

## **PENURUNAN KADAR H<sub>2</sub>S DALAM GAS BIO HASIL ANAEROBIC DIGESTION SLUDGE LIMBAH INDUSTRI DENGAN MENGGUNAKAN KOLOM ADSORPSI KARBON AKTIF**

**S.R.Juliastuti, Ramli Thahir**

**Laboratorium Pengolahan Limbah Industri**

**Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS**

**Jl. Arif Rakhman Hakim, Keputih-Sukolilo, Surabaya 60111**

**Telp: 031-5946240; Fax : 031-5999282; email address : [juliaz30@hotmail.com](mailto:juliaz30@hotmail.com)**

### **Abstrak**

*Biogas atau gas bio yang mempunyai kandungan utama berupa gas metane, merupakan salah satu jenis energi yang dapat dibuat dari banyak jenis bahan buangan dan bahan sisa yang mengandung senyawa organik seperti sampah organik, kotoran ternak, ataupun sludge pengolahan limbah domestik / industri dengan proses anaerobic digester.*

*Dalam penelitian pembuatan biogas ini bahan baku berasal dari sludge pengolahan limbah industri yang diproses secara anaerobic digester dengan menambahkan starter dari kotoran sapi dicampur dengan air ( 1 : 5 ). Starter disimpan selama lima hari. Starter dicampur dengan sludge dari PT SIER dan air dengan perbandingan ( 1 : 2 : 4 ) sebanyak 25 liter kemudian diaduk hingga homogen sebelum dimasukkan kedalam fermentor berukuran 30 liter, dengan menjaga proses pada range pH 6,8 – 7,2 serta suhu 32 °C. Proses digestion berlangsung selama 25 hari. Selama proses fermentasi dilakukan pengukuran pH dan suhu tiap hari sedangkan sample dianalisa MLSS dan MLVSS serta COD tiap 5 hari. Kandungan H<sub>2</sub>S dalam gas bio dapat menyebabkan terjadinya korosi pada peralatan yang terbuat dari logam sehingga untuk menurunkan kadar H<sub>2</sub>S dalam gas bio, maka produk gas bio dari anaerobic digester diadsorpsi dengan karbon aktif berukuran 6, 10 dan 14 mesh dalam kolom adsorpsi berukuran tinggi 180 cm dan diameter kolom 3,75 cm. Ukuran karbon aktif yang memberikan hasil terbaik adalah karbon aktif berukuran 14 mesh dengan efisiensi 99 % dengan kecepatan 200 ml/menit gas bio.*

*Biogas yang dihasilkan dalam penelitian ini mempunyai komposisi CH<sub>4</sub>=80%, H<sub>2</sub>S=2,8%, CO<sub>2</sub>=15,62%, CO=0,31% dan N<sub>2</sub>=1,22% volume. Tujuan dari penelitian ini selain meningkatkan kemurnian kandungan gas methan dalam biogas hasil pemanfaatan sludge pengolahan limbah industri sehingga meningkatkan nilai tambah dari sludge, juga untuk mendapatkan energi alternatif yang ramah lingkungan.*

**Kata Kunci : Removal H<sub>2</sub>S, Removal CO<sub>2</sub>, Adsorpsi karbon aktif, Bioga**

## 1. Pendahuluan

Pertambahan jumlah penduduk, menyebabkan sumber daya alam yang tersedia semakin berkurang misalnya bahan bakar minyak (BBM), Eksploitasi sumber daya alam terutama minyak bumi yang berlebihan telah memberikan ancaman terhadap lingkungan dan keselamatan manusia itu sendiri. Hal lain yang juga di khawatirkan banyak orang jumlah cadangan minyak bumi dari hari ke hari semakin berkurang dan terancam habis. Karena itu perlu upaya untuk mencari energi alternatif guna menghemat cadangan minyak bumi yang ada saat ini. Biogas adalah salah satu energi yang dapat dikembangkan mengingat bahan bakunya cukup tersedia dan terbarukan. Biogas adalah energi yang terbarukan sehingga sangat mungkin untuk menggantikan BBM yang terancam habis, pada sisi lain penggunaan biogas dapat mengatasi permasalahan lingkungan dari bahan organik yang dapat digunakan untuk bahan baku biogas.

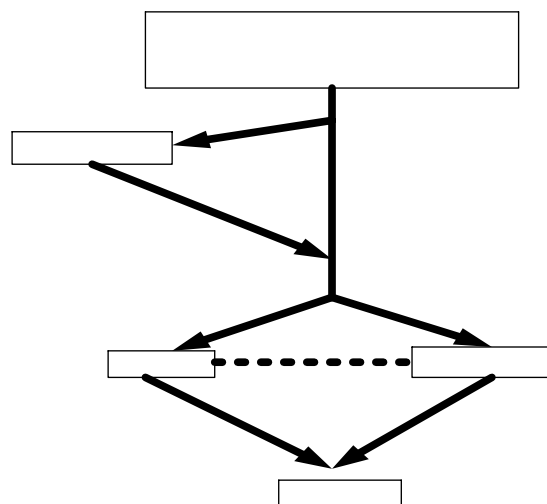
Salah satu bahan baku biogas adalah sludge (Lumpur aktif) yang dapat ditemukan dimana-mana baik dipertanian maupun dipedesaan. Sludge ini diberi perlakuan tertentu dicampur dengan kotoran sapi dengan air sampai encer kemudian baru dimasukan ke dalam digester. Di dalam digester akan terjadi proses pembusukan atau fermentasi oleh bakteri hydrolysis, acedogenesis dan methanogenesis. Proses fermentasi ini harus dilakukan dalam kondisi an aerobik atau hampa udara, dengan demikian sifat konstruksi digester harus dibuat agar dapat memenuhi kebutuhan tersebut.

Biogas yang mengandung  $H_2S$  harus dihilangkan karena gas tersebut berbau kurang enak dan bisa menyebabkan korosi pada peralatan yang terbuat dari logam.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Proses Pembentukan Biogas

Anaerobic Digestion adalah proses dekomposisi dan pembusukan yang dilakukan oleh mikroorganismenya, dimana senyawa organik terurai menjadi komponen senyawa kimia yang lebih sederhana tanpa menggunakan oksigen, tahap pembentukan biogas adalah :



Gambar 1. Group Mikroba Metabolisme yang Terlibat dalam Anaerobic Digestion <sup>[2]</sup>

### 2.2. Kondisi Dan Variabel Yang Mempengaruhi Anaerobic Digestion

Beberapa kondisi dan variabel harus diterapkan untuk mendapatkan penguraian senyawa organik yang diinginkan. Parameter operasi digester harus dikontrol untuk

meningkatkan aktivitas mikroba dan pada akhirnya meningkatkan efisiensi Anaerobic Digestion.

#### 1. Kandungan Solid Total

Terdapat tiga range kandungan solid, yaitu :

- Sistem low solid (LS) Anaerobic Digestion, mengandung kurang dari 10% Total Solid (TS).
- Sistem medium solid (MS) Anaerobic Digestion, mengandung 15 hingga 20% Total Solid (TS).
- Sistem high solid (HS) Anaerobic Digestion, mengandung 22 hingga 40% Total Solid (TS).

#### 2. Temperatur

Perkembang biakan sangat dipengaruhi oleh temperatur, terdapat rentang suhu yang cukup lebar untuk kehidupan mikroorganisme anaerob, proses Anaerobic Digestion dapat terjadi pada kondisi temperatur dengan range :

- Kondisi Mesophilic, antara 20-45°C, umumnya 35°C.
- Kondisi Thermophilic, antara 50-65°C, umumnya 55°C.

Temperatur digestion optimum dapat bervariasi tergantung pada komposisi feedstock dan tipe digester, namun pada kebanyakan proses Anaerobic Digestion sebaiknya dipertahankan konstan untuk mempertahankan rate gas yang diproduksi.

#### 3. Retention Time

Digester thermophilic lebih efisien dalam retention time, loading rate, dan jumlah produksi gas, namun membutuhkan panas yang lebih besar dan lebih sensitif terhadap variabel operasi dan lingkungan, sehingga membuat proses lebih rumit dibandingkan dengan mesophilic digestion.

Retention time adalah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan penguraian senyawa organik. Retention time bervariasi tergantung pada parameter proses, seperti temperatur proses dan komposisi limbah. Retention time untuk mesophilic digester sekitar 15 hingga 30 hari dan 12 hingga 14 hari untuk thermophilic digester.

#### 4. pH

Nilai pH optimum untuk tahap acidogenesis berbeda dengan methanogenesis. Selama acidogenesis, terbentuk asam asetat, asam laktat, dan asam propionat, menyebabkan pH turun. pH tinggi dapat menghambat acidogenesis dan pH di bawah 6,4 dapat menjadi racun bagi bakteri pembentuk metana (range optimum untuk methanogenesis antara 6,6-7). Range pH optimum secara keseluruhan antara 6,4-7,2.

Terbentuknya asam-asam organik volatile oleh bakteri acetogen selama dekomposisi dapat mengakibatkan pH cenderung turun, namun demikian penurunan tersebut diimbangi oleh degradasi asam-asam tersebut dan membentuk buffer bikarbonat selama proses pembentukan gas metan. Bila proses berjalan tidak seimbang sebagai contoh seperti perubahan kondisi yang mendadak, maka akan menyebabkan terganggunya gas metan dan produksi asam meningkat terus sehingga kapasitas buffer tidak bisa mengatasinya, sebagai akibatnya angka pH turun drastis.

#### 5. Rasio Karbon terhadap Nitrogen (C:N)

Hubungan antara jumlah karbon dan nitrogen dalam senyawa organik dilambangkan dengan rasio C/N. Rasio C/N optimum pada anaerobik digester antara 20 hingga 30. Rasio C/N yang tinggi merupakan indikasi nitrogen dikonsumsi secara cepat oleh bakteri methanogenik dan menghasilkan gas yang lebih rendah. Dan sebaliknya, rasio C/N yang rendah menyebabkan akumulasi amoniak dan nilai pH melebihi 8,5, sehingga beracun bagi bakteri methanogenik.

### 2.3. Adsorpsi

Fenomena adsorpsi gas padat dapat didekati dengan model Freundlich atau Langmuir. Model ini digunakan untuk membuat model matematika untuk menentukan velocity dari adsorpsi dan menentukan waktu tinggal adsorpsi.

- Model Freundlich adalah sebagai berikut :

$$\frac{x}{m} = k.C^b \dots\dots\dots$$

(1)

Dimana :

- m = Massa adsorben (gram)
- x = jumlah bahan yang diserap oleh adsorben (gram)
- C = Konsentrasi bahan dalam larutan
- k, b = konstanta

Kurva yang diperoleh pada model Freundlich di atas biasanya parabolik. Namun dengan membuatnya dalam bentuk logaritmik, kurva berubah menjadi linier dengan persamaan menjadi :

$$\log \frac{x}{m} = \log k + b \log C \dots\dots\dots (2)$$

Hubungan antara jumlah polutan yang teradsorpsi dan kesetimbangan tekanan pada temperatur konstan disebut adsorpsi isothermis, dapat ditulis persamaan Langmuir:

$$W = \frac{aC^*g}{1 + bC^*g} \dots\dots\dots$$

(3)

Dimana :

- W : Jumlah gas per unit massa adsorber (kg/kg)
- a, b : Konstanta yang diperoleh dari eksperimen
- C\* g : Konsentrasi gas polutan pada kesetimbangan (g/m<sup>3</sup>)

Pada analisis dari data eksperimen persamaan di atas dapat ditulis kembali sbb :

$$\frac{C^*g}{W} = \frac{1}{a} + \frac{b}{a}C^*g \dots\dots\dots$$

(4)

Sedangkan velocity pada daerah adsorpsi dapat dihitung dengan persamaan :

$$vf = \frac{Qg(1 + bC^*g)}{a.\rho_s.\rho_g.Ac} \dots\dots\dots$$

(5)

Dimana :

- vf : Velocity pada daerah adsorber (m/s)
- Qg : Flow gas (kg/s)
- Ac : Luas permukaan bed (m<sup>2</sup>)
- ρg : Density gas (kg/m<sup>3</sup>)
- ρs : Density karbon aktif (kg/m<sup>3</sup>)

Sedangkan waktu adsorpsi adalah :

$$t_B = \frac{Zt - \delta}{vf} \dots\dots\dots$$

(6)

Dimana :

$Z_t$  : Tinggi bed (m)

$\delta$  : Lebar/diameter adsorpsi (m)

$V_f$  : Daerah velocity adsorpsi (m/s)

### 3. Metodologi Penelitian

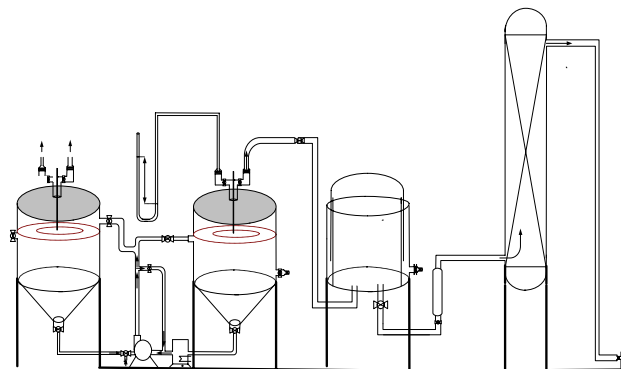
Lumpur aktif (sludge) yang digunakan diambil dari PT SIER. Sedangkan untuk starter digunakan kotoran sapi dari peternakan rakyat. Penelitian dilakukan skala laboratorium dengan melakukan tiga tahap yaitu pembuatan starter, fermentasi (anaerobic digester) dan adsorpsi gas polutan dalam biogas.

Pembuatan starter dilakukan dengan cara mencampurkan kotoran sapi dengan air (1 : 2), diaduk hingga homogen kemudian disaring, sample dianalisa pH, berat jenis, COD dan kebutuhan nutrient sebelum dipompa kedalam tangki starter.

Lumpur aktif, air dan starter yang telah difermentasikan selama 5 hari dicampur hingga homogen dengan perbandingan Starter : Lumpur aktif : Air ( 1 : 2 : 4). Sampel dianalisa dan diukur temperature, pH, COD, berat jenis, MLSS (Mixed Liquor Suspended Solid), MVLSS (Mixed Liquor Volatile Suspended Solid) dan kebutuhan nutrient, kemudian dipompa kedalam fermentor. Pengadukan dilakukan tiap hari dengan cara melakukan sirkulasi pemompaan. pH dikondisikan pada kisaran 6,8 – 7,2 pada temperature 32 - 37°C. Dilakukan pengukuran pH, temperature dan kecepatan pembentukan biogas tiap hari selama 25 hari, sedangkan COD, MLSS dan MLVSS tiap 5 hari selama 25 hari.

Biogas dari fermentor ditampung dalam gas holder kemudian di adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif. Gas dialirkan ke adsorpsi dengan kecepatan 200, 400, 600, 800 dan 1000 ml/mnt, sebelum masuk dan setelah keluar dari adsorpsi H<sub>2</sub>S dalam biogas diukur.

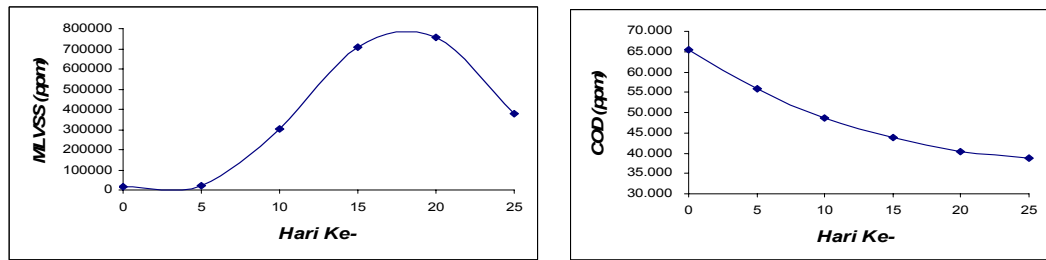
### Gambar Proses fermentasi dan removal H<sub>2</sub>S dengan adsorpsier karbon aktif



**Gamabar 2. Proses fermentasi dan removal H<sub>2</sub>S dengan adsorber karbon aktif**

### 4. Hasil dan Pembahasan

- Di bawah ini merupakan kurva perbandingan MLVSS dan COD terhadap waktu selama 25 hari.



Gambar 3. Kurva hubungan antara (MLVSS & COD) terhadap waktu

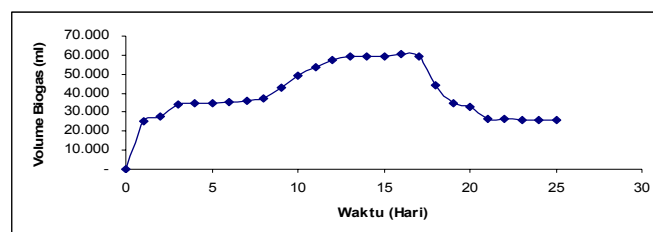
Dari grafik MLVSS Vs waktu pada hari 0-5, bakteri belum berkembang biak tapi menyesuaikan diri dengan lingkungan yang baru seperti suhu, konsentrasi dan lain-lain sehingga kebutuhan makanan belum banyak, dari grafik MLVSS Vs waktu terlihat agak stasioner sedangkan nutrisi dibutuhkan untuk melakukan aktivitas sehingga dari grafik COD Vs waktu turun dengan drastis.

Pada hari 5 – 15, bakteri sudah berkembang biak disini populasi bertambah secara teratur, menjadi dua kali lipatnya hingga hari ke 15, ini diperlihatkan pada grafik MLVSS Vs waktu yang naik secara drastis (lurus). Kebutuhan nutrisi yang dikonsumsi semakin banyak, ini diperlihatkan pada grafik log COD Vs waktu yang turun.

Pada hari 15 – 20, bakteri sudah seimbang artinya bakteri yang hidup sama dengan bakteri mati, seperti diperlihatkan pada grafik yang hampir datar (statis) sehingga nutrisi juga mengalami keseimbangan ini diperlihatkan pada grafik log COD Vs waktu yang penurunannya kecil.

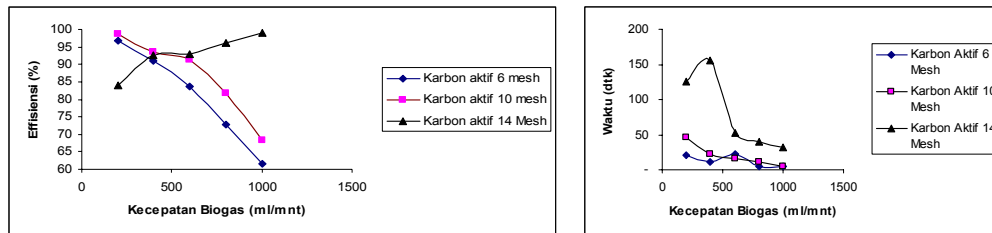
Pada hari 20 – 25, bakteri tidak seimbang artinya bakteri sudah ada yang mati, yang kemungkinan disebabkan karena makanan sudah berkurang atau tidak bisa mempertahankan diri sehingga mengalami kematian ini diperlihatkan pada grafik Log MLVSS dan log COD Vs waktu yang menurun.

- Dari grafik 4 terlihat bahwa untuk perbandingan starter : sludge : air 1 : 2 : 4 Volume gas sudah terbentuk pada hari pertama, tetapi belum terbentuk biogas karena dari hasil penelitian pada saat biogas di bakar belum ada titik api ( bunsen belum menyala) gas terbentuk karena adanya aktivitas bakteri yang menguraikan senyawa kompleks seperti karbohidrat, lemak dan protein. Biogas terbentuk pada hari ke-5, karena pada saat biogas dibakar dengan menggunakan bunsen api mulai menyala meskipun masih redup.



Gambar 4. Kurva hubungan Volume terhadap waktu

- Dibawah ini merupakan grafik antara efisiensi (%) dan waktu tinggal adsorpsi terhadap kecepatan gas untuk berbagai ukuran karbon aktif dengan tinggi bed 1,8 meter dan diameter dalam 3,75 cm.



Gambar 5. Kurva hubungan efisiensi dan waktu tinggal terhadap kecepatan biogas

Dari grafik 5 terlihat bahwa ukuran karbon aktif 6 dan 10 mesh makin tinggi kecepatan volumetric biogas efisiensi makin kecil, hal ini terjadi karena makro pori antara karbon aktif besar sehingga waktu tinggal biogas dalam karbon aktif tidak lama. Untuk ukuran karbon aktif 14 mesh makin tinggi kecepatan volumetric efisiensi makin tinggi, hal ini terjadi karena makro pori antar karbon aktif kecil sehingga biogas yang melewati karbon aktif terjadi turbulensi, sehingga waktu tinggal biogas dalam karbon aktif menjadi lama. Kecepatan volumetric yang terlalu besar akan menyebabkan karbon aktif terfluidisasi, jika hal ini terjadi akan menyebabkan efisiensi berkurang.

Dari grafik 5. di atas terjadi perubahan waktu yang naik dengan cepat kemudian turun dengan drastis, hal ini terjadi karena kecepatan biogas dari aliran laminar kemudian terjadi aliran turbulen.

- Di bawah ini adalah table perbandingan persamaan Freundlich dengan Langmuir dan nilai  $R^2$  dari grafik di atas.

Tabel. 1. Perbandingan Persamaan Freundlich dan Langmuir dan nilai  $R^2$

Ukuran Karbon aktif (mesh)	Freundlich		Langmuir	
	Persamaan	R	Persamaan	R
6	$Y = -0,1696 X + 0,2029$	0,8462	$Y = 4,8343X - 31979$	0,9839
10	$Y = -0,1092 X - 0,0004$	0,7808	$Y = 4,401X - 19096$	0,9903
14	$Y = -0,0545 X - 0,5576$	0,8037	$Y = 6,6403X - 5617,6$	0,9974

Dari Tabel di atas yang digunakan dalam analisa data adalah persamaan Langmuir karena mempunyai nilai  $R^2$  mendekati 1.

## 5. Kesimpulan

- Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :
- Proses anaerobic digester (AD) dengan 4 kg starter, 8 kg sludge dan 16 kg air (perbandingan starter : sludge : air = 1 : 2 : 4) dicampur hingga homogen kemudian dimasukkan kedalam fermentor sebanyak 25 liter, volume fermentor 35 liter, dihasilkan biogas 429,2526 mol (BM=29,65) dengan tekanan 10,486 atm.
- Dari hasil pengamatan pada proses anaerobic digester (AD) dengan perbandingan starter : sludge : air = 1 : 2 : 4, pada hari 0 – 5 bakteri mengalami fase adaptasi, hari 5 – 12 fase logaritmik, hari 12 – 21 fase stationer dan hari ke 21 – 25 fase kematian.
- Dari hasil perhitungan kebutuhan nutrisi dalam digester telah mencukupi karena hanya menambahkan 4,3390 gram urea dan 1,1762 gram TSP.
- Biogas yang dihasilkan dalam penelitian ini mempunyai komposisi  $CH_4=80\%$ ,  $CO_2=15,61\%$ ,  $H_2S=2,8\%$  dan  $N_2=1,22\%$  volume.
- Dari hasil perhitungan perbandingan antara persamaan Freundlich dengan Langmuir yang paling teliti adalah persamaan Langmuir karena mendekati garis linear.

- Dari hasil penelitian removal H<sub>2</sub>S dari biogas dengan adsorpsi karbon aktif dengan ukuran 6 mesh, 10 mesh dan 14 mesh yang mempunyai efisiensi optimum pada ukuran 14 mesh karena mempunyai efisiensi paling tinggi.

#### **Daftar Pustaka**

1. Ammary, Baashar Y., "Nutrients Requirements in Biological Industrial Wastewater Treatment", African Journal of Biotechnology, Vol. 3, 2004.
2. Bitton, Gabriel, "Waste Water Microbiology " 2<sup>th</sup> .A John Willey & Sons, Singapore, 1999.
3. Engineers Without Borders Sustainable Development Research Competition, "The Biogas Digester – A Sustainable Energy Production Technology for Rural Development of Sub-Saharan Countries", 2004.
4. Grady, CP Leslie and Lim, Henry C., "Biological Wastewater Treatment: Theory & Applications", Marcel Dekker, Inc., New York & Bassel, 1980.
5. Haggmann, M., Heimbrand, E., Hentschel, P., " Determination of Siloxanes in Biogas from Landfills and Sewage Treatment Plants", Seventh International Waste Management and Landfill Symposium, Italy, 1999.
6. Metcalf & Eddy Inc, "Wastewater Engeneering Treatment Diposal Reuse", McGraw Hill.
7. Mikucki, J.A., Liu,Y., Delwiche, M., Colwell, F.S., Boone, D.R., " Isolation of a Methanogen from Deep Sediments That Contain Methane Hydrates, and Description of Methanoculleus submarinus sp. nov.", Applied and Environmental Microbiology, 2003.
8. Monnet, Fabien, "An Introduction to Anaerobic Digestion of Organic Wastes", Remade Scotland, 2003.
9. Nemerow, Nelson L, "Liquid Waste of Industry :Theories, Practice,Treatment", Addison - Wesley Publishing Company, New York, 1971.
10. Schroeder, Edward D., "Water and Wastewater Treatment", Mc Graw Hill, 1977.



Filename: makalah S.R.Juliastuti  
Directory: C:\Documents and Settings\bundo\My Documents\My Documents\SNTK TOPI 2006 Yeah!\makalah lengkap  
Template: C:\Documents and Settings\bundo\Application Data\Microsoft\Templates\Normal.dot  
Title: INTISARI  
Subject:  
Author: Dian YePe  
Keywords:  
Comments:  
Creation Date: 18/10/2006 12:41:00  
Change Number: 10  
Last Saved On: 02/12/2006 08:50:00  
Last Saved By: bundo  
Total Editing Time: 28 Minutes  
Last Printed On: 02/12/2006 08:50:00  
As of Last Complete Printing  
Number of Pages: 8  
Number of Words: 2.639 (approx.)  
Number of Characters: 15.045 (approx.)

