

**PEMBUATAN BIOGAS DENGAN PROSES RUDAD**  
*Biogas Production by Using RUDAD Process*  
*(Rumen Derived Anaerobic Digestion)*

Oleh/By :  
**R. Sudradjat & Triyanto**

*Summary*

*This experiment deals with anaerobic decomposition of organic materials into biogas and compost materials using the so called RUDAD (Rumen Derived Anaerobic Digestion) process. The inoculum used in the process was ruminantia microbes living in fistula liquid of goat stomach. The predominantly microbes involved were ciliate protozoa, phycomycetes fungi, anaerobic bacteria. Substrates used were King grass, city waste and saw dust with and without agitation during the treatments.*

*The results showed that the highest biogas production was obtained from King grass i.e 1.06 l/d and 1.20 l/d for those without and with agitation treatments respectively. The highest volatile solid reduction was also obtained from King grass with the reduction of 6.4 percent for the process without agitation and 7.4 percent for the agitated treatment. King grass again showed the highest COD reduction, i.e. 2.0 g/g and 2.3 g/g for those without and with agitation, respectively. Either for cellulose and lignin degradation, King grass gave the highest cellulose reduction of 13.2 percent for the process without and 14.5 percent for the process with agitations, while lignin reductions were 1.8 percent for the first and 0.6 percent for the second treatments.*

**I. PENDAHULUAN**

Teknologi pembuatan biogas sudah dikenal orang sejak puluhan tahun yang silam. Pada tahun 1895, di Inggris telah dikenal proses anaerobik yang dapat menghasilkan gas yang dapat dibakar, akan tetapi baru tahun 1920 diketahui dengan pasti (NAS, 1977). Jerman pada saat terlibat perang dunia II telah menggunakan cara anaerobik yang menghasilkan gas untuk memenuhi kekurangan energi yang sedang krisis.

Teknologi pembuatan biogas sangat sederhana dan tidak membutuhkan biaya investasi yang tinggi, tetapi biogas yang dihasilkan biasanya masih rendah dan kurang menguntungkan.

Cara baru yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sistem pembuatan biogas melalui "Rumen Derived Anaerobic Digestion" atau disebut dengan sistem "RUDAD". Kelebihan cara ini adalah penggunaan mikroba rumen ruminansia yang lebih beragam dibandingkan dengan mikroba yang terdapat dalam kotoran hewan. Mikroba yang terlibat dalam fermentasi ruminansia ini meliputi berbagai jenis bakteri, protozoa siliata (tak ditemukan secara alami di tempat lain) dan

kapang fikomisetes (Gijzen, 1987). Adanya berbagai jenis mikroba dengan ukuran lebih besar dalam proses fermentasi, akan meningkatkan kemampuan degradasi terhadap bahan (substrat yang dimasukkan). Akibatnya efisiensi perombakan diharapkan akan menjadi lebih baik dan jumlah biogas yang dihasilkan menjadi lebih besar.

Dalam penelitian ini terdapat dua tujuan yang ingin dicapai yaitu, mencoba apakah mikroba dalam rumen hewan dapat dihidupkan di luar perut hewan dengan memberikan kondisi yang menyerupai keadaan rumen yang sebenarnya, mencoba apakah mikroba dari rumen hewan mampu mendegradasi bahan (substrat) secara baik di luar perut hewan.

Penelitian ini merupakan penelitian rintisan atau tahap awal dalam rangka mencari mikroba atau konsentrasi mikroba yang dapat digunakan sebagai inokulum pembuatan kompos secara cepat atau mendegradasi bahan lignoselulosa yang resisten baik secara fisik atau karena mengandung zat aleopati. Dalam bidang kehutanan, hubungannya adalah dengan fertilisasi lahan hutan melalui penggunaan kompos atau penghancuran secara langsung serasah di lokasi hutan.

## II. BAHAN DAN METODE

### A. Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan sebagai substrat dalam penelitian ini adalah rumput gajah (King grass) dan serbuk gergaji kayu daun lebar campuran. Inokulum yang digunakan berupa "liquid rumen" yang diambil dari rumen kambing. Cairan rumen ini didapatkan di Pusat Penjualan Hewan Bogor.

Bahan kimia yang digunakan berupa  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ,  $2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaBO}_3$ ,  $\text{HCl}$  dan  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  atau  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Bahan ini digunakan sebagai nutrisi dalam media fermentasi. Alat yang diperlukan meliputi alat fermentasi. Alat yang diperlukan meliputi alat fermentasi "RUDAD" dan alat yang diperlukan untuk melakukan analisis bahan.

### B. Metode Penelitian

#### 1. Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan terdiri dari dua tahap. Tahap pertama berupa analisis bahan baku (substrat) yang meliputi analisis kadar padatan menguap (VS), analisis "Chemical Oxygen Demand" (COD) dan analisis perbandingan C/N. Analisis padatan menguap awal bertujuan untuk mengetahui kadar padatan menguap awal, sehingga dapat ditetapkan besarnya laju pemasukan substrat (loading rate) pada kondisi optimal dan besarnya kadar padatan menguap yang terdekomposisi. Analisis COD bertujuan untuk mengetahui besarnya COD awal, sehingga dapat ditentukan besarnya penurunan nilai COD pada bahan baku yang selanjutnya menetapkan besarnya bahan tambahan yang harus diberikan, sehingga didapatkan kondisi yang optimal.

Penelitian pendahuluan tahap kedua dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pada hari ke berapa fermentasi (produksi biogas) paling tinggi. Penelitian pendahuluan tahap kedua ini dilakukan dengan memasukan substrat pada sistem fermentasi curah tanpa umpan. Jika produksi paling tinggi didapatkan setelah hari ke A, maka pemberian substrat dalam penelitian utama dilakukan setiap A hari sekali.

#### 2. Penelitian Utama

Fermentasi pada penelitian utama dilakukan secara kontinyu, di mana substrat yang sudah terfermentasi selama A hari dikeluarkan dan diganti dengan substrat

yang baru. Substrat yang telah terfermentasi selanjutnya dianalisis kadar COD dan kadar padatan menguapnya. Derajat keasaman (pH) digester diukur setiap hari sekali.

Media yang telah disiapkan dimasukkan ke dalam fermentor ukuran 1 liter dan ditambahkan bahan baku sebanyak 50 g (23,4 gr VS/1). Fermentor yang berisi media dimasukkan ke dalam inkubator pada suhu  $39^\circ\text{C}$  (suhu fermentasi) (Gijzen, 1987). Setelah suhu fermentor konstan  $39^\circ\text{C}$ , inokulum sebanyak 100 ml dimasukkan kedalamnya. Produksi biogas diamati dan dicatat setiap hari. Suhu dan pH reaktor selalu dikontrol untuk memberikan kondisi fermentor yang optimal. Derajat keasaman (pH) dalam reaktor dijaga sekitar 5,8 - 7,0 (Gijzen, 1987).

Pengolahan data dilakukan secara statistik dengan menggunakan rancangan acak lengkap dengan percobaan faktorial dan uji beda nyata Duncan.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Penelitian Pendahuluan

#### 1. Analisis Bahan (Substrat)

Bahan baku yang digunakan berupa rumput gajah, sampah kota dan serbuk gergaji kayu daun lebar campuran. Analisis yang dilakukan meliputi analisis padatan menguap (VS), analisis COD, analisis kadar lignin, analisis kadar selulosa dan analisis nisbah C/N. Analisis padatan menguap bertujuan untuk mengetahui kadar padatan menguap awal, sehingga dapat ditentukan bobot substrat yang harus dimasukkan agar memenuhi nilai laju pengumpanan 23,4 g dan untuk menetapkan prosentase padatan menguap terdekomposisi. Hasil analisis VS, COD dan C/N dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Nilai awal VS, COD dan C/N dari substrat.  
Tabel 1. Initial values of VS, COD and C/N of the substrate.

Substrat (Substrate)	VS (%)	COD (mg/g)	C/N
Rumput gajah (King grass)	91,6462	1123,0	28
Sampah kota (City waste)	98,2752	1059,7	40
Serbuk gergaji (Saw dust)	98,3871	1094,0	300

## 2. Fermentasi Pendahuluan

Fermentasi pendahuluan dilakukan untuk melihat produksi biogas harian. Fermentasi ini dilakukan dengan sistem curah dan substrat yang dimasukkan sebesar 23,4 gr VS atau sebanding dengan 25,5 gr rumput gajah, 23,8 gr sampah kota dan 23,8 gr serbuk gergaji.

Dari grafik volume biogas hasil fermentasi pendahuluan tersebut dapat dilihat bahwa produksi yang paling tinggi didapatkan pada hari pertama fermentasi. Oleh sebab itu dalam fermentasi utama (sistem kontinyu), pengumpulan substrat dilakukan satu hari satu kali. Hal ini bertujuan agar pengumpulan dilakukan pada saat mikroba masih dalam keadaan aktif. Pada hari kedua dan seterusnya terlihat bahwa produksi biogas sudah mengalami penurunan yang cukup tajam, hal ini menunjukkan bahwa mikroba sudah berada dalam kondisi non aktif, maka volume biogas yang dihasilkan menjadi rendah.

## B. Penelitian Utama

### 1. Produksi Biogas Harian

Pengamatan produksi biogas harian yang dilakukan terhadap ketiga jenis substrat (rumput gajah, sampah kota dan serbuk gergaji) masing-masing dapat dilihat pada Gambar 1, 2 dan 3. Produksi biogas dengan perlakuan agitasi dapat dilihat pada Gambar 4, 5 dan 6.

Produksi biogas paling besar dihasilkan pada substrat rumput gajah teragitasi dengan produksi biogas harian rata-ratanya sebesar 1,20 liter. Dibandingkan dengan produksi biogas tanpa agitasi, hasil ini lebih tinggi. Produksi biogas harian rata-rata rumput gajah tanpa agitasi adalah 1.06 liter dan secara statistik hal ini terbukti berbeda nyata.

Menurut Adam (1981), pengadukan (agitasi) dapat menghindarkan agar dalam digester tidak terbentuk kerak yang menumpuk di permukaan kultur dan menutupi pelepasan gas dari larutannya, menghomogenkan konsentrasi substrat, melepaskan karbondioksida akan menyebabkan pH bisa naik sampai pH normal, memperbesar kontak mikroba dengan substrat dan mencegah terjadinya toksik lokal dalam digester. Barnett *et al* (1978), menyebutkan bahwa reaksi akan mencapai maksimum apabila reaktor memiliki pengadukan yang baik dan mikroba dalam kondisi optimum. merombak bahan-bahan organik substrat. Apabila viskositas campuran rendah, padatan akan mengendap, sehingga dalam skala besar hal ini akan menimbulkan masalah dalam pengoperasian digester anaerobik.

Pada substrat sampah kota ternyata pemberian agitasi juga memberikan pengaruh yang cukup baik. Produksi biogas harian rata-rata tanpa agitasi adalah sebesar 0,44 liter. Dengan pemberian agitasi dapat meningkatkan produksinya menjadi 0,5 liter per hari. Pada substrat serbuk gergaji, produksi biogas sedikit meningkat dari 0,21 liter per hari menjadi 0,22 liter per hari. Namun hasil kedua jenis substrat secara statistik berbeda nyata. Secara umum dapat disimpulkan bahwa pemberian agitasi pada digester akan meningkatkan produksi gas dari sejumlah substrat yang didegradasi.

Apabila produksi biogas dari rumput gajah, sampah kota dan serbuk gergaji dibandingkan, maka terlihat adanya perbedaan yang cukup mencolok. Rumput gajah memproduksi biogas dalam jumlah yang paling tinggi, kemudian disusul sampah kota dan serbuk gergaji menghasilkan volume biogas yang relatif sangat kecil. Secara statistik, hal ini dinyatakan sebagai berbeda sangat nyata.

Perbedaan produksi biogas dari ketiga jenis substrat tersebut disebabkan oleh perbedaan komposisi bahan-bahan organik pada masing-masing substrat. Perbedaan kandungan bahan organik ini akan berpengaruh pada mudah atau sulitnya bahan tersebut didegradasi secara anaerobik.

Serbuk gergaji dari kayu kering secara umum terdiri dari kurang lebih 50 % unsur karbon (C), 44 % unsur oksigen (O), 6 % unsur hidrogen (H), 0,1 - 0,2 % unsur nitrogen (N) serta unsur abu sekitar 1 %. Kandungan unsur C yang sangat tinggi dibandingkan dengan unsur N menghasilkan nisbah C/N yang sangat tinggi yaitu sekitar 250 - 500. Nilai ini sangat jauh berbeda di atas kondisi nisbah kondisi nisbah C/N untuk fermentasi anaerobik yaitu 18 - 30 yang dikemukakan oleh Buren. (1979). Selain itu serbuk gergaji memiliki kadar lignin cukup tinggi (22,34 %) yang dapat menghambat pertumbuhan mikroba dalam digester.

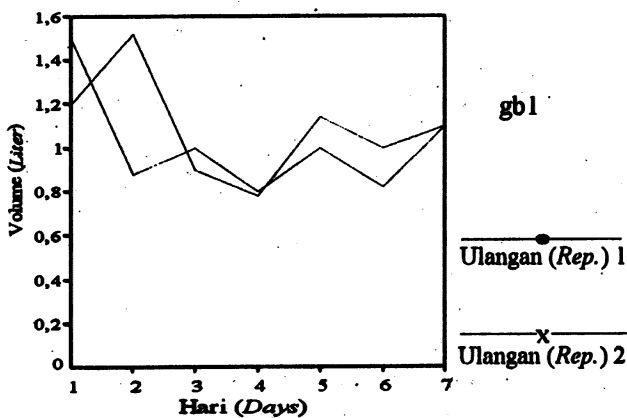
Rumput gajah memberikan hasil biogas paling besar, karena rumput gajah merupakan makanan utama ruminansia, sehingga mengandung bahan oragenik yang paling sesuai untuk pertumbuhan mikroba rumen. Demikian pula nisbah C/N (28) juga sesuai dengan yang dibutuhkan mikroba untuk dapat tumbuh dengan baik.

Sampah kota menghasilkan biogas di bawah rumput gajah apabila dilihat nisbah C/N, berada di atas kisaran yang optimal. Selain itu sampah kota juga mengandung bahan tambahan dari lingkungan, atau sumber bahan tersebut yang dapat menjadi kontaminan bagi pertumbuhan mikroba.

Ditinjau dari kestabilan produksinya, maka secara umum dari ketiga jenis bahan baku mengalami fluktuasi selama proses fermentasi 7 hari. Produksi tertinggi dicapai pada tiga hari pertama, dan selanjutnya produksi mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena pada hari-hari pertama mikroba masih dalam keadaan aktif sebagaimana keadaan dalam rumen hewan. Pada hari-hari berikutnya kemungkinan mikroba telah mendapatkan pengaruh dari lingkungan, sehingga pertumbuhannya terganggu. Produksi biogas dan pertumbuhan mikroba juga dipengaruhi oleh mekanisme degradasi yang terjadi di dalam digester. Pengaruh lignin serta lambatnya penguraian asam organik yang dihasilkan selama proses fermentasi juga akan menurunkan produksi biogas. Asam lemak menguap (VFA) dalam jumlah tinggi, disamping sukar dihindarkan juga akan menyebabkan turunnya derajat keasaman substrat. Akibatnya efisiensi proses menjadi sangat rendah, karena mikroba bekerja tidak optimal.

**2. Penurunan Padatan Menguap**

Setelah mengalami fermentasi selama 1 hari (24 jam), substrat yang dimasukkan telah mengalami penurunan kadar padatan menguap. Pada dasarnya perubahan yang terjadi pada proses fermentasi hanya terjadi pada padatan menguap ini. Besarnya penurunan kadar padatan menguap pada masing-masing jenis substrat dapat dilihat pada tabel 2 dan Tabel 3.

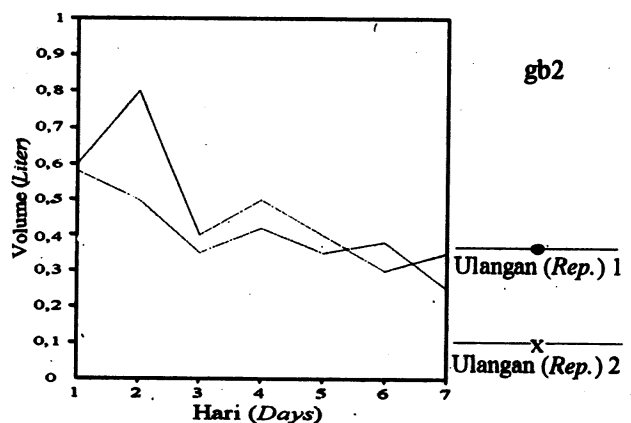


**Gambar 1. Volume produksi biogas harian rumput gajah tanpa agitasi**  
*Figure 1. Daily biogas production of King grass without agitation*

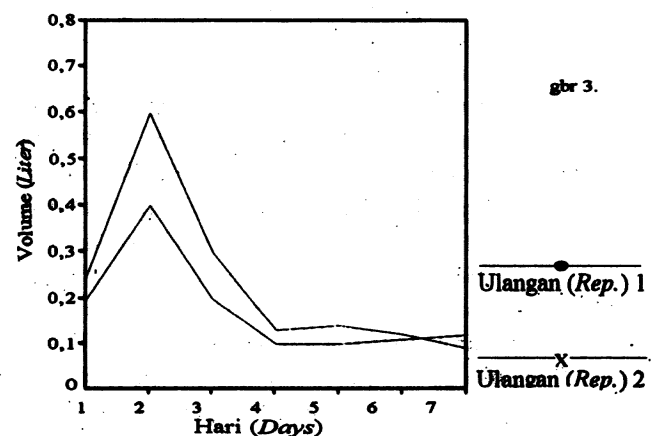
Penurunan pada awal proses fermentasi terlihat lebih besar dan mengalami penurunan pada hari-hari berikutnya. Hal ini mungkin disebabkan pada awal proses kondisi fermentasi belum mengalami perubahan,

sehingga masih berada dalam keadaan yang optimal. Pengaruh mekanisme degradasi juga masih rendah, sehingga proses dapat berjalan dengan lebih baik.

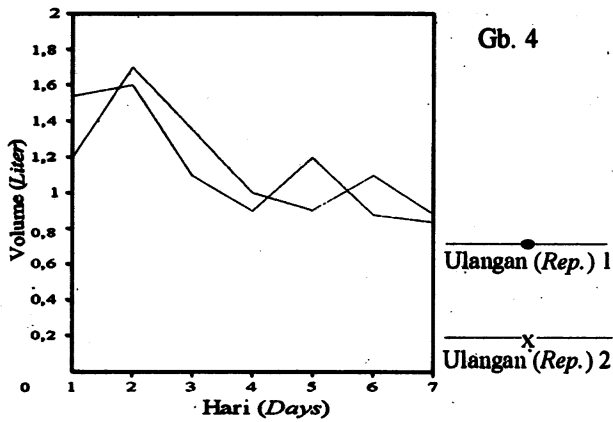
Dilihat dari besar penurunannya, maka nilai tersebut masih sangat kecil. Hal ini disebabkan waktu retensi yang digunakan sangat singkat yaitu 24 jam. Menurut Gijzen (1987), waktu retensi yang optimal untuk fermentasi sistem "RUDAD" adalah 90 jam. Akan tetapi dari hasil fermentasi pendahuluan dengan sistem curah ternyata pada jam ke 90 produksi biogas sudah sangat rendah, sehingga diperkirakan mikroba sudah banyak yang mati. Dalam keadaan ini tentu sulit untuk mengembalikan mikroba ke keadaan semula.



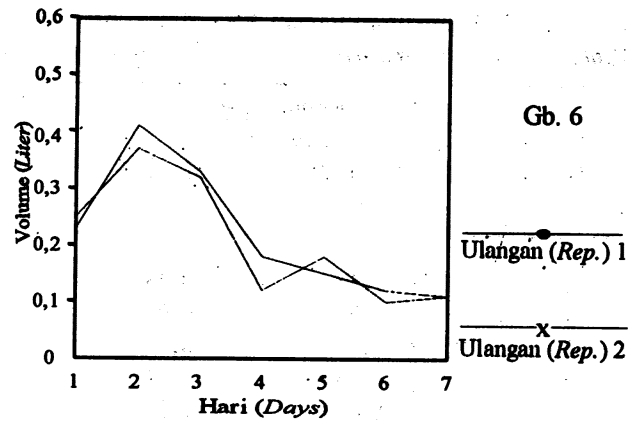
**Gambar 2. Volume produksi biogas harian sampah kota tanpa agitasi**  
*Figure 2. Daily biogas production of city waste without agitation*



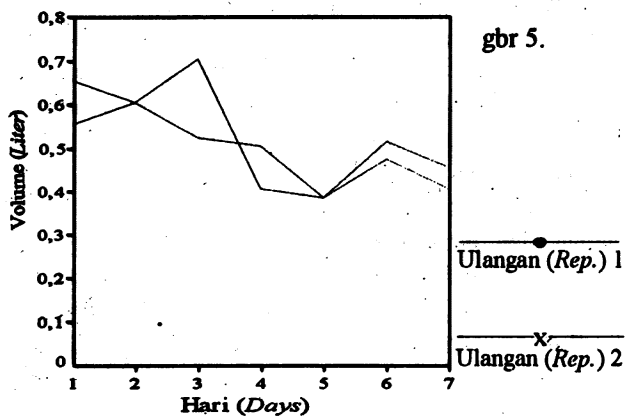
**Gambar 3. Volume produksi biogas harian serbuk gergaji tanpa agitasi**  
*Figure 3. Daily biogas production of saw dust without agitation*



Gambar 4. Volume produksi biogas harian rumput gajah dengan agitasi  
 Figure 4. Daily biogas production of King grass with agitation



Gambar 6. Volume produksi biogas harian serbuk gergaji dengan agitasi  
 Figure 6. Daily biogas production of saw dust with agitation



Gambar 5. Volume produksi biogas harian sampah kota dengan agitasi  
 Figure 5. Daily biogas production of city waste with agitation

Substrat rumput gajah mengalami penurunan padatan menguap rata-rata paling tinggi yaitu sebesar 6,4 % (tanpa agitasi) dan 7,3 % (dengan agitasi). Sampah kota mengalami penurunan sebesar 3,4 % (tanpa agitasi) dan 3,8 % (dengan agitasi). Serbuk gergaji menunjukkan penurunan padatan menguap paling rendah yaitu sebesar 1,7 % (tanpa agitasi) dan 2,04 % (dengan agitasi).

Hasil analisis penurunan kadar padatan menguap ini dapat digunakan sebagai dasar untuk memperkirakan waktu retensi apabila seluruh padatan menguap didegradasi 100 % menjadi biogas. Untuk rumput gajah membutuhkan waktu retensi kurang lebih 16 hari (tanpa agitasi) dan 14 hari (dengan agitasi). Sampah kota membutuhkan waktu retensi kurang lebih 29 hari (tanpa agitasi) dan 25 hari (dengan agitasi). Serbuk gergaji membutuhkan waktu retensi kurang lebih 57 hari

Tabel 2. Penurunan harian VS untuk substrat tanpa perlakuan agitasi  
 Table 2. Daily reduction of VS substrate without agitation

Hari (Days)	Rumput gajah (King grass)		Sampah kota (City waste)		Serbuk gergaji (Saw dust)	
	Ul. 1, % (Rep. 1)	Ul. 2, % (Rep. 2)	Ul. 1, % (Rep. 1)	Ul. 2, % (Rep. 2)	Ul. 1, % (Rep. 1)	Ul. 2, % (Rep. 2)
1	9,28	7,13	4,82	4,80	1,89	2,10
2	6,19	7,31	5,81	4,20	2,50	2,80
3	7,13	6,39	3,32	2,74	2,73	2,29
4	5,56	5,08	4,15	3,19	1,36	1,34
5	6,66	5,18	3,19	2,22	1,12	1,36
6	4,93	5,82	2,34	2,41	1,38	1,11
7	6,87	6,55	2,41	2,31	1,45	1,11

**Tabel 3. Penurunan harian VS untuk substrat dengan perlakuan agitasi**  
**Table 3. Daily reduction of VS substrate with agitation**

Hari (Days)	Rumput gajah (King grass)		Sampah kota (City waste)		Serbuk gergaji (Saw dust)	
	Ul. 1, % (Rep. 1)	Ul. 2, % (Rep. 2)	Ul. 1, % (Rep. 1)	Ul. 2, % (Rep. 2)	Ul. 1, % (Rep. 1)	Ul. 2, % (Rep. 2)
1	7,45	9,23	5,14	3,89	2,26	2,15
2	9,91	9,99	4,94	4,63	2,94	3,09
3	8,35	6,76	5,53	5,54	2,34	2,53
4	6,28	6,51	3,48	3,54	1,66	1,82
5	6,67	7,24	3,21	3,08	2,02	1,77
6	7,03	6,14	3,67	3,15	1,47	1,61
7	6,08	5,77	3,37	2,95	1,52	1,38

(tanpa agitasi) dan 49 hari (dengan agitasi). Hal ini tentunya dengan asumsi bahwa degradasi dapat berjalan dengan stabil selama waktu retensi yang dibutuhkan. Jika hal ini dapat dilakukan dengan baik, maka waktu retensi tersebut relatif singkat dibanding dengan cara biasa (konvensional).

Selam degradasi, prosesnya sangat dipengaruhi oleh bahan organik seperti karbohidrat, lemak dan protein yang mudah terdegradasi dan serat yang meliputi selulosa, hemiselulosa dan lignin yang sukar terdegradasi. Gijzen (1987) menyebutkan bahwa tingkat degradasi komponen selulosa, hemiselulosa dan lignin bervariasi untuk jenis substrat yang berbeda, akan tetapi secara umum selulosa dan hemiselulosa memiliki tingkat degradasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan lignin, bahkan lignin merupakan bahan yang sukar didegradasi secara anaerobik.

Fluktuasi nilai penurunan kadar padatan menguap akan berpengaruh secara langsung pada volume biogas merupakan hasil akhir dari dekomposisi padatan menguap.

### 3. Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD)

Kebutuhan oksigen kimiawi (COD) juga merupakan faktor penting yang diamati dalam penelitian ini. Selama proses fermentasi substrat akan mengalami penurunan jumlah bahan organik yang dikandungnya, sehingga nilai COD-nya pun akan mengalami penurunan. Besarnya nilai penurunan COD tergantung pada besarnya bahan organik yang telah didekomposisi menjadi biogas.

Sebagaimana pada pengamatan terhadap volume biogas dan penurunan kadar padatan menguap, COD juga mengalami kecenderungan penurunan paling besar pada hari-hari awal fermentasi, meskipun besarnya berfluktuasi. Penyebab bervariasinya nilai COD antara lain adalah laju pembentukan asam lemak menguap (VFA), asam laktat, etanol dan senyawa sederhana lainnya dari monomer hasil dekomposisi polimer organik dan laju konsumsi asam serta senyawa sederhana tersebut yang bervariasi. Dalam tahap awal terjadi perombakan bahan organik yang mudah terdekomposisi seperti karbohidrat, lemak dan protein

**Tabel 4. Penurunan harian COD untuk substrat tanpa perlakuan agitasi**  
**Table 4. Daily reduction of COD substrate without agitation**

Hari (Days)	Rumput gajah (King grass)		Sampah kota (City waste)		Serbuk gergaji (Saw dust)	
	Ul. 1, % (Rep. 1)	Ul. 2, % (Rep. 2)	Ul. 1, % (Rep. 1)	Ul. 2, % (Rep. 2)	Ul. 1, % (Rep. 1)	Ul. 2, % (Rep. 2)
1	2,86	2,21	1,14	1,12	0,36	0,42
2	1,69	2,92	1,32	0,99	0,80	0,99
3	2,18	1,78	0,68	0,62	0,42	0,57
4	1,48	1,52	0,95	0,79	0,14	0,22
5	1,96	2,12	0,72	0,58	0,15	0,23
6	1,87	1,83	0,54	0,64	0,18	0,19
7	1,92	2,11	0,68	0,47	0,22	0,15

**Tabel 5. Penurunan harian COD untuk substrat dengan perlakuan agitasi**  
**Table 5. Daily reduction of COD substrate with agitation**

Hari (Days)	Rumput gajah (King grass)		Sampah kota (City waste)		Serbuk gergaji (Saw dust)	
	Ul. 1, % (Rep. 1)	Ul. 2, % (Rep. 2)	Ul. 1, % (Rep. 1)	Ul. 2, % (Rep. 2)	Ul. 1, % (Rep. 1)	Ul. 2, % (Rep. 2)
1	2,31	2,97	1,26	0,97	0,45	0,41
2	3,39	3,11	1,18	1,18	0,74	0,80
3	2,74	2,13	1,37	0,95	0,63	0,65
4	2,02	1,85	0,84	0,90	0,25	0,34
5	1,88	2,30	0,68	0,67	0,31	0,29
6	2,29	1,84	0,91	0,80	0,19	0,26
7	1,79	1,71	0,77	0,66	0,21	0,22

yang dilanjutkan dengan perombakan bahan organik sederhana hasil dekomposisi bahan di atas.

Perombakan tersebut akan mengakibatkan terjadinya penurunan COD. Hidrolisis polimer organik yang berjalan lambat terjadi pada proses selanjutnya, hasil dari proses hidrolisis ini berupa senyawa sederhana yang akan menaikkan kembali nilai COD. Nilai COD akan dirombak menjadi biogas. Fenomena ini menyebabkan nilai COD berfluktuasi selama proses fermentasi berlangsung (Tabel 4 dan tabel 5). Penurunan nilai COD paling besar terjadi pada substrat rumput gajah, yaitu sebesar 66,77 mg/g (dengan agitasi) dan 59,49 mg/g (tanpa agitasi). nilai penurunan COD sampah kota sebesar 33,29 mg/g (dengan agitasi) dan 29,24 mg/g (tanpa agitasi). Serbuk gergaji memiliki nilai penurunan paling rendah yaitu 17,95 mg/g (dengan agitasi) dan 15,38 mg/g (tanpa agitasi). Hal ini menunjukkan bahwa pada rumput gajah terjadi perombakan bahan organik secara lebih besar dibandingkan dengan jenis substrat lainnya.

#### 4. Derajat Keasaman (pH)

Kisaran pH fermentasi sistem "RUDAD" yang di-

kemukakan Gijzen (1987) adalah 5,8 - 7,0. Oleh karena itu untuk menjaga kondisi optimal, pH harus diusahakan berada pada kondisi tersebut. caranya adalah dengan menambahkan larutan penyangga. pada penelitian ini secara umum pH berkisar antara 6 - 7, kecuali pada substrat serbuk gergaji.

Perubahan pH dalam digester akan sangat mempengaruhi pertumbuhan mikroba yang ada di dalamnya. Terjadinya penurunan pH dalam penelitian ini adalah disebabkan oleh terjadinya proses asidogenesis dan asetogenesis yang menghasilkan asam organik seperti asam laktat, asam asetat, asam propionat, asam butirat dan asam lemak menguap lainnya. Dengan penggantian larutan penyangga, asam tersebut tidak menurunkan pH sampai di bawah kisaran yang optimal.

Penurunan pH juga disebabkan oleh adanya asam karbonat yang berasal dari reaksi karbondioksida dengan air pada proses dekarboksilasi asam organik. Di dalam substrat, asam karbonat mengalami proses ionisasi membentuk senyawa bikarbonat dan ion hidrogen. Peningkatan jumlah ion hidrogen akan menurunkan nilai pH.

**Tabel 5. Penurunan harian COD untuk substrat dengan perlakuan agitasi**  
**Table 5. Daily reduction of COD substrate with agitation**

Substrat (Substrate)	Lignin (Lignin), %		Selulosa (Cellulose), %	
	Awal (Initial)	Akhir (End) *	Awal (Initial)	Akhir (End) *
Rumput gajah (King grass)	11,41	9,59	39,01	25,85
Sampah kota (City waste)	16,83	13,49 13,21	43,62	34,76 32,81
Serbuk gergaji (Saw dust)	22,43	22,11 22,14	51,35	50,15 49,56

Keterangan (Remarks) : \* Setelah fermentasi berjalan 7 hari.

### 5. Kadar Lignin dan Selulosa

Fermentasi yang dilakukan terhadap ketiga jenis substrat ternyata telah mampu menurunkan kadar lignin maupun kadar selulosanya. Besarnya penurunan setelah fermentasi berjalan selama 7 hari dapat dilihat pada Tabel 6.

## IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa mikroba rumen hewan ruminansia dapat dihidupkan di luar perut hewan dengan memberikan kondisi yang menyerupai kondisi rumen yang sebesarnya. Di luar rumen, mikroba rumen yang terdiri dari jenis bakteri, silata protozoa dan kapang fiko-misetes tersebut mampu mendegradasi substrat secara baik.

Hasil degradasi terbaik di dapat pada substrat rumput gajah, kemudian disusul substrat sampah kota dan tingkat degradasi paling rendah diperoleh pada substrat serbuk gergaji.

Produksi biogas harian rata-rata dengan substrat rumput gajah adalah sebesar 1,06 liter (tanpa agitasi) dan 1,20 liter (dengan agitasi). Dengan substrat sampah kota nilainya adalah 0,44 liter (tanpa agitasi) dan 0,50 liter (dengan agitasi). Pada serbuk gergaji didapatkan nilai yang lebih rendah lagi yaitu 0,21 liter (tanpa agitasi) dan 0,22 liter (dengan agitasi).

Penurunan kadar padatan menguap rata-rata setiap hari pada rumput gajah adalah 6,43 % (tanpa agitasi) dan 7,38 % (dengan agitasi). Pada sampah kota nilainya adalah 3,42 % (tanpa agitasi) dan 3,87 % (dengan agitasi). Sedangkan pada serbuk gergaji penurunannya adalah 1,75 % (tanpa agitasi) dan 2,04 (dengan agitasi).

Substrat rumput gajah menghasilkan penurunan COD sebesar 59,49 mg/g (tanpa agitasi) dan 66,77 mg/g (dengan agitasi). Sampah kota menghasilkan nilai

lebih rendah yaitu 29,24 mg/g (tanpa agitasi) dan 33,29 mg/g (dengan agitasi). Serbuk gergaji menghasilkan nilai yang lebih rendah lagi yaitu 15,38 mg/g (tanpa agitasi) dan 17,98 mg/g (dengan agitasi).

Pada akhir fermentasi (7 hari), kadar selulosa rumput gajah turun sebesar 13,16 % (tanpa agitasi) dan 14,45 % (dengan agitasi). Kadar selulosa sampah kota turun sebesar 8,86 % (tanpa agitasi) dan 10,81 % (dengan agitasi). Kadar selulosa serbuk gergaji turun sebesar 1,2 % (tanpa agitasi) dan 1,79 % (dengan agitasi).

Pada akhir fermentasi (7 hari), kadar lignin rumput gajah turun sebesar 1,82 % (tanpa agitasi) dan 0,59 % (dengan agitasi) dan 1,62 % (dengan agitasi). Kadar lignin serbuk gergaji turun sebesar 0,32 % (tanpa agitasi) dan 0,29 % (dengan agitasi).

Pada fermentasi substrat rumput gajah dan sampah kota pH rata-rata berkisar antara 6 sampai 7, sedangkan pH pada serbuk gergaji rata-rata berkisar antara 7 sampai 8.

## V. DAFTAR PUSTAKA

- Adam, K.H. 1981. Organic to Biogas. Microbiology of Anaerobic Methane Production. Seminar on Green Energy, ITB Bandung.
- Barnett, A., Pyle dan S.K. Subramanian. 1978. Biogas Technology in the Third World: A Multi-disciplinary Review. International Development Research Centre, Ottawa, Canada.
- Buren, A. 1979. A Chinese Biogas Manual. Intermediate technology Publication Ltd., London.
- Gijzen, H.J. 1987. Anaerobic Digestion of Cellulosic Waste by Rumen - Derived Process. Koninklijke Bibliotheek, Den Haag.
- Nas. 1977. Methane generation from human, animal and agricultural wastes. NAS Washington.



**Lampiran 1. Sidik ragam produksi biogas**  
**Appendix 1. Analysis of variance of biogas production**

Sumber (Source)	Derajat bebas (df)	Jumlah kuadrat (SS)	Kuadrat tengah (MS)	F	F.05	F.01
Perlakuan (Treatment)	5	1,799	0,360	291,688 **	4,39	8,75
A	2	1,776	0,888	719,957 **	5,14	10,92
B	1	0,016	0,016	13,081 *	5,99	13,75
AB	2	0,007	0,003	2,723	5,14	10,92
Galat (Error)	6	0,007	0,001			
Jumlah (Total)	11	1,806	0,164			

**Keterangan (Remarks) :**

Jenis substrat (Substrate) : A      \*\* Sangat nyata (Highly significant)  
 Agitasi (Agitation) : B      \* Nyata (Significant)

**Lampiran 2. Sidik ragam penurunan VS**  
**Appendix 2. Analysis of variance of VS reduction**

Sumber (Source)	Derajat bebas (df)	Jumlah kuadrat (SS)	Kuadrat tengah (MS)	F	F.05	F.01
Perlakuan (Treatment)	5	52,940	10,588	127,250 **	4,39	8,75
A	2	51,747	25,874	310,957 **	5,14	10,92
B	1	0,948	0,948	11,394 *	5,99	13,75
AB	2	0,245	0,122	1,471	5,14	10,92
Galat (Error)	6	0,499	0,083			
Jumlah (Total)	11	53,439	4,858			

**Keterangan (Remarks) :**

Jenis substrat (Substrate) : A      \*\* Sangat nyata (Highly significant)  
 Agitasi (Agitation) : B      \* Nyata (Significant)

**Lampiran 3. Sidik ragam penurunan COD**  
**Appendix 3. Analysis of variance of COD reduction**

Sumber (Source)	Derajat bebas (df)	Jumlah kuadrat (SS)	Kuadrat tengah (MS)	F	F.05	F.01
Perlakuan (Treatment)	5	0,238	0,048	395,881 **	4,39	8,75
A	2	0,235	0,118	978,506 **	5,14	10,92
B	1	0,002	0,002	16,036 **	5,99	13,75
AB	2	0,001	0,000	3,179	5,14	10,92
Galat (Error)	6	0,001	0,000			
Jumlah (Total)	11	0,239	0,022			

**Keterangan (Remarks) :**

Jenis substrat (Substrate) : A  
 Agitasi (Agitation) : B  
 \*\* Sangat nyata (Highly significant)