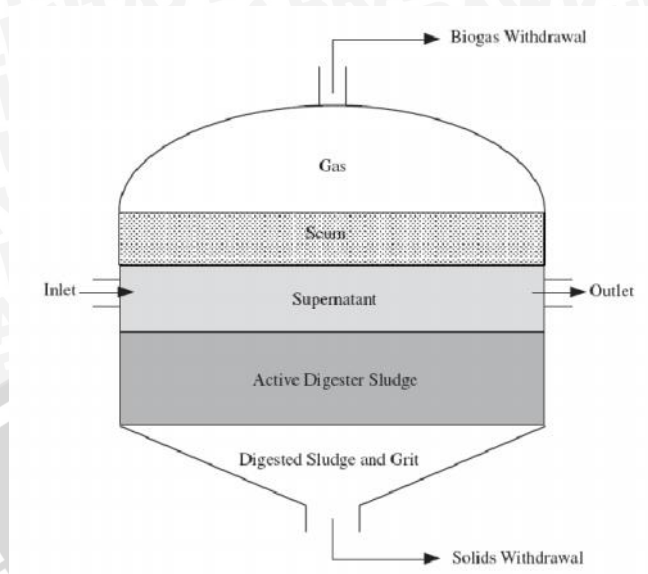
Pada tipe aliran kontinyu (Gambar 2.3) bahan dimasukkan ke dalam digester secara teratur pada sludge masuk dan setelah beberapa hari bahan organik akan keluar pada sludge keluar. Tipe ini mengatasi masalah pada proses pemasukan dan pengosongan pada tipe *batch*.

2.5.2 Digester Berdasarkan Jumlah Reaktor Pada Suatu Sistem

Pada digester ini dapat dibedakan menjadi :

1. Langkah Tunggal (*Single Stage*)

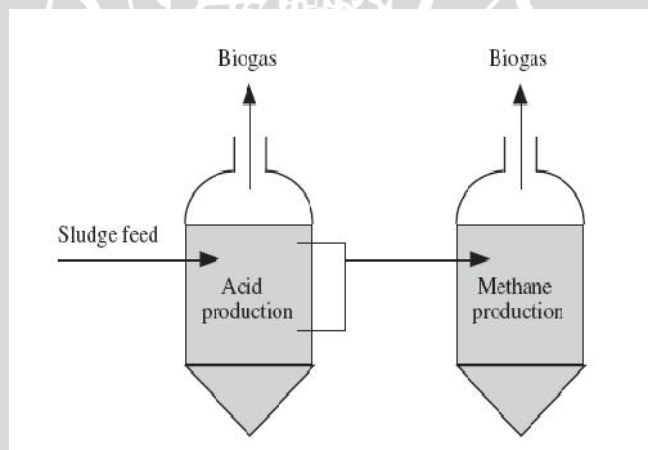
Pada digester ini seluruh proses degradasi anaerob terjadi pada satu bejana reaktor. Semua proses fermentasi terjadi dalam satu bejana reaktor digester langkah tunggal lebih mudah daripada digester dua-tahap (Gambar 2.4). Hal ini karena adanya kegiatan simultan dari dua kelompok bakteri, asam bakteri pembentuk metana dan bakteri pembentuk. Karena bakteri pembentuk asam tumbuh lebih cepat daripada bakteri pembentuk metana dan lebih toleran terhadap fluktuasi dalam kondisi operasional, ketidakseimbangan antara laju produksi asam dan tingkat produksi metan sering terjadi. Ketidakseimbangan ini dapat menyebabkan penurunan pH yang menyebabkan kegagalan digester.



Gambar 2.4 : Digester tipe Langkah Tunggal (Gerardi,2003)

2. Langkah Multi (*Multi Stage*)

Proses terdiri dari beberapa reaktor, asam organik membentuk tahap proses pencernaan anaerob (acetogenesis) dipisahkan dari metana membentuk tahap metanogenesis (Gambar 2.5).



Gambar 2.5 : Digester Multi Langkah (Gerardi,2003)

Proses pada dua tahap dapat meningkatkan efisiensi produksi biogas, karena pada masing-masing tahap kedua mikroorganisme pada masing-masing tahap berbeda kebutuhan unsur haranya, serta laju pertumbuhan dan kemampuan untuk mengatasi faktor penghambat yang diakibatkan oleh kondisi operasi digester berbeda tiap tahap. Beberapa sistem juga

menggunakan digester multi langkah pada tahap awal untuk menaikkan temperatur dan meningkatkan degradasi bahan organik. (Eliyan,2007).

2.5.3 Digester dengan Substrat Basah dan Kering

1. Basah

Bahan baku substrat merupakan 10-15% padatan kering dan campuran air yang lebih banyak, sehingga diperlukan volume reaktor yang lebih besar.

2. Kering

Bahan baku substrat merupakan 20-40% padatan kering dan campuran air yang sedikit, sehingga volume reaktor yang lebih kecil, namun memerlukan komponen tambahan lain yaitu pompa untuk mengalirkan substrat .

2.6 Faktor – faktor Yang Mempengaruhi Pembentukan Biogas

Pembentukan biogas sangat berpengaruh terhadap lingkungan sekitar dan perlakuan yang diberikan kepada kotoran itu sendiri. Faktor – faktor yang mempengaruhi proses anaerob antara lain :

2.6.1 Temperatur

Temperatur akan sangat berpengaruh terhadap jenis bakteri yang akan membentuk biogas. Setiap variasi temperatur tertentu akan membentuk jenis bakteri yang berbeda pula. Salah satu rentan temperatur yang digunakan adalah 50 - 60°C. Pada temperatur 50 °C hingga 60 °C ini akan terbentuk bakteri pada kondisi *Thermophilic* yang nantinya akan berperan dalam pembentukan biogas. Jumlah total dari gas yang diproduksi pada jumlah bahan yang tetap, meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur (Gerardi, 2002). Selain *thermophilic* terdapat beberapa jenis bakteri yang terbentuk tergantung pada temperatur yang digunakan.

Tabel 2.5. Temperatur kerja dan jenis bakteri

Jenis Bakteri	Kisaran Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)
Psicrophilic	0 – 20
Mesophilic	20 – 40
Thermophilic	40 – 60
Hyperthermophilic	> 65

Sumber: (Gerardi, 2002)

2.6.2 Rasio C/N

Rasio C/N ini berperan untuk proses anerob yang optimal jika adanya keseimbangan pada kadar yang diberikan. Rasio C/N menunjukkan perbandingan jumlah karbon dan nitrogen yang merupakan bahan makanan bakteri anaerob. C/N ratio dengan nilai 30 (C/N = 30/1 atau carbon 30 kali jumlah nitrogen) merupakan nilai kandungan yang optimum pada proses pencernaan yang terjadi. Nitrogen dan karbon ini akan digunakan mikroorganisme untuk proses asimilasi. Penambahan bahan yang mengandung karbon (C) seperti jerami, atau yang mengandung nitrogen (N) seperti urea dapat dilakukan untuk mencapai rasio C/N ini. Bila terlalu banyak karbon yang terkandung, kandungan nitrogen akan habis terlebih dahulu dan menyebabkan proses berjalan dengan lambat. Konsentrasi nitrogen yang baik adalah berkisar 250 – 1500 mg/L. Jika konsentrasi terlalu tinggi pada kisaran 1500 – 3000 mg/L proses asimilasi akan terhambat pada pH 7,4 sedang konsentrasi di atas 3000 mg/L akan bersifat toksik pada pH manapun.

2.6.3 Lama Proses / Waktu Tinggal

Pada saat bahan berada di dalam biodigester, bahan akan mengalami proses fermentasi. Proses fermentasi ini diperkirakan akan berlangsung selama beberapa hari sehingga bahan tersebut dapat mengeluarkan gas metana. Jika bahan yang digunakan adalah kotoran sapi maka diperkirakan diperlukan 20 – 30 hari dalam penampungan digester. Dalam pemasukan bahan apabila terlalu banyak volume bahan yang dimasukkan maka lama

pengisian akan menjadi terlalu singkat. Bahan akan terdorong keluar sedangkan gas masih diproduksi dalam jumlah yang cukup banyak (Fry, 1974).

Tabel 2.6 .Perkiraan waktu regenerasi kelompok bakteri pada proses didalam digester

Kelompok Bakteri	Fungsi	Perkiraan waktu
Bakteri aerob	Pembentukan dan degradasi serta pengaktifan sludge	15 - 30 menit
Bakteri anaerob	Degradasi,hydrolisis dan degradasi pada digester	15 - 30 menit
Bakteri nitrifikasi	Oksidasi NH_4 dan NO_2	2 - 3 hari
Bakteri pembentuk metan	Produksi gas metan	3 - 30 hari

Sumber: (Gerardi,2003)

2.6.4 Derajat Keasaman (pH)

Bakteri yang berada pada digester dapat berkembang baik dengan keadaan yang agak asam (pH antara 7,5 – 8,5) dan nilai pH ini tidak boleh di bawah 7,6 (Fry, 1973). Derajat keasaman ini memiliki efek terhadap aktivitas biologi dari perkembangbiakan bakteri metanorgenik. Apabila nilai pH lebih kecil atau lebih besar dari batas maka bahan tersebut akan mempunyai sifat toksin terhadap bakteri metanorgenik. Seperti pada pencernaan,pada saat karbon dioksida dan metana diproduksi maka pH akan meningkat hingga mencapai nilai 7. Ketika campuran menjadi berkurang tingkat keasamaannya maka fermentasi metana akan mengambil alih proses pencernaan sehingga nilai pH meningkat diatas netral hingga 7,5 – 8,5. Jika derajat keasaman telah mencapai nilai yang stabil maka dapat dilakukan penambahan sejumlah kecil bahan secara berkala dengan tetap mempertahankan nilai pH (pada digester aliran secara kontinyu). Nilai pH ini dapat dijaga dengan menggunakan digester pada temperature yang konstan dan input material yang sesuai.

2.6.5 Pengaruh Starter

Starter merupakan kumpulan bakteri metana yang dimasukkan ke dalam bahan untuk mempercepat proses fermentase anaerob di digester. Terdapat beberapa jenis starter yaitu :

- Starter Alami

Starter ini dapat didapat secara alamiah disekitar kita seperti lumpur aktif yang terdapat pada kolam ikan atau air comberan, dapat juga dari septic tank, timbunan kotoran, dan timbunan sampah organik

- Starter semi buatan

Starter ini dapat didapat dari fasilitas digester dalam stadium aktif

- Starter buatan

Starter yang didapatkan dari bakteri yang dibiakkan di dalam laborator dengan media buatan.

2.6.6 Pengadukan

Pengadukan dilakukan untuk mencampur campuran substrat antara kotoran, air, dengan starter sehingga mendapatkan campuran yang homogen dan merata. Campuran juga memberikan penyeragaman kondisi temperatur bahan yang akan dimasukkan dalam digester. Diharapkan juga substrat pada bahan dapat bercampur dengan methanogen dan tidak mengapung pada permukaan cairan.

2.6.7 Faktor – faktor Penghambat

Pada dasarnya amonia yang terkandung pada bahan merupakan sumber makanan bagi bakteri – bakteri untuk berkembang biak, tetapi apabila jumlah amonia ini melebihi konsentrasi yang diijinkan maka amonia itu sendiri dapat menghambat proses terbentuknya biogas. Pada saat itulah amonia dapat disebut sebagai faktor penghambat pembuatan biogas. Unsur – unsur yang sering tercampur ke dalam bahan yang dapat memperhambat pertumbuhan bakteri antara lain adalah, antibiotik (bacitracin, flavomycin, monesin, spiramicyn), deterjen, dan logam berat.

Tabel 2.7. Batas yang diijinkan dari ion anorganik pada tangki pencernaan

Jenis Zat Penghambat	Konsentrasi Yang Menghambat
Ammonia (NH ₃)	1500 – 3000 mg/l
Calcium (Ca)	2500 – 4500 mg/l
Chromium (Cr)	200 mg/l
Copper (Cu)	100 mg/l
Cyanide (CN ⁻)	< 25 mg/l
Magnesium (Mg)	1000 – 1500 mg/l
Nickel (Ni)	200 – 500 mg/l
Pottasium (K)	2500 – 4500 mg/l
Sodium (Na)	3500 – 5500 mg/l
Sodium Chloride (NaCl)	40.000 ppm
Kalsium (Ca)	2500 – 4500 mg/l

Sumber : (Sattler, 2009)

2.6.8 Kadar Air

Kadar air berpengaruh pada produktivitas biogas itu sendiri. Dengan kadar air yang semakin banyak maka produksi biogas yang dapat terjadi akan semakin banyak pula. Pada tahap pembentukan biogas, air dipakai oleh mikroba hidrolitik untuk mengurai senyawa – senyawa polimer yang memiliki rantai senyawa yang panjang menjadi senyawa monomer yang memiliki rantai yang pendek pada tahapan hidrolisis. Asam organik yang terbentuk pada tahap asetogenik memerlukan air untuk menjadi asam asetat yang dibentuk oleh bakteri asetogenik. Asam asetat inilah yang akan diubah menjadi gas metana pada tahap selanjutnya.

2.7 Kondisi *Thermophilic*

Bakteri yang hidup pada kondisi thermophilic merupakan kelompok organisme *ekstremofil* yang paling sering dipelajari. *Ekstremofil* merupakan organism yang pada umumnya mikroorganisme yang dapat hidup dan dapat bereproduksi pada

kondisi – kondisi ekstrim seperti suhu, pH, tekanan, konsentrasi garam, tekanan, dan senyawa toksik (Eichler, 2001). Dalam banyak kasus mikroorganisme ekstremofil tidak hanya beradaptasi terhadap kondisi ekstrim tetapi juga membutuhkan kondisi ini untuk bereproduksi (Madigan & Marrs, 1997).

Thermophilic merupakan mikroorganisme yang berkembang biak pada suhu antara 45 – 80°C dan salah satu mikroorganisme yang hidup dalam panas bumi. Bakteri ini dapat kita temui pada timbunan tumpukan sampah, kotoran hewan, dan sumber air panas. Beberapa contoh dari bakteri yang hidup pada kondisi thermophilic seperti, *chaetomium thermophile*, *humicola insolens*, *humicola lanuginosus*, *thermoascus aurantiacus*, (library.thinkquest.org, 2011). Pada kondisi *themophilic*, pertumbuhan yang dialami oleh bakteri dan proses degradasi menjadi lebih cepat. Hal ini disebabkan oleh pengaruh enzim yang merupakan katalisator protein yang mempercepat reaksi kimia dapat dipengaruhi oleh pengkondisian temperatur. Sejalan dengan peningkatan suhu maka makin meningkat pula aktivitas enzim (Pakpahan, 2009). Jumlah enzim yang berada di dalam sel berjumlah sangat sedikit tetapi mempunyai daya yang sangat besar pada proses biokimia. Pada reaksi enzimatik (reaksi yang membutuhkan enzim) terjadi ikatan sementara antara enzim dengan substratnya, kemudian ikatan ini akan pecah kembali menjadi hasil reaksi dan enzim. Enzim yang terlepas kembali bergabung lagi dengan substrat lain sehingga terjadi reaksi yang berulang-ulang sampai semua molekul substrat yang tersedia habis menjadi produk, sehingga enzim mempunyai mekanisme kerja efisiensi katalitik yang tinggi.

2.8 Persamaan Keadaan Gas Ideal

Persamaan ini merupakan penggabungan dari Hukum Boyle, Hukum Charles, dan Hukum Avogadro. Dengan penggabungan tersebut didapatkan hubungan yang lebih umum antara tekanan, volume, dan suhu dari gas dengan jumlah tertentu, yaitu PV berbanding lurus dengan T. Untuk rumus persamaan keadaan gas ideal seperti pada persamaan 2-2.

$$PV = nRT$$

$$n = \frac{P \times V}{R \times T}$$

dengan :

P = Tekanan (kPa)

V = Volume total suatu gas (L)

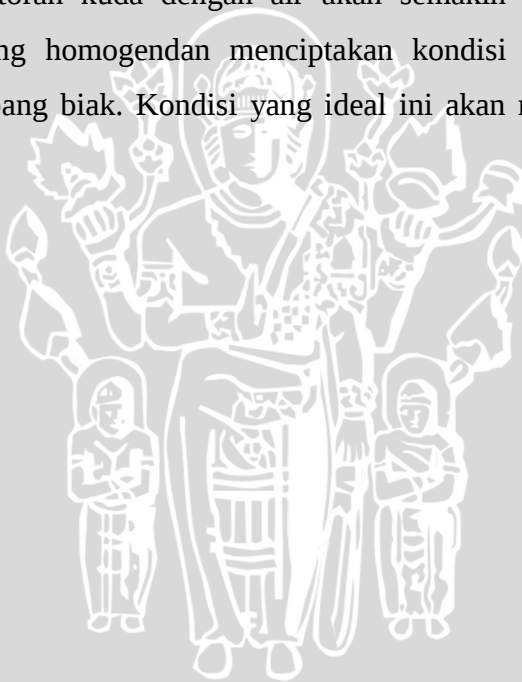
n = mol

R =Konstanta gas spesifik (kPa.L/mol.K)

T = Temperatur (°K)

2.9 Hipotesa

Hipotesa yang didapatkan pada penelitian ini adalah semakin besar perbandingan kotoran kuda dengan air pada kondisi digester *thermophilic* maka produksi biogas yang diproduksi juga akan semakin besar. Hal ini disebabkan oleh pencampuran kotoran kuda dengan air akan semakin optimal sehingga tercipta campuran yang homogen dan menciptakan kondisi yang ideal untuk bakteri untuk berkembang biak. Kondisi yang ideal ini akan menciptakan proses fermentasi optimal.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian ini akan menggunakan metode penelitian eksperimental (*experimental research*) yaitu melakukan pengamatan secara langsung untuk memperoleh data sebab akibat dalam sesuatu proses melalui eksperimen. Dalam hal ini adalah pengaruh perbandingan kotoran kuda dengan air pada kondisi thermophilic digester terhadap produksi biogas.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Lab Motor bakar Teknik Mesin Universitas Brawijaya sampai dengan Juni 2012. Pengambilan data meliputi proses produksi biogas, pengambilan sampel, pengujian kadar karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), dan Kelembaban Relatif (RH)

3.3 Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan oleh peneliti sebelum melakukan penelitian.

- Komposisi perbandingan kotoran kuda dengan air : 1:1, 1:2, 1:3
- Kotoran Kuda Basah dengan kadar air sebesar 70%

2. Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang nilainya ditentukan oleh peneliti sebelum melakukan penelitian dan dikondisikan tetap atau konstan.

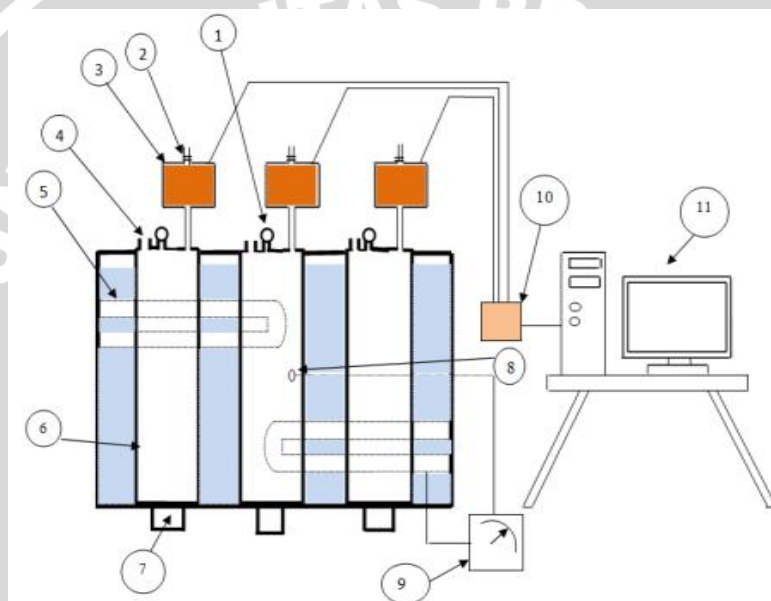
- Temperatur pemanasan digester : 55°C
- Volume digester 16 L
- Substrat yang digunakan adalah kotoran kuda
- Starter EM4 dicampurkan ke dalam substrat kotoran sebanyak 15mL untuk setiap perbandingan

3. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya tergantung dari variabel bebas dan diketahui setelah dilakukan penelitian.

- Tekanan gas
- Temperature gas
- Komposisi biogas
- Waktu tinggal optimum

3.4 Instalasi Penelitian



Gambar 3.1 : instalasi penelitian

Keterangan :

1. Termometer payung
2. Katup
3. Penampung gas
4. Saluran masuk
5. Heater
6. Tabung digester
7. Saluran buang
8. Thermocouple
9. Thermocontrol
10. Data akusisi

11. Komputer

3.5 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Digester Tipe Batch

Alat ini digunakan sebagai tempat tempat proses fermentasi bahan untuk memproduksi biogas.



Gambar 3.2 : Digester Tipe Batch

2. Portable Biogas Analyzer

Alat ini digunakan untuk pengujian kandungan CH_4 , dan CO_2 pada biogas.

Spesifikasi Gas *Detector* yaitu:

Merk	= Portable Biogas Analyzer
Type	= HSTZQ168
Tipe Sensor	= NDIR
Power Supply	= Lithium Battery DC 3.6V 1800mAh
Detection Range	= CH_4 : 0 ~ 100%
	CO_2 : 0 ~ 50%
	pH : 0.0 ~ 14.0
Buatan	= Shanghai



Gambar 3.3 *Portable Biogas Analyzer*

3. Kotak Plastik

Alat ini digunakan sebagai penampungan biogas yang telah diproduksi oleh digester.



Gambar 3.4 : Kotak Plastik

Sumber : Laboratorium Motor Bakar Teknik Mesin Universitas Brawijaya

4. Alat Ukur Data Akusisi

Alat ukur ini digunakan untuk memonitor tekanan dan temperature pada biogas yang terdapat pada Tupperware. Alat ini menggunakan sensor MPX5050GP dan LM35. Dalam satu detik sensor – sensor ini dapat membaca 30 data secara bersamaan. Alat akusisi akan membaca data pada kotak penampung gas setiap satu jamnya hingga akhir proses produksi selesai



Gambar 3.5 : Alat akusisi

5. Neraca Pegas

Alat ini digunakan untuk mengukur massa masing – masing air dan bahan yang digunakan sebelum dimasukkan ke dalam digester



Gambar 3.6 : Neraca Pegas

6. Ember Plastik Kecil

Alat ini digunakan untuk menampung air dan bahan yang akan ditimbang



Gambar 3.7 : Ember Plastik Kecil

7. Sarung tangan

Alat ini digunakan untuk melindungi tangan pada saat proses pengadukan bahan dengan air yang telah ditimbang,



Gambar 3.8 : Sarung tangan

8. Ember plastik besar

Alat ini digunakan pada saat pencampuran bahan dengan air pada proses pengadukan.



Gambar 3.9 : Ember Plastik Besar

9. Corong

Alat ini digunakan sebagai media untuk memasukkan substrat ke dalam digester



Gambar 3.10 : Corong

10. Termometer Bola Basah dan Bola Kering

Termometer ini nanti akan digunakan untuk mengukur kandungan H_2O yang terdapat pada biogas.



Gambar 3.11 : Termometer Bola Basah dan Bola Kering

11. Komputer

Alat ini digunakan untuk merekam data yang telah dibaca oleh alat akuisisi sehingga data tersebut dapat dianalisa kembali. Data tersebut akan direkam oleh software Delphi 7 yang nantinya akan menampung 30 data yang direkam oleh sensor dan merata – ratakan data tersebut menjadi 1 data setiap jamnya.



Gambar 3.12 : Komputer

3.6 Metode Pengambilan Data

Prosedur penelitian yang akan dilakukan meliputi :

1. Prosedur pembuatan biogas

- a. Untuk membuat biogas digunakan kotoran kuda sebagai bahan utama. Kotoran kuda yang digunakan memiliki kandungan air sebesar 70.02%.
 - b. Kotoran kuda dan air dicampurkan dengan perbandingan 1:1 (3,75 kg kotoran kuda : 3,75 kg air), 1:2 (3,75 kg kotoran kuda : 7,5 kg air), 1:3 (3,75 kg kotoran kuda : 11,25 kg air), kemudian aduk hingga rata.
 - c. Starter EM4 dicampurkan pada substrat kotoran yang akan dimasukkan kedalam digester sebanyak 5 tutup botol (15ml). Starter ini digunakan untuk mempercepat proses fermentasi pada substrat.
 - d. Campuran kotoran kuda dengan air dimasukkan sesuai berat/perbandingan ke dalam digester melalui saluran masuk.
 - e. Selanjutnya didiamkan selama beberapa hari, dengan posisi saluran masuk digester dan saluran keluar penampung gas tertutup. Tujuannya agar terjadi proses fermentasi bahan organik oleh mikroorganisme dalam kondisi anaerob.
 - f. Sistem yang digunakan dalam pembuatan biogas adalah sistem batch/curah, yaitu penggantian bahan dilakukan dengan mengeluarkan sisa bahan yang sudah dicerna dari tangki pencerna setelah produksi biogas berhenti, dan selanjutnya dilakukan pengisian bahan baku yang baru. Sistem ini terdiri dari dua komponen, yaitu tangki pencerna dan tangki penampung gas.
2. Tahap penelitian
 - a. Pada hari pertama dilakukan pengkondisian temperature digester pada suhu 55°C hingga akhir produksi.
 - b. Selanjutnya dilakukan monitoring tekanan dan temperatur gas untuk mengetahui produksi biogas yang dihasilkan setiap hari hingga akhir proses fermentasi. Data didapatkan dari pembacaan sensor pada alat data akusisi. Pada data akusisi terhubung dua sensor yaitu sensor tekanan dan sensor temperatur. Sensor ini berada pada kotak penampung gas yang nantinya akan membaca tekanan dan temperature pada gas. Masing – masing sensor akan membaca sebanyak 30 data setiap detikanya dan akan membaca data dari detik pertama alat

dihidupkan, membaca setiap jam hingga akhir proses produksi. Data setiap jamnya yang nantinya akan dirata-rata menjadi satu data. Data tersebut akan terekam dan diolah secara otomatis oleh software Delphi 7

c. Prosedur pengambilan data kadar CH_4 dan CO_2 pada biogas

- Pada pipa *Input Portable Biogas Analyzer* diberi selang yang akan disambungkan pada keran yang berada pada kotak penampung. Selang ini bertujuan untuk mencegah kebocoran gas yang dapat terjadi antara pipa *Input* dengan keran kotak penampung
- Keran kotak penampung gas dibuka secara perlahan dan pastikan celah selang antara keran dan Pipa *Input* sudah tertutup rapat sehingga tidak ada gas yang keluar, lalu didiamkan selama beberapa saat.
- Setelah itu dilakukan pengujian kadar CH_4 dan CO_2 dengan menggunakan *Portable Biogas Analyzer*.
- Data yang didapatkan dari hasil pengujian kadar CH_4 dan CO_2 kemudian ditampilkan dalam bentuk tabel pengujian komposisi biogas.
- Langkah yang sama dilakukan untuk pengujian gas CH_4 dan CO_2 pada setiap variasi perbandingan volume kotoran kuda dengan air.

d. Prosedur pengambilan data kadar RH pada biogas

- Pada keran kotak penampung gas dan plastik disambungkan dengan selang yang dapat mengalirkan gas dari kotak plastik menuju plastik.
- Keran kotak penampung gas dibuka secara perlahan dan pastikan celah selang antara keran dan plastik sudah tertutup rapat sehingga tidak ada gas yang keluar, lalu didiamkan selama beberapa saat.
- Setelah itu dilakukan pengujian kadar RH dengan menggunakan Temperatur bola basah dan bola kering
- Data yang didapatkan dari hasil pengujian kadar RH kemudian ditampilkan dalam bentuk tabel pengujian komposisi biogas.

- Ulangi langkah pengujian gas RH, untuk setiap variasi perbandingan volume kotoran kuda dengan air.

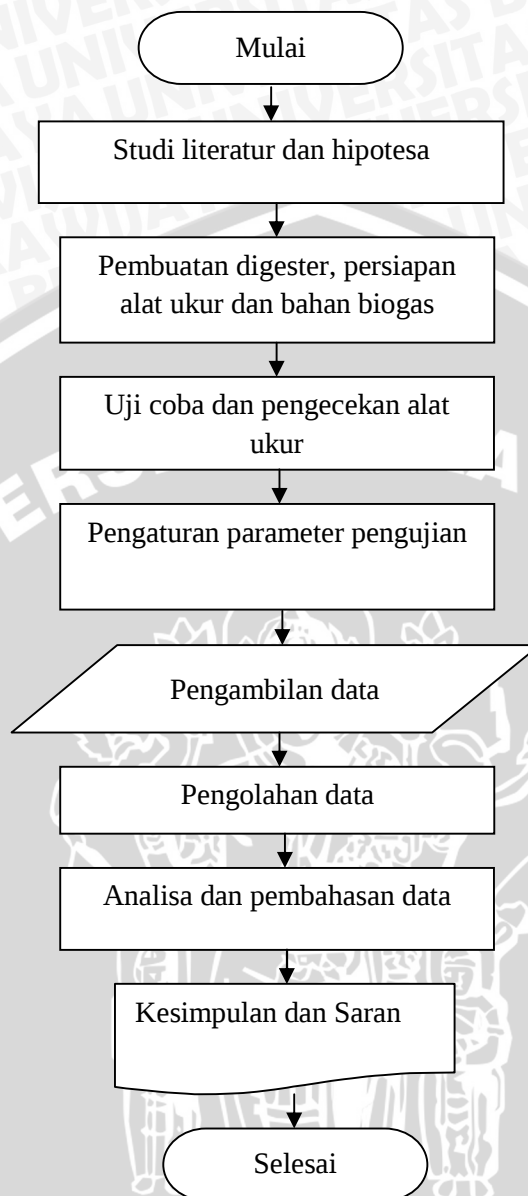
3. Tahap pengolahan data

Data yang telah didapatkan dari hasil pengujian akan dimasukkan ke dalam Microsoft excel yang nantinya akan menampilkan grafik hubungan tekanan dengan waktu, grafik hubungan temperatur dengan waktu, dan grafik produktifitas biogas. Grafiik tersebut digunakan untuk menganalisa perkembangan produksi biogas sesuai dengan lama proses / waktu tinggal digester.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



3.7 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.13 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengolahan Data

Dalam penelitian mengenai produksi biogas menggunakan kotoran kuda pada Thermophilic digester dengan variasi perbandingan komposisi pada kotoran kuda yaitu 1:1, 1:2, dan 1:3. Kotoran kuda yang digunakan memiliki tingkat kadar air sebesar 70,02%. Substrat tersebut didiamkan dalam digester yang diberi pemanasan dengan menggunakan suhu sebesar 55°C. Data yang akan didapatkan pada penelitian ini adalah kandungan metana (CH_4), karbondioksida (CO_2), dan kelembaban relative (RH), tekanan absolut gas, dan temperature gas.

4.1.1 Data Hasil Pengujian

Pengambilan data dilakukan dengan variasi perbandingan komposisi kotoran kuda pada thermophilic digester yaitu 1:1, 1:2, dan 1:3. Dari pengujian tersebut didapatkan kandungan metana (CH_4), karbondioksida (CO_2), dan kelembaban relative (RH) pada masing – masing variasi perbandingan kotoran kuda.

Tabel 4.1 Data Kotoran Kuda

PARAMETER	KETERANGAN
Massa Kotoran Basah	3.75 Kg
Massa Kotoran Kering	1.12 Kg
Kandungan Air Kotoran Kuda	70.02%

Tabel 4.2 Data Pengujian Komposisi Gas Pada *Thermophilic Digester*.

NO	Perbandingan Massa Kotoran Kuda Dengan Air (Kg Kotoran Kuda : Kg Air)	Parameter Uji	%
1	1:1	CH ₄	39.4
		CO ₂	18.8
		RH	83
2	1:2	CH ₄	48.4
		CO ₂	22.1
		RH	91
3	1:3	CH ₄	29.4
		CO ₂	21.9
		RH	91

Tabel 4.3 Data Pengujian Komposisi Gas Pada Kondisi Suhu Ruangan

NO	Perbandingan Massa Kotoran Kuda Dengan Air (Kg Kotoran Kuda : Kg Air)	Parameter Uji	%
1	1:1	CH ₄	41.3
		CO ₂	19.4
		RH	91
2	1:2	CH ₄	48.7
		CO ₂	22.4
		RH	91
3	1:3	CH ₄	34.4
		CO ₂	21.1
		RH	91

4.1.2 Contoh Perhitungan Data

Perhitungan data dilakukan untuk mencari Produksi Biogas (n_{biogas}), dimana data yang diketahui pada waktu penelitian adalah:

- Tekanan atmosfer (P) = 101325 Pa
- Volume biogas (V_{biogas})

Volume biogas disini merupakan hasil penambahan antara volume gas pada digester, volume saluran pipa, volume kotak penampung gas.

Pada perbandingan 1:1 = 5,6458 Liter

Pada perbandingan 1:2 = 4,124 Liter

Pada perbandingan 1:3 = 2,658 Liter

• R universal = 8.3145 L.kPa/mol.K

Perhitungan Data

a. Pada kondisi Thermophilic (55°C)

➤ Mol biogas (n_{biogas}) Perbandingan 1:1

$$\begin{aligned} n_{1 Biogas} &= \frac{P_1 \times V}{R \times T_1} \\ &= \frac{(0,222(kPa) + 101,325(kPa)) \times 5,6458(Liter)}{8,3145(L.kPa / mol.K) \times 301,44(K)} \\ &= \frac{(101,547(kPa)) \times 5,6458(Liter)}{8,3145(L.kPa / mol.K) \times 301,44(K)} \\ &= 2,287608.10^{-1} mol \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{2 Biogas} &= \frac{P_2 \times V}{R \times T_2} \\ &= \frac{(2,979(kPa) + 101,325(kPa)) \times 5,6458(Liter)}{8,3145(L.kPa / mol.K) \times 304,97(K)} \\ &= \frac{104,304(kPa) \times 5,6458(Liter)}{8,3145(L.kPa / mol.K) \times 304,97(K)} \\ &= 2,3213949.10^{-1} mol \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{biogas} &= n_2 - n_1 \\ &= 2,3213949.10^{-1} mol - 2,287608.10^{-1} mol \\ &= 3,379.10^{-3} mol \end{aligned}$$

Data keseluruhan produksi biogas yang dihasilkan pada kondisi Thermophilic dan pada kondisi suhu ruangan dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4

Tabel 4.4 Data Pengujian Untuk Produksi Biogas Pada Kondisi Thermophilic (55°C)

No	Perbandingan Massa Kotoran Kuda (kg) Dengan Air (kg)	Produksi Biogas (mol)/1,12 kg kotoran kuda kering
1	1:1	$3,392.10^{-3}$
2	1:2	$3,601.10^{-3}$
3	1:3	$2,497.10^{-4}$

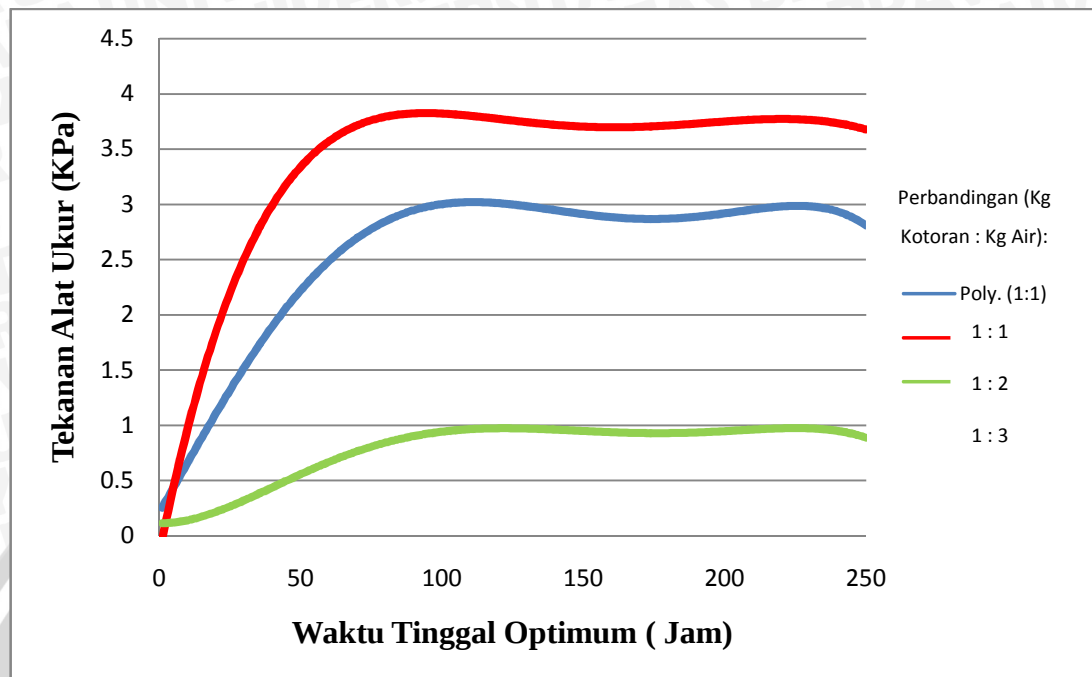
Tabel 4.5 Data Pengujian Untuk Produksi Biogas Pada Kondisi Tanpa Pemanasan (Temperatur ruang)

No	Perbandingan Massa Kotoran Kuda (kg) Dengan Air (kg)	Produksi Biogas (mol)/1,12 kg kotoran kuda kering
1	1:1	$3,699.10^{-3}$
2	1:2	$3,834.10^{-3}$
3	1:3	$3,23.10^{-4}$

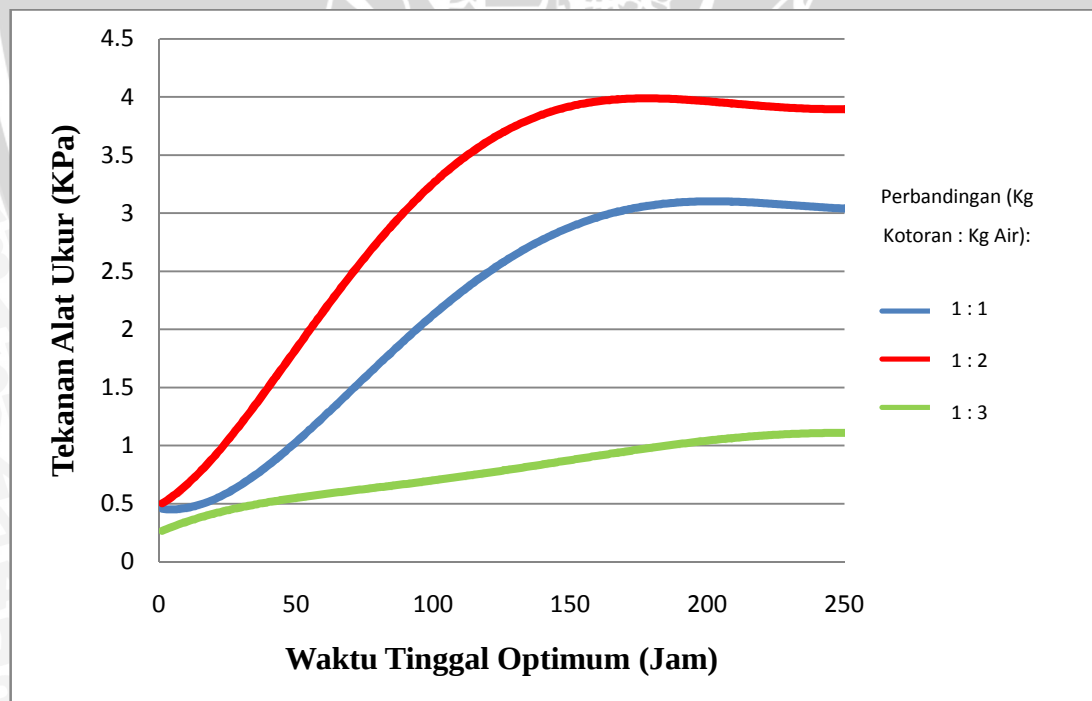
4.2 Analisa Grafik dan Pembahasan

Dalam penelitian ini, data akan diolah dan ditampilkan dalam bentuk grafik sehingga mempermudah dalam melakukan analisa dan pembahasan. Grafik pada kondisi thermophilic akan dibandingkan dengan grafik pada kondisi lingkungan sekitar, yaitu digester tidak akan diberi pemanasan sama sekali.

4.2.1 Grafik Hubungan Antara Waktu Tinggal Optimum Dengan Tekanan



Gambar 4.1 Hubungan Waktu Pemasanan Terhadap Tekanan Absolut Gas Pada Kondisi Thermophilic 55°C secara *Real Time*



Gambar 4.2 Hubungan Waktu Pemasanan Terhadap Tekanan Absolut Gas Pada Kondisi Temperatur ruangan (25°C - 29°C) secara *Real Time*

Dengan menggunakan perbandingan komposisi kotoran kuda yang sama dapat kita lihat pada grafik antara kondisi thermophilic dan kondisi temperature ruangan memiliki garis gradient kenaikan yang relatif sama yaitu nilai tekanan alat ukur akan relatif meningkat dikarenakan bakteri yang berada pada substrat akan mulai memproduksi biogas sehingga gas yang telah dihasilkan akan mulai memenuhi kotak penampung gas yang menyebabkan tekanan pada kotak penampung akan terus bertambah. Pada perbandingan 1:2 pada kondisi thermophilic dan temperature ruangan memiliki gradient kenaikan waktu tinggal optimum yang lebih pendek tetapi gradient garis tekanan lebih tinggi dibandingkan perbandingan 1:1 dan 1:3. Hari ini berarti pada perbandingan 1:2 proses produksi biogas memiliki waktu produksi yang lebih cepat dan tekanan yang lebih besar di bandingkan dengan perbandingan 1:1 dan 1:3.

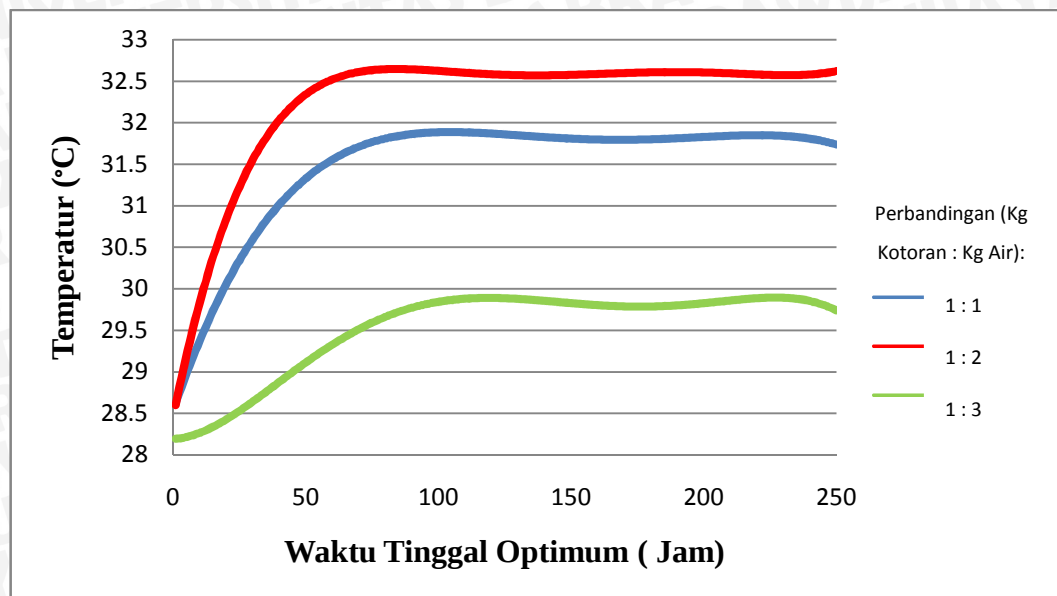
Tekanan yang meningkat disebabkan oleh bakteri yang berada pada subtract masih terus memproduksi biogas. Pada urutan perbandingan komposisi yang memiliki nilai tekanan pada grafik baik pada kondisi thermophilic maupun pada kondisi ruangan memiliki urutan yang relative sama yaitu urutan pertama ditempati oleh perbandingan komposisi 1:2, 1:1, dan 1:3. Pada kondisi thermophilic, perbandingan 1:2 memiliki nilai tekanan alat ukur pada saat awal mula pengujian sebesar 0,210 KPa, tetapi seiring dengan biogas yang masih terus berproduksi maka perbandingan 1:2 mampu mencapai tekanan akhir sebesar 3,711 KPa. Pada perbandingan 1:1 memiliki nilai tekanan awal pada saat awal mula pengujian sebesar 0,222 KPa, tetapi seiring dengan biogas yang masih terus berproduksi maka perbandingan 1:1 mampu mencapai tekanan akhir sebesar 2,908 KPa. Pada perbandingan 1:3 memiliki nilai tekanan awal pada saat awal mula pengujian sebesar 0,141, tetapi seiring dengan biogas yang masih terus berproduksi maka perbandingan 1:3 mampu mencapai tekanan akhir sebesar 0,903 KPa.

Pada perbandingan 1:2 memiliki tekanan yang paling besar disebabkan oleh komposisi perbandingan antara kotoran kuda dengan air yang sesuai sehingga mempunyai produksi biogas yang paling besar pula. Air yang dicampurkan oleh substrat memiliki komposisi yang seimbang bagi

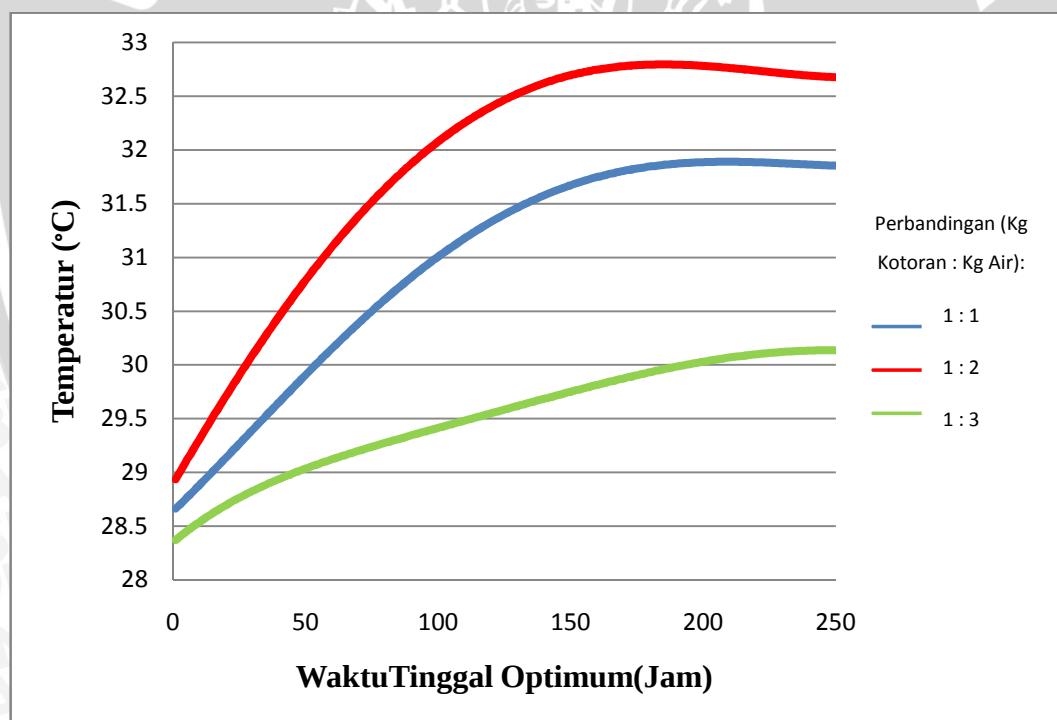
mikroorganisme untuk diubah menjadi biogas. Seperti pada pembahasan teori, produksi biogas memiliki tiga tahap pembentukan biogas yaitu proses hidrolisis, proses asidifikasi, dan proses pembentukan gas metan. Air yang kita gunakan memiliki pengaruh pada proses hidrolisis dimana air akan digunakan oleh mikroorganisme untuk melakukan proses enzimatik dengan enzim ekstraseluler yaitu berupa (selulose, amilase, protease, dan lipase) pada bahan – bahan organik, karbohidrat, lemak, dan protein menjadi senyawa yang memiliki rantai yang lebih pendek seperti asam asetat, asam butirat, asam propionate yang nantinya akan dibutuhkan untuk memproduksi biogas pada tahap selanjutnya.

4.2.2 Grafik Hubungan Antara Waktu Tinggal Optimum Dengan Temperatur gas

Nilai temperatur memiliki kenaikan yang relatif sama dengan tekanan yaitu pada nilai maksimum hingga menjadi stabil. Temperatur yang meningkat dapat disebabkan oleh hasil reaksi eksothermis yang terjadi pada saat proses pembentukan biogas. pada proses pembentukan ada tiga tahap proses pembentukan biogas yaitu proses hidrolisis, asidifikasi, dan pembentukan gas metan. Setiap produk yang dihasilkan oleh proses ini akan mengeluarkan panas atau energy kalor yang menyebabkan temperatur meningkat. Proses pembentukan biogas berhenti dapat dinyatakan dengan gradient garis yang stabil pada grafik. Dengan gradient temperatur yang stabil berarti sudah tidak ada proses pembentukan biogas yang melepaskan panas pada biogas. Pada perbandingan 1:2 pada kondisi thermophilic dan temperature ruangan memiliki gradient kenaikan waktu tinggal optimum yang lebih pendek tetapi gradient garis temperature yang lebih tinggi dibandingkan perbandingan 1:1 dan 1:3. Hari ini berarti pada perbandingan 1:2 proses produksi biogas memiliki waktu produksi yang lebih cepat dan kenaikan temperatur yang lebih tinggi dibandingkan dengan perbandingan yang lain disebabkan oleh biogas yang terus berproduksi lebih banyak dibandingkan dengan perbandingan yang lain.



Gambar 4.3 Hubungan Waktu Pemasanan Terhadap Temperatur Gas Pada Kondisi Thermophilic 55°C secara *Real Time*



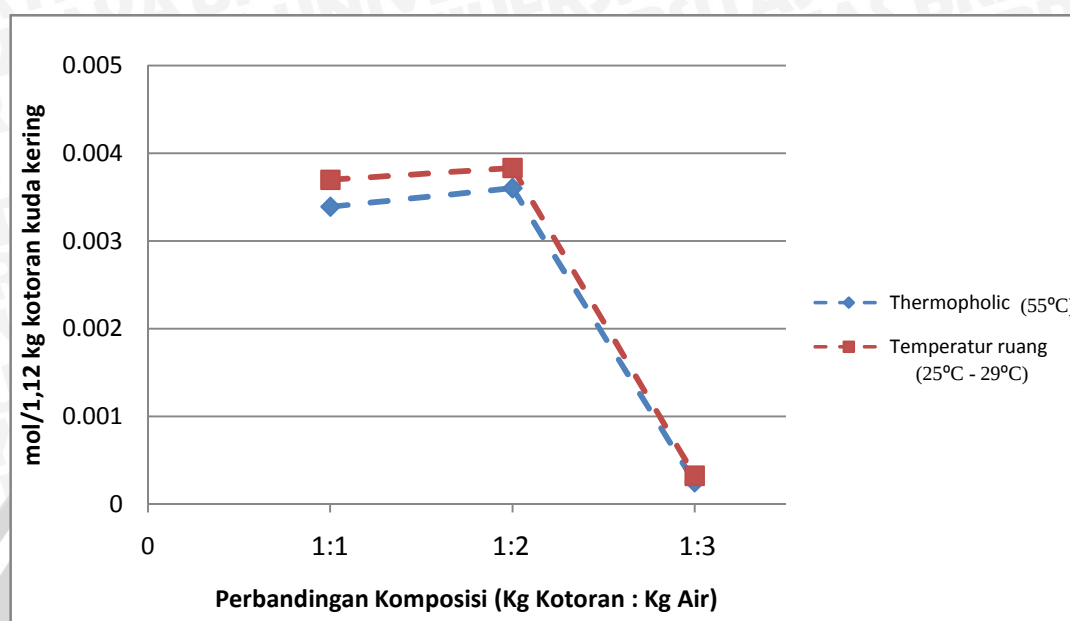
Gambar 4.4 Hubungan Waktu Pemasanan Terhadap Temperatur Gas Pada Kondisi Temperatur Ruangan (25°C - 29°C) secara *Real Time*

Temperatur meningkat disebabkan oleh bakteri yang berada pada substrat masih terus memproduksi biogas. Pada urutan perbandingan komposisi yang

memiliki nilai tekanan dan temperature pada grafik baik pada kondisi thermophilic maupun pada kondisi ruangan memiliki urutan yang relatif sama yaitu urutan pertama ditempati oleh perbandingan komposisi 1:2, 1:1, dan 1:3. Pada kondisi thermophilic, perbandingan 1:2 memiliki nilai tekanan awal pada saat awal mula pengujian sebesar 0,210 KPa dan memiliki nilai temperature sebesar 28,42°C, tetapi seiring dengan biogas yang masih terus berproduksi maka perbandingan 1:2 mampu mencapai tekanan akhir sebesar 3,711 KPa dan memiliki nilai temperature sebesar 32,61°C. Pada perbandingan 1:1 memiliki nilai tekanan awal pada saat awal mula pengujian sebesar 0,222 KPa dan memiliki nilai temperature sebesar 28,44°C, tetapi seiring dengan biogas yang masih terus berproduksi maka perbandingan 1:1 mampu mencapai tekanan akhir sebesar 2,908 KPa dan memiliki nilai temperature sebesar 31,91°C. Pada perbandingan 1:3 memiliki nilai tekanan awal pada saat awal mula pengujian sebesar 0,141 KPa dan memiliki nilai temperature sebesar 28,24°C, tetapi seiring dengan biogas yang masih terus berproduksi maka perbandingan 1:3 mampu mencapai tekanan akhir sebesar 0,903 KPa dan memiliki nilai temperature sebesar 29,8°C.

Jika kita membandingkan grafik pada kondisi thermophilic dengan kondisi tanpa pemanasan (temperature ruangan) dapat dilihat bahwa pada kondisi thermophilic memiliki nilai stabil pada tekanan dan temperature yang relative lebih pendek dibandingkan dengan grafik tanpa pemanasan (temperature ruangan). Sebagai contoh, nilai tekanan dan temperatur pada perbandingan 1:2 pada kondisi thermophilic memiliki nilai puncak pada 56 jam. Setelah melebihi 56 jam maka tekanan dan temperatur pada perbandingan 1:2 akan mulai relatif stabil yang menunjukkan substrat sudah tidak lagi memproduksi biogas. Bandingkan dengan nilai tekanan dan temperature pada kondisi tanpa pemanasan (temperatur ruangan), nilai tekanan dan temperatur pada perbandingan 1:2 memiliki nilai puncak pada 124 jam. Setelah melebihi 124 jam maka tekanan dan temperature pada perbandingan 1:2 akan mulai relative stabil yang menunjukkan substrat sudah tidak lagi memproduksi biogas. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa pada kondisi thermophilic memiliki kecepatan produksi yang lebih singkat daripada pada kondisi tanpa pemanasan (temperature ruangan)

4.2.3 Grafik Hubungan Perbandingan Kotoran Kuda Dengan Air Terhadap Produksi Biogas



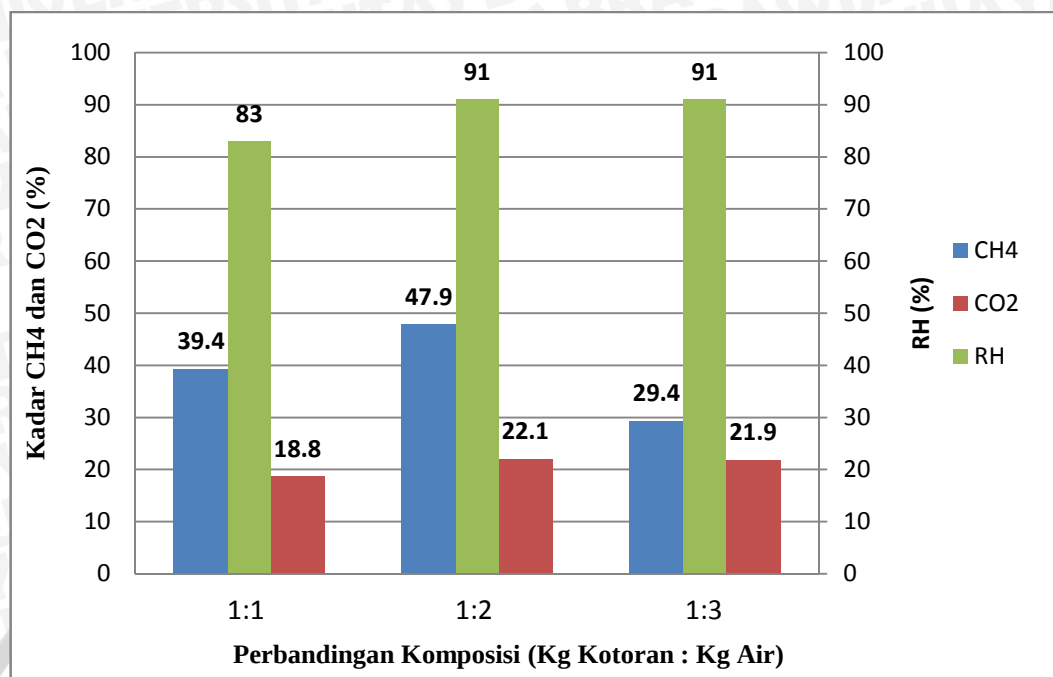
Gambar 4.5 Hubungan Perbandingan Kotoran Kuda Dengan Air Terhadap Produksi Biogas

Pada Gambar 4.5 menunjukkan perbandingan produksi biogas pada kondisi thermophilic dengan kondisi tanpa pemanasan. Dapat dilihat bahwa urutan pertama ditempati oleh produksi biogas dengan tanpa diberi pemanasan dengan urutan perbandingan bahwa perbandingan 1:2 memiliki nilai massa yang lebih baik, disusul urutan kedua perbandingan 1:1, dan urutan ketiga perbandingan 1:3 menghasilkan produksi gas paling sedikit. Kondisi thermophilic memiliki produksi biogas yang paling sedikit dibandingkan dengan kondisi tanpa pemanasan. Keunggulan thermophilic itu sendiri adalah pada kondisi thermophilic biogas yang dapat dihasilkan memiliki kecepatan produksi yang lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi yang lain, hal ini disebabkan karena di dalam proses metabolisme terjadi suatu rangkaian reaksi biokimia yang dikatalisis oleh enzim. Enzim merupakan protein, sehingga kenaikan suhu yang menaikkan kecepatan reaksi hanya sampai batas suhu maksimum (Purnomo, 2004). Tetapi pada temperatur yang tinggi ini pula terdapat beberapa kerugian yaitu kenaikan suhu yang melebihi suhu maksimum akan mengakibatkan denaturasi protein dan enzim, sehingga proses metabolisme akan terhenti dan tak dapat kembali terjadi reaksi

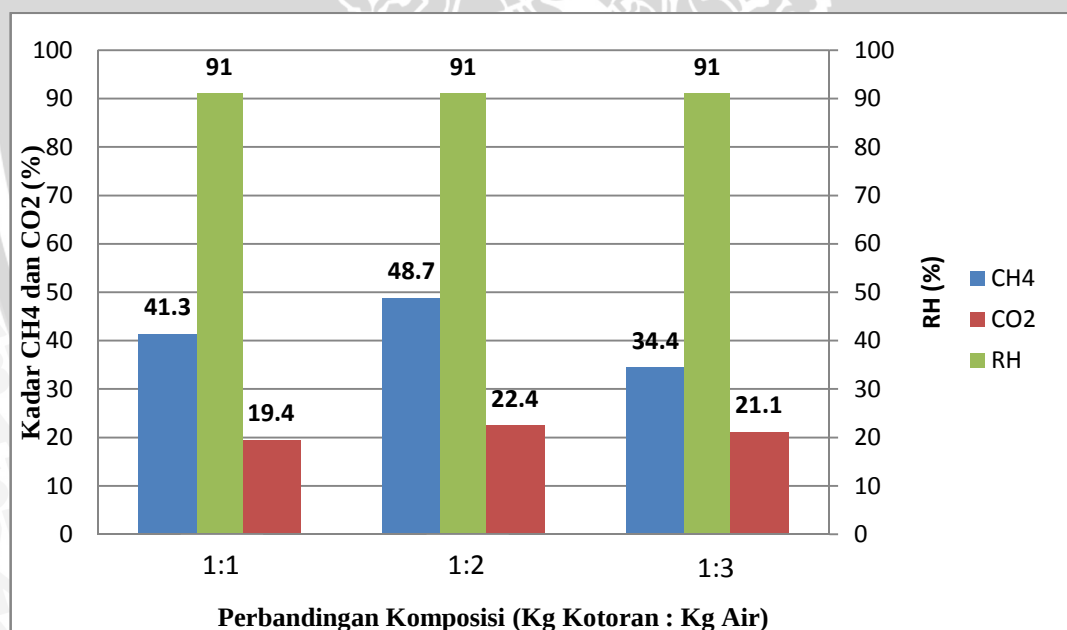
biokimia karena enzim sudah rusak oleh denaturasi. Dengan berhentinya proses metabolisme ini maka proses produksi biogas pun akan berhenti sehingga menyebabkan pada kondisi thermophilic memiliki massa biogas yang lebih rendah dibandingkan dengan kondisi tanpa pemanasan.

4.2.4 Grafik Hubungan Perbandingan Kotoran Kuda Dengan Air Terhadap Komposisi Biogas

Pada Gambar 4.6 dan 4.7 menunjukkan perbandingan komposisi biogas pada kondisi themophilic dengan kondisi tanpa pemanasan. Dapat dilihat bahwa urutan pertama ditempati oleh komposisi biogas dengan tanpa diberi pemanasan dengan urutan perbandingan bahwa perbandingan 1:2 memiliki nilai komposisi yang lebih baik, disusul urutan kedua perbandingan 1:1, dan urutan ketiga perbandingan 1:3 menghasilkan produksi gas paling sedikit. Kondisi thermophilic memiliki komposisi biogas yang paling sedikit dibandingkan dengan kondisi tanpa pemanasan. Ini disebabkan oleh produksi biogas pada gambar sebelumnya dimana produksi biogas pada kondisi tanpa pemanasan lebih besar dibandingkan dengan kondisi thermophilic.



Gambar 4.6 Hubungan Perbandingan Kotoran Kuda Dengan Air Terhadap Komposisi Biogas Pada Kondisi Thermophilic



Gambar 4.7 Hubungan Perbandingan Kotoran Kuda Dengan Air Terhadap Komposisi Biogas Pada Kondisi Tanpa Pemanasan

Pada grafik dapat kita lihat bahwa pada setiap perbandingan pada komposisi kotoran kuda memiliki kandungan yang berbeda – beda. Perbandingan 1:2 memiliki komposisi yang paling baik dibandingkan dengan perbandingan

komposisi yang lain, diikuti oleh perbandingan 1:1 dan perbandingan 1:3. Perbandingan 1:2 memiliki komposisi CH₄ sebesar 48,7%, CO₂ sebesar 22,4%, dan RH sebesar 91%. Pada perbandingan 1:1 memiliki komposisi CH₄ sebesar 41,3%, CO₂ sebesar 19,4%, dan RH sebesar 91%. Pada perbandingan 1:3 memiliki komposisi CH₄ sebesar 34,4%, CO₂ sebesar 21,1%, dan RH sebesar 91%. Dibandingkan dengan komposisi yang didapatkan pada kondisi thermophilic. Urutan perbandingan komposisi tidak berbeda dengan kondisi tanpa pemanasan yaitu perbandingan 1:2 memiliki komposisi yang lebih baik diikuti dengan komposisi 1:1 dan 1:3. Perbandingan 1:2 memiliki komposisi CH₄ sebesar 47,9%, CO₂ sebesar 22,1%, dan RH sebesar 91%. Pada perbandingan 1:1 memiliki komposisi CH₄ sebesar 39,4%, CO₂ sebesar 18,8%, dan RH sebesar 83%. Pada perbandingan 1:3 memiliki komposisi CH₄ sebesar 29,4%, CO₂ sebesar 21,9%, dan RH sebesar 91%.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisa grafik serta pembahasan, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Perbandingan komposisi 1:2 memiliki tingkat produksi dan komposisi biogas yang paling tinggi dibandingkan dengan perbandingan komposisi 1:1 dan perbandingan komposisi 1:3. Sedangkan untuk perbandingan kondisi thermophilic dengan kondisi tanpa pemanasan (temperatur ruangan), kondisi tanpa pemanasan memiliki komposisi yang lebih banyak daripada kondisi thermophilic.
2. Pada kondisi thermophilic, produksi biogas yang dihasilkan lebih cepat daripada pada kondisi tanpa pemanasan (temperatur ruangan) yaitu untuk perbandingan komposisi 1:2 biogas akan berhenti untuk berproduksi pada saat mencapai jam ke 56. Untuk perbandingan komposisi 1:1 biogas akan berhenti untuk berproduksi pada saat mencapai jam ke 71. Untuk perbandingan komposisi 1:3 lama biogas akan berhenti untuk berproduksi pada saat mencapai jam ke 85. Sedangkan pada kondisi tanpa pemanasan untuk perbandingan komposisi 1:2 biogas akan berhenti untuk berproduksi pada saat mencapai jam ke 124. Untuk perbandingan komposisi 1:1 biogas akan berhenti untuk berproduksi pada saat mencapai jam ke 164. Untuk perbandingan komposisi 1:3 lama biogas akan berhenti untuk berproduksi pada saat mencapai jam ke 196.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, peneliti menyarankan untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Penelitian ini tidak membahas proses pengadukan substrat yang berada pada digester. Pengadukan dapat mempengaruhi produksi biogas dikarenakan dengan pengadukan biogas yang terperangkap di dalam substrat dapat keluar dari endapan substrat.

2. Pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan bahan campuran dimana kotoran kuda dicampurkan dengan bahan seperti kotoran sapi atau limbah – limbah lain yang dapat mempengaruhi variasi pembentukan biogas.

