

## KAJIAN APLIKASI TEKNOLOGI PENYERAPAN GAS CO<sub>2</sub> DARI TANGKI SEPTIK RUMAH TANGGA SEBAGAI UPAYA PEMANFAATAN BIOGAS CH<sub>4</sub> DARI KEGIATAN PERMUKIMAN

**Arka Romadona, Arseto Yekti Bagastyo<sup>\*</sup>, Rachmat Boedisantoso,  
Susi Agustina Wiludjeng, Abdu Fadli Assomadi, Agus Slamet, Joni Hermana**

*Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya, 60111*

*\*E-mail: bagastyo@enviro.its.ac.id*

### ABSTRACT

*Human housing activities are estimated to contribute Greenhouse Gas (GHG) emissions up to 15% of total GHG emissions. In these activities, 76% of GHG are produced as a by-product of septic tank treatment unit with carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and methane (CH<sub>4</sub>) being the dominant gases. In order to reduce GHG emitted to the atmosphere, some effort we can do are methane gas recovery as a biogas energy source, while the other gasses including CO<sub>2</sub> need to be adsorbed so that they would not be emitted to the atmosphere. This study aims to determine the amount of gas produced from household septic tank unit, and the efficiency of CO<sub>2</sub> adsorption using zeolite and activated carbon. This study was done using septic tank sludge. The result shows that CO<sub>2</sub> was produced up to 35%. The activated carbon was the most optimum media with 8 gram in weight to remove up to 61.2% of CO<sub>2</sub> for three days. While for zeolite, the most optimum variable was by using 2 gram of zeolite media, with up to 100% removal of CO<sub>2</sub>.*

*Keywords : CO<sub>2</sub> gas adsorption, septic tank, zeolite, activated carbon*

### PENDAHULUAN

Pemanasan global menjadi isu tren di seluruh belahan dunia. Pemanasan global menyebabkan dampak yang sangat besar terhadap perubahan iklim dunia dan kenaikan permukaan air laut. Menurut Waryono (2006), pada dasarnya pemanasan global terjadi karena peningkatan gas rumah kaca (GRK) secara terus menerus. Gas-gas tersebut meliputi uap air (H<sub>2</sub>O), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), metana (CH<sub>4</sub>) dan lain-lain. Jika peningkatan gas-gas tersebut terjadi secara terus menerus, maka akan diperkirakan pada abad yang akan datang suhu permukaan bumi akan meningkat antara 2,3°C sampai 7°C.

Semakin meningkatnya gas-gas rumah kaca tidak lain disebabkan oleh adanya kegiatan manusia sehari-hari. Salah satu kegiatan manusia yang dapat meningkatkan gas rumah kaca adalah penggunaan tangki septik (unit pengolahan air buangan sistem anaerobik). Penggunaan tangki septik dapat menghasilkan gas rumah kaca seperti gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan gas methane (CH<sub>4</sub>). Kedua gas tersebut merupakan gas dengan komposisi paling banyak yang dihasilkan dari proses anaerobik dalam tangki septik. Menurut Polprasert (1989), dapat diperkirakan kandungan gas yang dihasilkan dari tangki septik untuk gas methane (CH<sub>4</sub>) sebesar 55% - 65% dan karbondioksida (CO<sub>2</sub>) sebesar 35% - 45%. Sedangkan gas lainnya seperti Nitrogen (N<sub>2</sub>), Hidrogen (H<sub>2</sub>), Hidrogen Sulfida (H<sub>2</sub>S) dan lain-lain masing-masing hanya terkandung antara 0% - 1% saja. Dari kandungan gas yang dihasilkan pada proses anaerobik dalam tangki septik tersebut, gas CO<sub>2</sub> dapat berdampak besar terhadap pemanasan global (Stern, 2006) karena gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) memiliki konsentrasi terbesar di atmosfer, yaitu sekitar 72%, sedangkan gas methane hanya 18% (IPCC,

2006). Jika gas karbondioksida yang dihasilkan dari proses tangki septik dibiarkan, maka akan terjadi akumulasi gas CO<sub>2</sub> yang lepas ke atmosfer secara terus menerus. Disamping itu, seiring dengan perkembangan jumlah penduduk, maka bertambah pula pengguna tangki septik, sehingga gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) yang dihasilkan juga akan semakin banyak.

Salah satu cara untuk mengurangi emisi gas karbondioksida yang lepas ke atmosfer dari tangki septik adalah dengan mengadsorpsi atau menyerap gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) tersebut. Media yang dapat mengadsorpsi gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) adalah media yang memiliki porositas sehingga partikel dari gas dapat terakumulasi atau menempel pada permukaan media tersebut dan masuk dalam pori-pori dari media tersebut. Media yang memiliki porositas yang besar misalnya adalah zeolit dan karbon aktif. Zeolite merupakan bahan galian non logam atau mineral yang memiliki sifat-sifat fisika dan kimia yang unik yaitu sebagai penyerap, penukar ion, penyaring molekul dan sebagai katalisator (Xu et al., 2003). Begitu juga karbon aktif, memiliki sifat yang hampir sama dengan zeolit. Karbon aktif adalah karbon yang sudah diaktifkan sehingga pori-porinya lebih terbuka dan permukaannya menjadi lebih luas dengan demikian daya adsorpsinya menjadi lebih besar. Dilihat dari sifatnya, kedua media tersebut dapat digunakan sebagai bahan adsorpsi gas rumah kaca seperti karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Untuk kepentingan komersial, zeolite dan karbon aktif belum dimanfaatkan secara optimal. Agar dapat dimanfaatkan sebagai adsorben bagi gas rumah kaca seperti karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), maka harus diketahui efektifitas kedua media tersebut dalam mengadsorpsi gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>).

Berdasarkan hal tersebut di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji tentang efektifitas zeolite dan karbon aktif dalam mengadsorpsi gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dari tangki septik skala rumah tangga. Gas metan yang tidak terserap dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi biogas. Gas metan ini telah bersih dari campuran gas yang lain sehingga dapat dimanfaatkan secara optimal untuk mendukung aktifitas sehari-hari dalam rumah tangga sebagai sumber energi pengganti bahan bakar fosil.

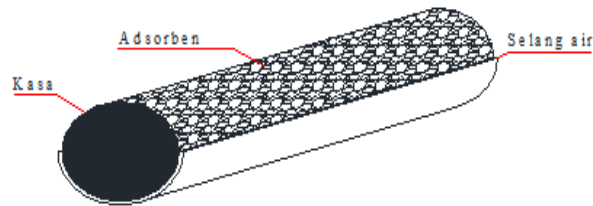
## **METODE PENELITIAN**

### **Persiapan Penelitian**

Pada tahap persiapan analisa, dilakukan 3 tahap persiapan. Yaitu diantaranya pembuatan kolom adsorpsi, pengenceran NaOH 0,01 M dan pengenceran HCl 0,01.

#### *Pembuatan kolom adsorpsi*

Sebelum melakukan analisa volume CO<sub>2</sub> teradsorpsi, dilakukan pembuatan kolom adsorpsi dengan media zeolit dan karbon aktif. Media yang digunakan yaitu media zeolit dan karbon aktif yang semuanya berdiameter 8-12 mesh. Sebelum membuat kolom adsorpsi, media ditimbang terlebih dahulu dengan menggunakan neraca analitik. Media yang akan ditimbang cukup menggunakan variabel 2 gram, kemudian media seberat 2 gram tersebut dimasukkan ke dalam selang air berdiameter 0,5 cm. Sehingga didapatkan densitas media setiap 2 gram nya. Sehingga, dapat diketahui panjang selang air untuk media seberat 2 gram adalah sepanjang 11 cm. Dari hasil tersebut dapat diketahui berapa panjang selang yang dibutuhkan untuk masing-masing variable berat medianya. Untuk masing-masing media, variable yang digunakan diantaranya 2 gram, 4 gram, 6 gram, dan 8 gram. Sehingga dengan mesh yang sama untuk kedua jenis media, didapatkan panjang selang yang dibutuhkan untuk masing-masing variable tersebut adalah 11 cm, 22 cm, 33 cm, dan 44 cm. Kolom adsorpsi untuk masing-masing media dibuat sebanyak 8 buah, yaitu 4 kolom untuk analisa volume gas CO<sub>2</sub> yang teradsorpsi dan 4 lainnya untuk analisa konsentrasinya yang tereduksi.



Gambar 1. Kolom adsorpsi

### Pengenceran NaOH 0,01 M

Pengenceran NaOH dilakukan untuk mendapatkan larutan NaOH 0,01 M, sebanyak 1 liter tiap analisa konsentrasi gas CO<sub>2</sub> tereduksi. Karena terdapat 2 media adsorpsi yaitu karbon aktif dan zeolit dengan variasi berat masing-masing 4 kriteria dalam setiap media, untuk setiap media diperlukan larutan NaOH 0,01 M sebanyak 200 mL, dan untuk 400 mL untuk variable control (terdapat 2 variabel control), sehingga diperlukan larutan NaOH sebanyak 2 Liter. Karena NaOH awal berupa padatan, maka NaOH padatan harus dilarutkan dengan aquades terlebih dahulu. Sebelum dilarutkan dengan aquades, NaOH padatan harus ditimbang kira-kira sebanyak 0,8 gr. Kemudian dilarutkan dengan aquades sebanyak 2 liter. Dan didapatkan NaOH 0,01 sebanyak 2 liter.

### Pengenceran HCl 0,01 M

Pengenceran HCl dilakukan untuk mendapatkan larutan HCl 0,01 M yang nantinya digunakan sebagai titran untuk larutan NaHCO<sub>3</sub> (larutan NaOH yang berikatan dengan gas CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari peristiwa anaerobic). Larutan HCl yang dibutuhkan sama dengan NaOH yang diencerkan yaitu sebanyak 2 Liter. Pada awalnya terdapat HCl pekat sebesar 12 M. Sehingga untuk membuat larutan HCl 0,01 M dengan volume 2 Liter, dibutuhkan 1,66 mL HCl 12 M tersebut dan diencerkan kedalam 2 Liter aquades.

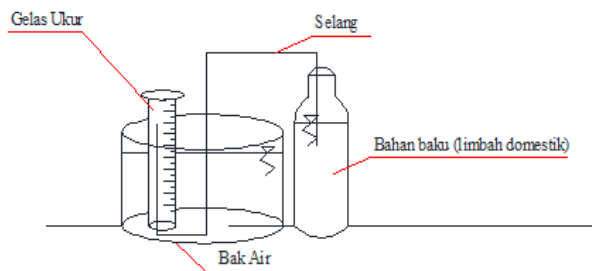
### **Penelitian Pendahuluan**

Penelitian pendahuluan ini dilakukan untuk memperoleh pola gas yang dihasilkan setiap jam nya yang keluar dari reaktor biogas (berisi bahan baku lumpur tinja). Analisa ini dilakukan menggunakan 2 reaktor yang diperlakukan sama dan dilakukan di workshop jurusan Teknik Lingkungan ITS. Penelitian pendahuluan ini hanya meliputi analisa volume gas.

Persiapan alat dan bahan:

1. Corong
2. Botol kaca volume 1 L
3. Aquarium kaca volume ± 10 L
4. Selang berdiameter ± 0,5 cm
5. Gelas ukur volume 25 mL
6. Statip
7. Lilin atau lem tembak atau malam 500 mL limbah tangki septik

Perangkaian sistem penyaluran gas dilakukan sebelum analisa pengukuran volume gas. Pada system penyaluran gas ini, gas dari botol kaca 1 liter (berisi 500 mL limbah tinja dari tangki septik) dibiarkan mengalir secara kontinu melalui selang menuju gelas ukur yang terisi air dan terbalik pada aquarium kaca yang terisi air seperti analisa biogas. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut:



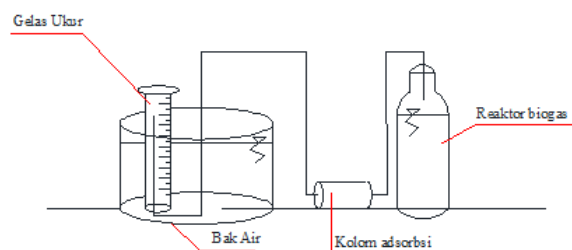
Gambar 2. Rangkaian reaktor pada penelitian pendahuluan

### Analisa Data

Setelah melakukan penelitian pendahuluan, akan diketahui pola gas yang dihasilkan dari lumpur tinja. Sehingga pola tersebut akan digunakan untuk pengukuran volume gas pada analisa menggunakan media. Pada tahap analisa dan pembahasan ini, akan dilakukan analisa diantaranya analisa volume gas teradsorpsi, analisa konsentrasi gas  $\text{CO}_2$ , analisa gas  $\text{CO}_2$ , analisa data, serta kesimpulan dan saran.

#### Analisa volume gas teradsorpsi

Analisa ini bertujuan untuk menghitung gas teradsorpsi yang keluar dari reaktor biogas (bahan baku lumpur tinja). Analisa ini menggunakan metode yang sama dengan analisa volume gas pada penelitian pendahuluan. Analisa dilakukan sebanyak 8 kali yaitu analisa adsorpsi gas oleh media zeolit dan karbon aktif dengan variable berat media 2, 4, 6 dan 8 gram. Setiap tahapan analisa dilakukan selama empat hari. Analisa ini menggunakan alat dan bahan yang sama dengan analisa pendahuluan. Dan reaktor yang digunakan sebanyak 5 reaktor setiap medianya, diantaranya 1 reaktor untuk variable kontrol yang rangkaian reaktor nya sama dengan rangkaian reaktor pada analisa pendahuluan. Dan 4 reaktor lainnya merupakan reaktor yang ditambahkan kolom adsorpsi sebelum masuk ke gelas ukur. Keempat reaktor tersebut terdiri dari reaktor dengan kolom adsorpsi yang berbeda variable yaitu berat media 2, 4, 6, dan 8 gram. Untuk rangkaian reaktor adsorpsi dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3. Rangkaian reaktor dengan kolom adsorpsi

#### Analisa gas $\text{CO}_2$

Analisa ini terdiri dari 2 analisa, diantaranya adalah analisa Gas Chromatography (GC) dan Analisa foto SEM (Scanning Electron Microscope). Analisa gas chromatography bertujuan untuk mengetahui besar komposisi gas  $\text{CO}_2$  yang ada dalam lumpur tinja. Analisa ini dilakukan di laboratorium Energi Institute Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Sampel yang dianalisa berupa gas dari reaktor pada analisa volume gas teradsorpsi. Pewadahan dari sampel berupa plastik. Pengambilan sampel terdiri dari dua tahap, yaitu tahap awal (reaktor variable control) dan akhir (reaktor yang terpasang kolom adsorpsi). Untuk tahap awal, sampel diambil 1 kali untuk mengetahui berapa komposisi awal gas yang dihasilkan dari reaktor variable kontrol. Dan untuk

tahap akhir, sampel diambil sebanyak 4 kali berdasarkan jumlah reaktor yang terpasang media dengan 4 variabel berat. Cara pengambilan sampel dapat dilakukan dengan menutup valve dari rangkaian sistem analisa volume gas teradsorpsi. Kemudian memasang gas bag sampel (*tedlar bag*) pada selang cabang khusus untuk analisa Gas Chromatography. Setelah itu valve pada selang cabang dibuka dan dinyalakan pompa untuk menghisap gas dari reaktor. Setelah gas bag terisi udara, maka sampel siap di analisa di laboratorium energy.

Analisa foto Scanning Electron Microscopy (SEM) dilakukan untuk menunjukkan bahwa media karbon aktif dan zeolite telah mengadsorpsi gas dari dalam tangki septik. Analisa ini dilakukan di laboratorium Jurusan Metalurgi, Fakultas Teknik Industri, Institute Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Sampel yang dianalisa adalah media adsorpsi (adsorben) yang diambil sebanyak 2 gram. Sampel diambil dan dianalisa sebanyak 4 kali (2 kali media karbon aktif dan 2 kali media zeolite) yaitu media awal sebelum diberi perlakuan, dan media setelah diberikan perlakuan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

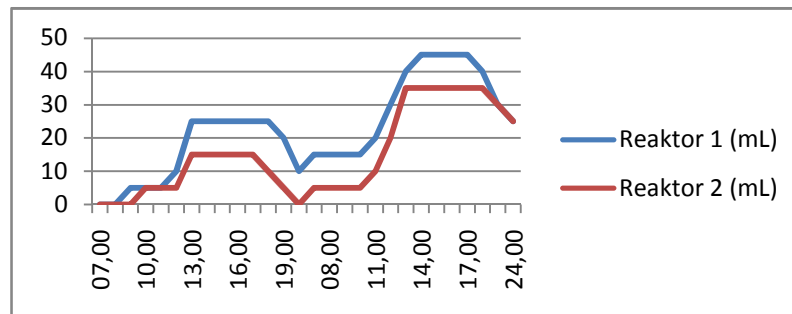
### Penelitian Pendahuluan

Analisa ini dilakukan selama 2 hari dengan pengukuran volume awal pada tanggal 4 September 2013 tepatnya pada pukul 07.00 pagi. Kondisi awal gelas ukur pada reaktor 1 menunjukkan air sudah pada batas 130 mL dan reaktor 2 pada angka 120 mL. Nilai tersebut dianggap awal dari penelitian sehingga kedua reaktor masih dianggap menghasilkan 0 mL gas. Hasil dari analisa pendahuluan selama 2 hari dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Hasil Penelitian Pendahuluan

Data ke-	Tanggal	Waktu Ukur	Reaktor 1 (mL)				Reaktor 2 (mL)			
			Volume	Gas yang dihasilkan	Gas yang dihasilkan per hari	Kumulatif Gas	Volume	Gas yang dihasilkan	Gas yang dihasilkan per hari	Kumulatif Gas
1		07,00	130	0		0	120	0	0	
2		08,00	130	0		0	120	0	0	
3		09,00	135	5		5	120	0	0	
4		10,00	135	0		5	125	5	5	
5		11,00	135	0		5	125	0	5	
6		12,00	140	5		10	125	0	5	
7	4/9/2013	13,00	155	15		25	135	10	15	
8		14,00	155	0	10	25	135	0	15	
9		15,00	155	0		25	135	0	15	
10		16,00	155	0		25	135	0	15	
11		17,00	155	0		25	135	0	15	
12		18,00	155	0		25	130	-5	10	
13		19,00	150	-5		20	125	-5	5	
14		24,00	140	-10		10	120	-5	0	
15		07,00	145	5		15	125	5	5	
16		08,00	145	0		15	125	0	5	
17		09,00	145	0		15	125	0	5	
18		10,00	145	0		15	125	0	5	
19		11,00	150	5		20	130	5	10	
20		12,00	160	10		30	140	10	20	
21	5/9/2013	13,00	170	10		40	155	15	35	
22		14,00	175	5	15	45	155	0	35	
23		15,00	175	0		45	155	0	35	
24		16,00	175	0		45	155	0	35	
25		17,00	175	0		45	155	0	35	
26		18,00	170	-5		40	155	0	35	
27		19,00	160	-10		30	150	-5	30	
28		24,00	155	-5		25	145	-5	25	

Dilihat dari hasil analisa pada tabel diatas, menunjukkan bahwa gas yang dihasilkan dari kedua reaktor tersebut sangat fluktuatif, sehingga sulit untuk menentukan pola dari gas yang dihasilkan setiap jam nya. Namun pada selisih jam tertentu, terjadi kenaikan gas yang cukup besar dan penurunan gas yang cukup drastis. Dan dilihat dari penurunan dan kenaikan fluktuasi gas, dapat ditentukan pola gas yang keluar dari reactor lumpur tinja. Sehingga untuk mengetahui pola gas, dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini:



Gambar 5. Grafik Kumulatif Gas

Jika dilihat dari grafik diatas, meskipun gas yang dihasilkan bersifat fluktuatif, namun grafik tersebut menunjukkan suatu pola dimana terdapat kondisi maksimum di setiap harinya. Kondisi maksimum pada kedua reaktor pada hari pertama terjadi diantara data ke-7 sampai data ke-11 yang artinya gas yang dihasilkan paling banyak pada jam 13.00-17.00. Dan untuk hari kedua, kondisi maksimum terjadi pada data ke- 21 sampai data ke-25. Dan seperti hari pertama, gas yang dihasilkan paling banyak pada jam 13.00-17.00.

Namun, pada jam tertentu juga terjadi penurunan cukup drastis yaitu pada data ke-14 atau sama dengan analisa di hari pertama pada jam 24.00. Dari naik turunnya gas yang dihasilkan oleh kedua reaktor selama 2 hari, dapat disimpulkan bahwa faktor yang mempengaruhi peningkatan dan penurunan produksi gas dari proses anaerobic tersebut adalah suhu dan kelembaban.

### Analisa Volume Gas Teradsorpsi

Analisa volume gas teradsorpsi, ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar efektifitas media dapat mengadsorpsi total volume gas. Analisa ini terbagi menjadi 2 tahap analisa. Diantaranya analisa volume gas teradsorpsi oleh media karbon aktif dan oleh media zeolite. Untuk analisa tahap 1 yaitu dengan media karbon aktif, dilakukan pada tanggal 7 September 2013. Sedangkan untuk analisa dengan media zeolit, dilakukan pada tanggal 14 September 2013.

#### Analisa Tahap 1 (Media Karbonaktif)

Hasil dari analisa pada tahap 1 ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Volume gas yang dihasilkan pada Tahap 1

Data ke-	Tanggal	Waktu sampling	Volume Gas (mL)				
			Kontrol	Karbon Aktif 2 gr	Karbon Aktif 4 gr	Karbon Aktif 6 gr	Karbon Aktif 8 gr
1		07,00	0	0	0	0	0
2	7/9/2013	13,00	20	15	15	15	20
3		24,00	0	0	-5	0	0
4		07,00	35	20	20	0	10
5	8/9/2013	13,00	10	35	15	30	20
6		24,00	-10	-15	0	-25	0
7		07,00	10	0	0	-15	0

8	9/9/2013	13,00	20	10	30	15	10
9		24,00	-15	-25	-15	-20	-5
10		07,00	-25	5	5	25	15
11	10/9/2013	13,00	10	20	10	30	5
12		24,00	-10	-10	-15	-10	-15

Dari tabel diatas, dapat diketahui volume gas total yang dihasilkan per harinya. Dan untuk mengetahui volume gas yang dihasilkan per hari, dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 3. Volume gas yang dihasilkan per hari Tahap 1**

Hari ke-	Tanggal	Volume Gas (mL/hari)				
		Kontrol	Karbon Aktif 2 gr	Karbon Aktif 4 gr	Karbon Aktif 6 gr	Karbon Aktif 8 gr
Hari ke 1	7/9/2013	20	15	10	15	20
Hari ke 2	8/9/2013	35	40	35	5	30
Hari ke-3	9/9/2013	15	-15	15	-20	5
Hari ke 4	10/9/2013	-25	15	0	45	5

Kemudian dapat diketahui volume gas total yang teradsorpsi oleh media dengan mencari selisih volume antara reactor dengan media dan reactor kontrolnya. Untuk hasil volume gas yang teradsorpsi, dapat dilihat pada Tabel 4. Kemudian dari Tabel 4 dapat diketahui efektifitas media dalam mengadsorpsi gas total yang dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 4. Volume gas yang teradsorpsi per hari Tahap 1**

Hari ke-	Tanggal	Volume Gas teradsorpsi (mL/hari)			
		Karbon Aktif 2 gr	Karbon Aktif 4 gr	Karbon Aktif 6 gr	Karbon Aktif 8 gr
Hari ke 1	7/9/2013	5	10	5	0
Hari ke 2	8/9/2013	-5	0	30	5
Hari ke-3	9/9/2013	30	0	35	10
Hari ke 4	10/9/2013	-40	-25	-70	-30

**Tabel 5. Efektifitas media per hari Tahap 1**

Hari ke-	Tanggal	Efektifitas Media (%)			
		Karbon Aktif 2 gr	Karbon Aktif 4 gr	Karbon Aktif 6 gr	Karbon Aktif 8 gr
Hari ke 1	7/9/2013	25	50	25	0
Hari ke 2	8/9/2013	-14	0	86	14
Hari ke-3	9/9/2013	200	0	233	67
Hari ke 4	10/9/2013	160	100	280	120

Pada Tabel 5 diatas, dapat disimpulkan bahwa media karbon aktif yang paling efektif dalam mengadsorpsi total gas yang dihasilkan dari lumpur tinja 500 mL adalah media dengan variable 8 gr yang dapat mengadsorpsi gas total hingga 67% selama 3 hari. Hal ini dilihat berdasarkan lamanya media dalam mengadsorpsi gas total. Namun untuk hasil efektifitas lebih dari 100% dan kurang dari 0%, dianggap error pada perhitungan karena gas yang dihasilkan terlalu kecil selain itu terdapat penurunan volume gas hingga gas yang dihasilkan menjadi negative.

Analisa Tahap 2 (Media Zeolite)

Hasil dari analisa pada tahap 2 ini dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 6. Volume gas yang dihasilkan pada Tahap 2**

Data ke-	Tanggal	Waktu sampling	Volume Gas (mL)				
			Kontrol	Zeolite 2 gr	Zeolite 4 gr	Zeolite 6 gr	Zeolite 8 gr
1		07,00	0	0	0	0	0
2	7/9/2013	13,00	15	15	15	20	10
3		24,00	-10	-10	-10	-15	-10
4		07,00	0	15	10	5	10
5	8/9/2013	13,00	25	5	10	20	5
6		24,00	-10	-10	-10	-15	-10
7		07,00	0	0	10	5	15
8	9/9/2013	13,00	5	5	5	10	5
9		24,00	-5	-10	-25	-15	-20
10		07,00	-5	10	5	0	0
11	10/9/2013	13,00	5	5	5	5	15
12		24,00	-5	-10	-5	-15	-10

Dari tabel diatas, dapat diketahui volume gas total yang dihasilkan per harinya. Dan untuk mengetahui volume gas yang dihasilkan per hari, dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 7. Volume gas yang dihasilkan per hari Tahap 2**

Hari ke-	Tanggal	Volume Gas (mL/hari)				
		Kontrol	Zeolite 2 gr	Zeolite 4 gr	Zeolite 6 gr	Zeolite 8 gr
Hari ke 1	14/9/2013	5	5	5	5	0
Hari ke 2	15/9/2013	15	10	10	10	5
Hari ke-3	16/9/2013	0	-5	-10	0	0
Hari ke 4	17/9/2013	-5	5	3	-10	5

Kemudian dapat diketahui volume gas total yang teradsorpsi oleh media dengan mencari selisih volume antara reactor dengan media dan reactor kontrolnya. Untuk hasil volume gas yang teradsorpsi, dapat dilihat pada Tabel 8. Kemudian dari Tabel 8 dapat diketahui efektifitas media dalam mengadsorpsi gas total yang dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 8. Volume gas yang teradsorpsi per hari Tahap 2**

Hari ke-	Tanggal	Volume Gas teradsorpsi (mL/hari)			
		Zeolite 2 gr	Zeolite 4 gr	Zeolite 6 gr	Zeolite 8 gr
Hari ke 1	14/9/2013	0	0	0	5
Hari ke 2	15/9/2013	5	5	5	10
Hari ke-3	16/9/2013	5	10	0	0
Hari ke 4	17/9/2013	-10	-8	5	-10



Tabel 9. Efektifitas media per hari Tahap 2

Hari ke-	Tanggal	Efektifitas Media (%)			
		Zeolite 2 gr	Zeolite 4 gr	Zeolite 6 gr	Zeolite 8 gr
Hari ke 1	14/9/2013	0	0	0	100
Hari ke 2	15/9/2013	33	33	33	67
Hari ke-3	16/9/2013	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Hari ke 4	17/9/2013	200	160	-100	200

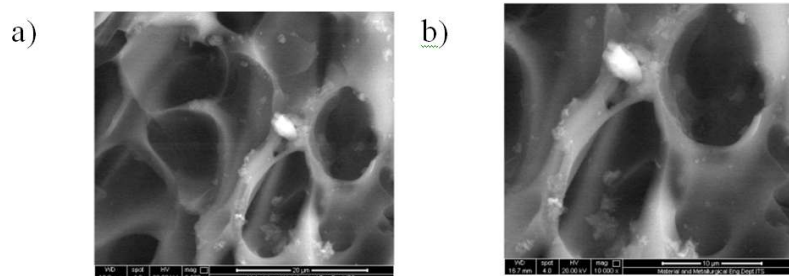
Pada Tabel 9 diatas, dapat disimpulkan bahwa media zeolite yang paling efektif dalam mengadsorpsi total gas yang dihasilkan dari lumpur tinja 500 mL adalah media dengan variable 8 gr yang dapat mengadsorpsi gas total hingga 67% selama 2 hari. Hal ini dilihat berdasarkan lamanya media dalam mengadsorpsi gas total. Sama seperti pada analisa menggunakan karbon aktif, untuk hasil efektifitas lebih dari 100% dan kurang dari 0%, dianggap error pada perhitungan karena gas yang dihasilkan terlalu kecil selain itu terdapat penurunan volume gas hingga gas yang dihasilkan menjadi negative.

### Analisa Gas CO<sub>2</sub>

Pada analisa gas CO<sub>2</sub> ini, terbagi menjadi 2 tahap analisa. Diantaranya analisa foto SEM dan analisa gas Chromatography.

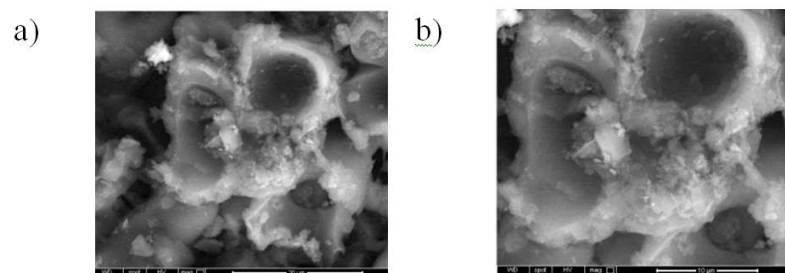
#### Analisa foto SEM

Analisa ini dilakukan dengan perbesaran 6500x dan 10000x. Untuk hasil dari analisa foto SEM dengan media karbonaktif, dapat dilihat pada gambar berikut:



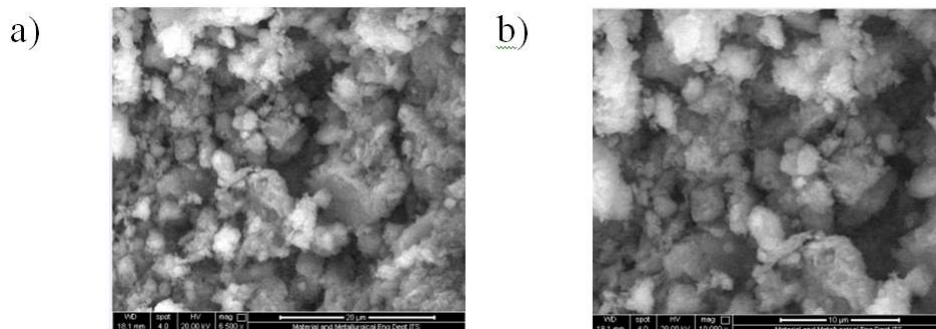
Gambar 6. Media karbon aktif tanpa perlakuan (variable kontrol). (a) Perbesaran 6500x dan (b) Perbesaran 10.000x

Dari gambar 6 dan gambar 7, dapat dilihat perbandingan media karbon aktif sebelum diberi perlakuan (variable kontrol) dan sesudah diberikan perlakuan (setelah melakukan analisa volume gas teradsorpsi).

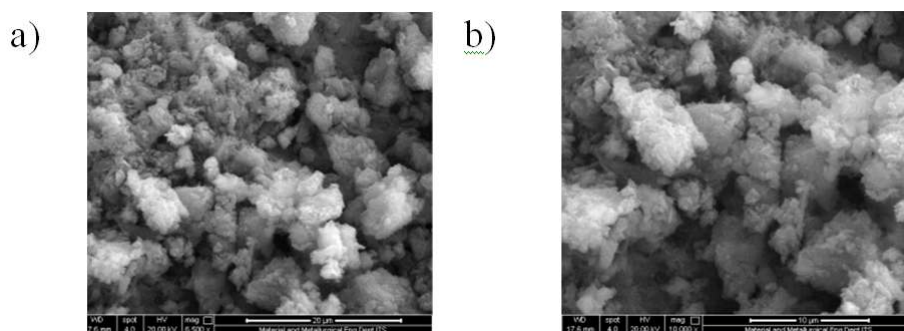


Gambar 7. Media karbon aktif dengan perlakuan (setelah analisa). (a) Perbesaran 6500x dan (b) Perbesaran 10.000x

Sedangkan dari analisa analisa foto SEM dengan media zeolite, dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 8 Media zeolite tanpa perlakuan (variable kontrol). (a) Perbesaran 6500x dan (b) Perbesaran 10.000x



Gambar 9 Media zeolite dengan perlakuan (setelah analisa). (a) Perbesaran 6500x dan (b) Perbesaran 10.000x

Dari gambar diatas, dapat dilihat perbandingan kedua media zeolite antara media tanpa diberikan perlakuan (variable kontrol) dengan media zeolite setelah diberikan perlakuan. Kedua media, menunjukkan kondisi permukaan yang hampir sama. Hal ini dikarenakan gas yang dihasilkan dari analisa pada tahap ke-2 ini sangat kecil karena komposisi kandungan organik dari bahan baku lumpur tinja yang diambil lebih sedikit dari analisa di tahap pertama. Selain itu, media zeolite tanpa perlakuan (variable bebas) diperkirakan telah terkontaminasi polutan lain pada saat penyimpanan. Namun jika dilihat lebih detail, terlihat sedikit perbedaan pada kedua media. Media zeolite yang setelah diberikan perlakuan sedikit lebih banyak polutan yang menempel dari pada variable kontrolnya. Dan diperkirakan kotoran yang menempel pada media tersebut adalah gas yang teradsorpsi.

### Analisa Gas Chromatography

Analisa gas Chromatography ini bertujuan untuk melihat komposisi dari gas karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang ada pada sampel gas yang diambil dari analisa adsorpsi gas oleh media karbon aktif dan zeolite sebagai data pembanding. Sehingga nantinya akan didapatkan kesimpulan apakah media telah mengadsorpsi gas sesuai dengan perhitungan pada analisa data nantinya. Penelitian ini dilakukan di Laboraturium Energi Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) tepatnya di Institute Teknologi Sepuluh Nopember.

Sampel Gas diambil berdasarkan media dengan variable berat yang paling efektif dalam mengadsorpsi gas total. Dari media karbon aktif, didapatkan media dengan variable 8 gram lah yang paling efektif, sehingga sampel gas yan diujikan adalah gas total hasil adsorpsi media karbon aktif 8 gram. Cara pengambilan sampel gas yaitu dengan menyedot gas yang ada dalam gelas ukur sisa analisa menggunakan pompa udara. Kemudian gas dipompakan pada plastik dan diikat. Dan hasil dari analisa Gas Chromathography tersebut didapatkan komposisi gas Karbondioksida hanya

sebesar 0,12%. Dan untuk analisa gas dari media zeolite masih belum terlaksana dikarenakan kerusakan alat Gas Chromatography pada laboratorium.

### **Analisa Data**

Pada tahap analisa data ini, didapatkan kesimpulan hasil dari penelitian secara keseluruhan. Tahap analisa data ini terdiri dari analisa volume gas CO<sub>2</sub> teradsorpsi oleh media karbon aktif, dan analisa volume gas CO<sub>2</sub> teradsorpsi oleh media zeolit.

#### Analisa volume gas CO<sub>2</sub> teradsorpsi oleh media karbon aktif

Dari tabel 5, dapat dilihat efektifitas karbon aktif mengadsorpsi gas total, didapatkan media karbon aktif yang paling efektif dalam mengadsorpsi gas total adalah media karbon aktif dengan variable berat media 8 gram. Penentuan efektifitas media ini bukan berdasarkan besarnya prosentase efektifitas media dalam mengadsorpsi gas total, namun berdasarkan media dengan variable berat manakah yang paling lama dalam mengadsorpsi gas yang dihasilkan dari reaktor. Oleh karena itu, dari analisa tahap pertama yaitu dengan media karbon aktif, media dengan variable berat 8 gram lah yang dapat mengadsorpsi gas total yang dihasilkan reaktor selama 3 hari dengan efektifitas sebesar 21,42 %. Menurut Polprasert (1989), dapat diperkirakan kandungan atau komposisi gas yang dihasilkan dari tangki septik terdiri dari gas CH<sub>4</sub> (55-65) %, CO<sub>2</sub> (35-45)%, N<sub>2</sub> (0-3)%, Hidrogen (0-1)%, dan H<sub>2</sub>S (0-1)%. Dan pada penelitian ini dapat diasumsikan bahwa komposisi gas yang dihasilkan adalah CH<sub>4</sub> sebesar 65%, karbon dioksida sebesar 35% dan untuk gas lainnya diabaikan. Dari komposisi tersebut, dapat diketahui volume gas CO<sub>2</sub> dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Vol gas CO}_2 = \text{Volume Gas total} \times \text{komposisi gas CO}_2$$

Dari persamaan diatas, yang dimaksud volume gas total adalah volume gas yang dihasilkan reaktor variable kontrol pada hari ke 1, hari ke 2, dan hari ke 3 yaitu sebesar 20 mL, 35 mL dan 15 mL. Sehingga total gas yang dihasilkan yaitu 70 mL. Dan komposisi gas CO<sub>2</sub> yang ditentukan sebesar 35%. Sehingga volume gas CO<sub>2</sub> adalah sebesar 24, 5 mL.

Dan untuk mengetahui berapa persen efektifitas media karbon aktif dalam mengadsorpsi gas CO<sub>2</sub> adalah dengan cara memprosentasikan perbandingan antara efektifitas media karbon aktif dalam mengadsorpsi gas total yaitu sebesar 21,42 % dengan prosentase komposisi gas karbondioksida sebesar 35 %. Sehingga didapat prosentase efektifitas media dalam mengadsorpsi gas CO<sub>2</sub> adalah:

$$\begin{aligned} \text{Efektifitas adsorpsi CO}_2 &= \frac{21,42}{35} \times 100\% \\ &= 61,2\% \end{aligned}$$

Jadi efektifitas media karbon aktif dengan variable berat 8 gram dapat mengadsorpsi gas CO<sub>2</sub> sebesar 61,2 % dan yang lolos dari media adalah 38,8%. Dan dapat diketahui volume gas CO<sub>2</sub> yang teradsorpsi oleh media karbon aktif 8 gram dengan cara mengalikan volume gas CO<sub>2</sub> yang dihasilkan selama 3 hari yaitu 24,5 mL dengan efektifitas media mengadsorpsi gas CO<sub>2</sub> nya. Sehingga besar volume gas CO<sub>2</sub> yang teradsorpsi adalah sebesar 15,08 mL.

#### Analisa volume gas CO<sub>2</sub> teradsorpsi oleh media zeolite

Pada analisa ini, langkah-langkah dan cara perhitungan sama dengan Analisa volume gas CO<sub>2</sub> teradsorpsi oleh media karbon aktif. Didapatkan media zeolite yang paling efektif dalam mengadsorpsi gas total adalah media zeolite dengan variable berat media 8 gram. Dari analisa tahap

pertama yaitu dengan media zeolite, media dengan variable berat 8 gram dapat mengadsorpsi gas total yang dihasilkan reaktor selama 2 hari dengan efektifitas sebesar 75 %.

Dengan perhitungan yang sama, didapatkan efektifitas media zeolite dengan variable berat 8 gram dapat dianggag mengadsorpsi gas CO<sub>2</sub> sebesar 100 %.

## **KESIMPULAN**

Pada penelitian ini dapat diambil kesimpulan:

1. Dari variable berat media karbon aktif yang paling efektif dalam mengadsorpsi gas CO<sub>2</sub> adalah 8 gram dengan efektifitas sebesar 61,2 %. Serta media mampu mengadsorpsi gas CO<sub>2</sub> selama 3 hari.
2. Dari variable berat media zeolite yang paling efektif dalam mengadsorpsi gas CO<sub>2</sub> sama dengan karbon aktif yaitu 8 gram dengan efektifitas hingga sampai 100 %. Serta media mampu mengadsorpsi gas CO<sub>2</sub> selama 2 hari.
3. Dilihat dari analisa Scanning Electron Microscope, ukuran pori-pori dari karbon aktif lebih besar dan banyak. Sedangkan ukuran pori-pori dari zeolite lebih kecil dan hanya pada permukaan. Sehingga diperkirakan media karbon aktif lebih efektif dari media zeolite
4. Jumlah volume gas CO<sub>2</sub> yang dihasilkan reactor (bahan baku lumpur tinja) dengan volume 500 mL adalah 35 mL/hari.

## **UCAPAN TERIMAKASIH**

Penelitian ini terlaksana dengan dukungan dana penelitian laboratorium skema BOPTN ITS dari DIKTI.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC). 2006. Waste- IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (IPCC Guidelines).
- Polprasert. 1989. Organic Waste Recycling 2<sup>nd</sup> edition. Environmental Engineering Div. Asian Institute of Technology Bangkok, Thailand.
- Stern. 2006. Review on The Economics of Climate Change.
- Xu, Yang, Jian Hua Zhu, Li Li Ma, An Ji, Yi Lun Wei, dan Xi Yong Shang. (2003). Removing Nitrosamines from Mainstream Smoke of cigarettes by Zeolites. Elsevier Science Inc.
- Waryono, T. 2008. Upaya Pemberdayaan Masyarakat Dalam Pelestarian Hutan Sebagai Pencegah Pemanasan Global. UI. Jakarta