

JRL	Vol.8	No.1	Hal. 89 - 98	Jakarta, Maret 2012	ISSN : 2085.3866 No.376/AU1/P2MBI/07/2011
-----	-------	------	--------------	------------------------	--

## UJI PERFORMA UNGGUN KOMPOS DAN TANAH SAWAH (PADDY SOIL) DALAM ELIMINASI GAS RUMAH KACA (CH<sub>4</sub>&CO<sub>2</sub>) DI TPA SAMPAH

**Wahyu Purwanta**

Peneliti Bidang Teknologi Lingkungan  
Pusat Teknologi Lingkungan – BPPT, Jl. M.H Thamrin No. 8 Jakarta 10340  
Email: wahyu.purwanta@bppt.go.id

### Abstrak

Salah satu metode untuk mereduksi emisi CH<sub>4</sub> di TPA sampah adalah dengan memodifikasi lapisan penutup. Oksidasi CH<sub>4</sub> oleh bakteri *methanotrophs* di lapisan tanah penutup mampu menurunkan konsentrasi CH<sub>4</sub> yang teremisikan ke udara bebas. Melalui percobaan di laboratorium dilakukan uji pengaruh ketebalan media, kelembaban dan kandungan nutrisi dalam wujud jenis media yakni kompos dan tanah sawah (*paddy soil*). Secara umum media kompos menghasilkan efisiensi oksidasi yang lebih tinggi dibanding tanah sawah. Untuk kedua media, kelembaban 30% lebih efisien dalam oksidasi CH<sub>4</sub> dibanding 20%. Kelembaban media menentukan laju difusi gas antara media tanah dengan fase gasnya (CH<sub>4</sub> dan O<sub>2</sub>). Sementara untuk ketebalan 25 cm juga dihasilkan tingkat oksidasi yang lebih tinggi dibanding 15 cm karena populasi *methanotrophs* yang lebih banyak.

**kata kunci** : gas TPA, biofilter, oksidasi metan

## PERFORMANCE TESTS OF COMPOST AND PADDY SOIL MEDIA BED ON GHG (CH<sub>4</sub> & CO<sub>2</sub>) ELIMINATION IN LANDFILL

### Abstract

*One method to reduce emissions of CH<sub>4</sub> from municipal solid waste landfill is to modify the final cover layer. Methane (CH<sub>4</sub>) oxidation by methanotrophs bacteria in the soil cover layer can reduce the concentration of the CH<sub>4</sub> emission to the atmosphere. Through field experiments, tested the effect of media bed thickness, moisture and nutrient content in the form of a media bed type that is compost and paddy soil. In general, the efficiency of oxidation by using compost media is higher than the use of paddy soil cover. For both media bed, moisture content 30% more efficient in the oxidation of CH<sub>4</sub> compared to 20%. Moisture content determines the rate of gas diffusion between media bed with its gas phase (CH<sub>4</sub> and O<sub>2</sub>). While for a thickness of 25 cm also produced a higher oxidation rate than the 15 cm because of the methanotrophs population.*

**keywords:** landfill gas; biofiltration; methane oxydation

## 1. PENDAHULUAN

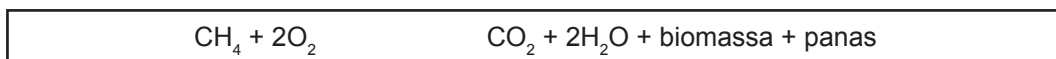
### 1.1 Latar Belakang

Dalam UU no.18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah dengan sistem *open dumping* harus segera ditutup. Penutupan diiringi dengan sistem pengendalian gas metan ( $\text{CH}_4$ ). Upaya pengendalian emisi gas  $\text{CH}_4$  di TPA sampah dapat ditempuh antara lain dengan; (a) mengurangi jumlah sampah organik yang diangkut ke TPA, (b) merecover gas baik secara aktif (dimanfaatkan sebagai energi atau hanya dibakar) maupun secara pasif (*venting*), (c) memodifikasi sistem penutup TPA agar secara alami terjadi oksidasi terhadap  $\text{CH}_4$  oleh bakteri *methanotropic*, atau (d) melakukan aerasi di TPA agar tidak terjadi kondisi anaerob.

Salah satu alternatif pengelolaan gas rumah kaca pada penutupan TPA *open dumping* adalah dengan memodifikasi sistem penutupan sebagai media biofiltrasi melalui proses oksidasi gas  $\text{CH}_4$ . Proses filtrasi gas  $\text{CH}_4$  di TPA memerlukan media yang mampu menjadi tempat tumbuh bakteri pemakan gas metana (*methanotrophs*). Banyak media yang telah diteliti, dapat digunakan sebagai unggun filtrasi, seperti tanah dengan berbagai jenis dan karakteristiknya, kompos dari hasil pengomposan sampah kota, serbuk dan potongan kayu maupun tanah gambu atau media buatan dengan penambahan nutrisi.

Gas  $\text{CH}_4$  termasuk gas dengan molekul stabil namun dalam kondisi siap teroksidasi oleh bakteri-bakteri *methanotrophs* di tanah. Ini berarti bahwa upaya mitigasi gas  $\text{CH}_4$  dapat dimaksimalkan di sumber sebelum teremisikan ke atmosfer.

Secara stoikiometri reaksi oksidasi metana adalah:



Untuk keperluan praktis, koefisien stoikiometri untuk  $\text{O}_2$  adalah 0,2 – 1,8 sedangkan untuk  $\text{CO}_2$  sebesar 0,2 – 0,9

(Stepniewski & Pawlowska, 1996). Adapun faktor-faktor penting yang mempengaruhi berlangsungnya oksidasi  $\text{CH}_4$  antara lain (Escoriaza, 2005); (a) keberadaan mikroorganisme *methanotrophs*, (b) ketersediaan oksigen, (c) ketersediaan nutrisi bagi mikroorganisme, (d) kelembaban, suhu dan pH media biofilter, dan (e) waktu tinggal (*retention time*)

Pengaruh kelembaban (*moisture content*) dalam oksidasi  $\text{CH}_4$  telah banyak diteliti. Secara umum hasilnya menunjukkan semakin tinggi kadar cair maka kapasitas oksidasi metana akan menurun. Hal ini diduga akibat menurunnya laju difusi gas antara media tanah dengan fase gasnya ( $\text{CH}_4$  dan  $\text{O}_2$ ) (Whalen *et al.*, 1990; Czepiel *et al.*, 1996). Namun beberapa peneliti juga menemukan rendahnya oksidasi  $\text{CH}_4$  pada kadar cair yang rendah (yakni 5% berat), diduga terkait respon fisiologis akibat tekanan air (*water stress*) sehingga mengakibatkan rendahnya aktivitas mikroba. Scheutz *et al.* (2004) memperoleh kelembaban 25% sebagai nilai optimum, sedangkan Albanna *et al.* (2007) mendapati 30%, sedangkan Nikiema *et al.* (2007) dalam review terhadap hasil-hasil penelitian biofiltrasi  $\text{CH}_4$  menemukan kelembaban optimum untuk media kompos adalah 25 – 50%.

Nutrien dipakai untuk sintesis sel bakteri, umumnya nutrisi berada dalam bentuk anorganik seperti amonia dan nitrat maupun nitrogen organik seperti yang terdapat dalam kandungan kompos. Kompos dan tanah penutup misalnya secara alami akan memiliki kandungan nutrisi yang berbeda. Sedangkan suplai oksigen sangat diperlukan untuk efektivitas biodegradasi  $\text{CH}_4$ . Oksigen akan terlarut dalam fase biofilm yang terbentuk di media. Penetrasi oksigen ke dalam media biofilter akan sangat

mempengaruhi laju oksidasi  $\text{CH}_4$ . Dengan demikian ketinggian (ketebalan) media biofilter yang optimum berbeda-beda dari

tiap penelitian. Leichner (2002) mendapati ketebalan optimum adalah 60 cm, Scheutz (2004) memperoleh ketebalan 15 - 20 cm sebagai yang optimal bagi oksidasi  $CH_4$ , sedangkan Albanna (2007) juga mendapati angka 20 cm dan Ruo He pada ketebalan 10 – 20 cm. Di Indonesia sendiri banyak material yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai media biofiltrasi seperti tanah penutup yang ada di sekitar TPA atau kompos hasil pengomposan di perkotaan.

## 1.2 Tujuan

**Tujuan penelitian adalah:**

- (a) membandingkan performa materi kompos dan tanah sawah (*paddy soil*) dalam biofiltrasi gas  $CH_4$  dan  $CO_2$ ,
- (b) mengetahui pengaruh ketebalan media dan kelembaban (*moisture content*) pada tingkat oksidasi  $CH_4$ .

## 2. METODOLOGI

### 2.1. Disain Percobaan

Pada eksperimen ini digunakan reaktor 'batch' dari *acrylic* yang berbentuk silinder diameter 50 cm dengan tinggi 100 cm dan didalamnya ditempatkan bahan media filtrasi. Rangkaian peralatan dan reaktor untuk sumber emisi dari gasbio artifisial disusun sebagaimana dalam Gambar 1. Untuk mengetahui proses oksidasi  $CH_4$  sebagaimana tujuan penelitian, maka diambil tiga parameter yakni jenis media yang berarti perbedaan kandungan nutrisi, kelembaban (*moisture content*) dan ketebalan media unggul. Ke tiga parameter di uji pada dua level yakni rendah dan tinggi, sehingga diperoleh delapan kombinasi percobaan ( $2^3$ , faktorial tiga faktor dua tingkat). Adapun sumber gasbio TPA bersumber langsung dari pipa ventilasi TPA Piyungan Bantul.

Mengingat proses oksidasi  $CH_4$  umumnya terjadi di lapisan permukaan TPA, maka ketebalan media ditetapkan 15 cm dan 25 cm. Ketebalan media ini juga gambaran kemampuan penetrasi oksigen sebagai faktor penting dalam proses oksidasi

$CH_4$  dan mempertimbangkan berbagai hasil penelitian lain dan literatur. Untuk kelembaban media ditetapkan dua tingkat yakni 20% dan 30%. Parameter suhu dan pH dicatat sesuai kondisi yang ada. Sementara parameter nutrisi tergambar dalam pemilihan jenis media kompos dan tanah penutup. Kompos diambil dari pusat pengomposan di LDUS Tambakboyo Sleman sedangkan tanah sawah diambil dari Desa Sitimulyo Kecamatan Piyungan.

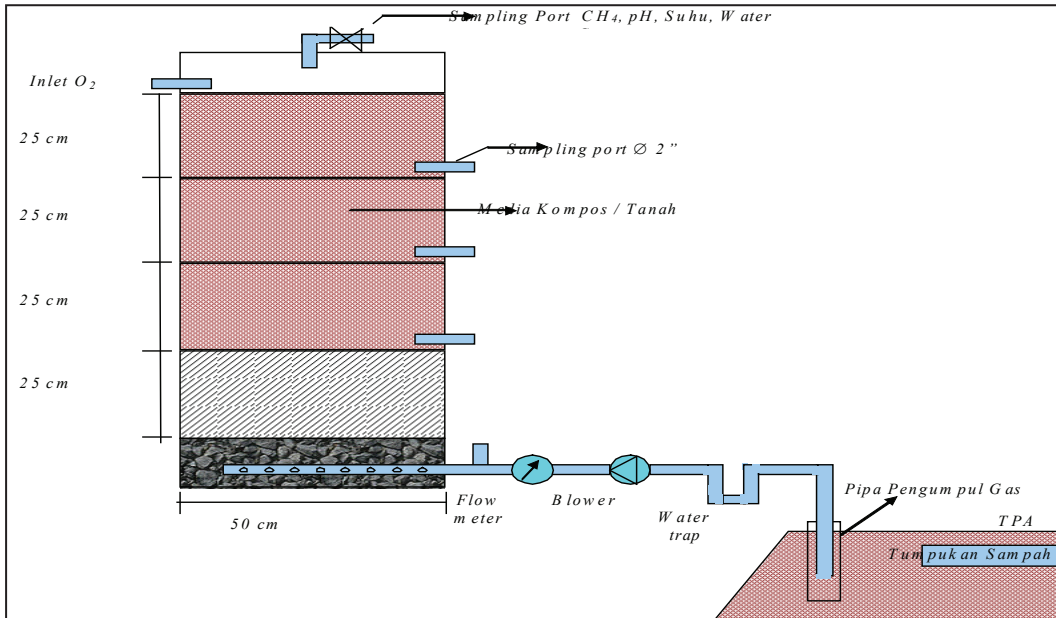
### 2.2. Material Percobaan

Material tanah sawah memiliki tekstur 23,07% *clay*, 30,37% *silt* dan 46,56% *sand*. Berat jenis tanah 2,11 g/cm<sup>3</sup> serta kadar lengas rata-rata 17,55% dengan pH 6,76 serta C/N rasio 16,50. Adapun kompos diambil dari pusat pengomposan Tambakboyo, Kabupaten Sleman dengan C/N rasio 20,15, kadar air 4,8% dan pH 7,51. Baik kompos maupun tanah penutup dilakukan analisis dan karakterisasi di Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada.

### 2.3. Metode Eksperimen

Sebelum dilakukan eksperimen dilakukan terlebih dahulu pra-eksperimen untuk kontrol. Pertama reaktor tidak diisi media dan dialiri gas  $CH_4$  untuk memastikan kesetimbangan massa gas. Uji kontrol kedua adalah dengan menempatkan tanah penutup dan juga kompos serta tidak ada aliran gas  $CH_4$ . Uji ini untuk memastikan tidak adanya produksi gas  $CH_4$  dari media tanah penutup atau kompos. Selanjutnya media tanah penutup maupun kompos disesuaikan kadar *moisture content* sebagaimana yang dikehendaki yakni 20% dan 30% dengan menambahkan air.

Pengukuran semua variabel dilakukan enam kali sehari mulai pukul 07.00 dengan interval 4 jam, sehingga diperoleh nilai rata-rata harian. Konsentrasi gas  $CH_4$  dan  $CO_2$  yang masuk dan keluar melalui outlet port diukur dengan Gas Analyzer GA2000 dan dicatat. Selama eksperimen, parameter



Gambar 1. Skema peralatan percobaan di Laboratorium

suhu, pH dan *moisture content* diukur untuk bahan analisis. Percobaan di laboratorium dilakukan dari 29 Juli 2010 sampai 18 Februari 2010 dengan perolehan data sebanyak 30 hari efektif (dapat mengukur) untuk tiap pasang percobaan (2 reaktor) berurutan sebanyak 4 sesi pengujian. Perbedaan perlakuan pada media biofilter adalah sebagai berikut;

Tabel 1 : Perbedaan perlakuan pada media biofilter

Percobaan			
No.	Media	Ketebalan (cm)	Kelembaban (%)
1	Kompos	25	30
2	Kompos	15	30
3	Kompos	25	20
4	Kompos	15	20
5	Tanah Sawah	25	30
6	Tanah Sawah	15	30
7	Tanah Sawah	25	20
8	Tanah Sawah	15	20

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Kinerja Unggun Kompos

Dari empat percobaan yang melibatkan kompos sebagai media maupun empat percobaan lain yang menggunakan tanah sawah penutup sebagai media biofiltrasi, semua menunjukkan adanya aktivitas biologis. Hal ini ditandai dengan terjadinya penurunan konsentrasi  $CH_4$  di sisi *outlet* reaktor selama 30 hari pengamatan. Ini berarti dalam jangka waktu tertentu sejak dimulai percobaan, telah tumbuh mikroorganisme *methanotrophs* dan melangsungkan proses oksidasi  $CH_4$ . Untuk empat percobaan yang melibatkan kompos, hasil pengukuran  $CH_4$  dan  $CO_2$  ditampilkan dalam Gambar 2a sampai dengan Gambar 2d. Hasil pengukuran konsentrasi  $CH_4$  dan  $CO_2$  dari sisi *inlet* dan *outlet* reaktor dijadikan dasar perhitungan efisiensi oksidasi  $CH_4$ , sesuai formula;

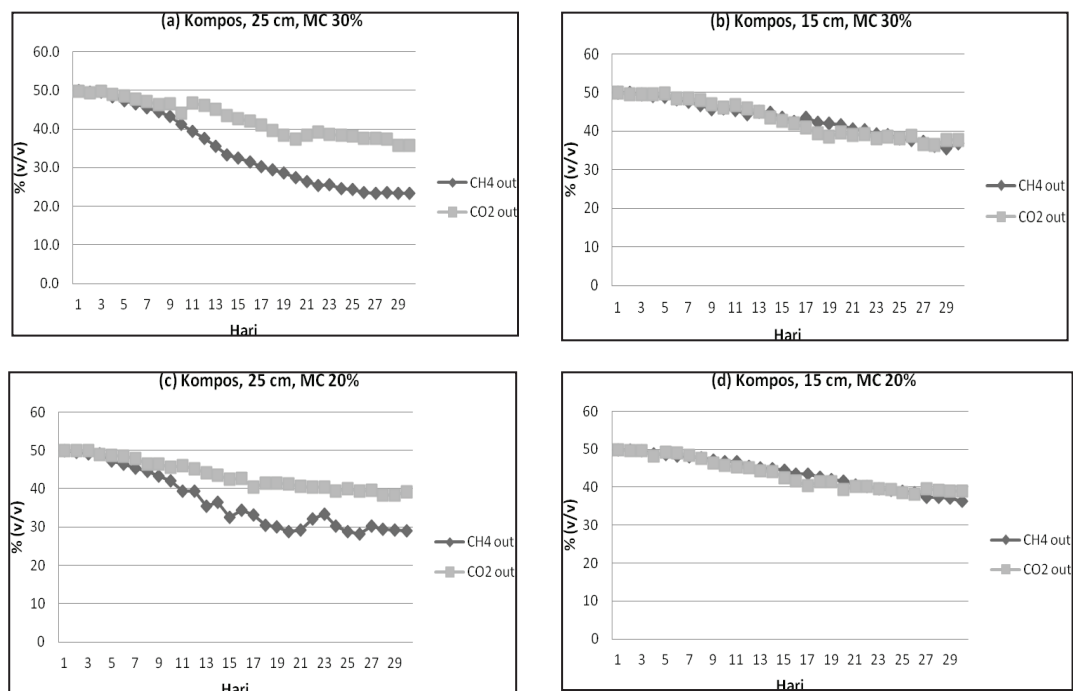
$$CH_4 \text{ oxy. eff. (\%)} = \frac{J_{CH_4-in} - J_{CH_4-out}}{J_{CH_4-in}} \times 100 \%$$

dimana  $J_{CH_4-in}$  adalah flux  $CH_4$  pada sisi inlet port, sedangkan  $J_{CH_4-out}$  adalah flux  $CH_4$  di sisi *outlet port* dalam gr.m-2.d.

Pada percobaan dengan kompos setinggi 25 cm dan kelembaban 30%, diperoleh selama 5 hari pertama tidak terjadi penurunan konsentrasi yang signifikan dari  $\text{CH}_4$ . Hal ini terjadi karena adanya masa stabilisasi unggun dimana *methanotrophs* belum berkembang dan menjalankan aktivitas oksidasi  $\text{CH}_4$  secara sempurna. Pada hari ke-7 konsentrasi  $\text{CH}_4$  di kolom outlet 45,5% dari konsentrasi awal 50,05%. Pada akhir percobaan hari ke-30, konsentrasi  $\text{CH}_4$  di outlet menjadi rata-rata 23,4% sebagaimana grafik dalam Gambar 2a. Ini berarti efisiensi oksidasi  $\text{CH}_4$  mencapai 53% di akhir percobaan. Rata-rata selama 30 hari percobaan dengan media ini didapati efisiensi oksidasi  $\text{CH}_4$  31,1% dengan minimal 0,3% dan maksimal 53,2% dengan *Standard Error* (SE) 3,54 dan *Efficiency Capacity* (EC) rata-rata 1.270  $\text{gr/m}^3/\text{hari}$ .

Sementara untuk unggun dengan ketebalan kompos 15 cm dan kelembaban 30%, aktivitas *methanotrophics* baru terlihat pada hari ke-7 yang ditandai konsentrasi

$\text{CH}_4$  di kolom outlet sebesar 47,56% dan posisi di inlet sebesar 50%. Selama 30 hari percobaan, konsentrasi  $\text{CH}_4$  terus mengalami penurunan hingga 36,9% di akhir percobaan (Gambar 2b). Ini berarti efisiensi oksidasi  $\text{CH}_4$  rata-rata pada unggun adalah 13,6% (0,3% - 28,9%) dengan SE 1,62 serta EC rata-rata 1.079  $\text{gr/m}^3/\text{hari}$ . Dari dua percobaan tersebut dalam kondisi sama kelembabannya (30%), didapati bahwa ketebalan kompos 25 cm memiliki kinerja lebih baik dibanding 15 cm. Hal ini terjadi karena kompos 25 cm memiliki populasi *methanotrophs* yang lebih banyak dibanding kompos 15 cm, sehingga harapan untuk lebih banyak terjadinya proses oksidasi biologis terhadap  $\text{CH}_4$  menjadi besar. Secara teoritis, penetrasi oksigen ( $\text{O}_2$ ) pada kompos 15 cm lebih baik dibanding kompos 25 cm dan hal ini memungkinkan lebih baiknya kondisi oksidasi yang terjadi, namun pada akhirnya keberadaan *methanotrophs* lebih menentukan dalam efisiensi oksidasi  $\text{CH}_4$  jika dilihat dari hasil percobaan ini.



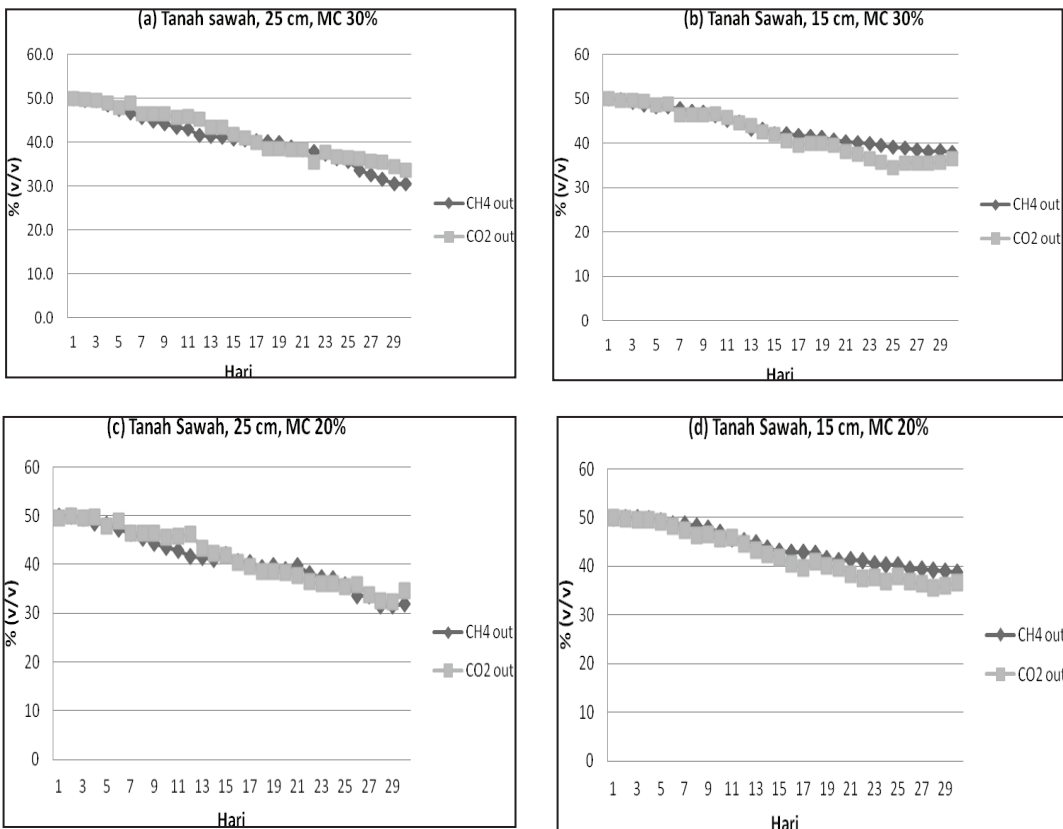
Gambar 2. Perubahan konsentrasi  $\text{CH}_4$  dan  $\text{CO}_2$  pada media kompos

### 3.2. Kinerja Unggun Tanah Sawah

Percobaan dengan media unggun tanah sawah menunjukkan pola yang hampir sama dengan media kompos baik karena perbedaan ketebalan maupun kelembaban media. Tanah penutup pada dasarnya memiliki kandungan unsur yang lebih beragam dibanding kompos yang relatif homogen, namun hal ini juga dapat menjadi faktor penghambat dalam oksidasi  $\text{CH}_4$ . Percobaan dengan tanah setebal 25 cm dan kelembaban 30% menghasilkan konsentrasi  $\text{CH}_4$  di kolom *outlet* 47,2% di hari ke-8, ini berarti setidaknya dibutuhkan waktu 8 hari untuk adaptasi dan stabilisasi bagi aktivitas biologis dalam unggun ini. Konsentrasi pada akhir percobaan adalah 30,5% yang berarti terjadi efisiensi oksidasi  $\text{CH}_4$  sebesar 39,1%. Rata-rata efisiensi oksidasi 18,7% (0,3% - 39,1%) SE 2,07 dan EC rata-rata 765 gr/

m<sup>3</sup>/hari. Gambar 3a memperlihatkan pola penurunan konsentrasi  $\text{CH}_4$  di sisi outlet.

Sebaliknya pada percobaan dengan media tanah sawah setinggi 15 cm dengan kelembaban 30% juga didapati penurunan kinerja akibat perbedaan ketinggian media seperti pada kompos. Pada percobaan ini efisiensi oksidasi  $\text{CH}_4$  rata-rata adalah 13,5% (0,1% - 24,3%), SE 1,46 dan EC rata-rata 487 gr/m<sup>3</sup>/hari. Dari uji-T diperoleh kesimpulan bahwa media tanah sawah dengan ketinggian 25 cm lebih efisien dalam oksidasi  $\text{CH}_4$  dibanding 15 cm. Uji terhadap media tanah sawah dengan perbedaan kelembaban menghasilkan tingkat oksidasi  $\text{CH}_4$  dan EC yang berbeda. Hasil pengukuran konsentrasi  $\text{CH}_4$  di sisi outlet pada ketinggian 15 cm dan 25 cm dengan kelembaban 20% diperlihatkan dalam Gambar 3c dan Gambar 3d.



Gambar 3. Perubahan konsentrasi  $\text{CH}_4$  dan  $\text{CO}_2$  pada media tanah sawah

Pengamatan pada percobaan dengan tanah sawah setinggi 25 cm dan kelembaban 20% menghasilkan dimulainya aktivitas biologis secara signifikan pada hari ke-6 dimana konsentrasi CH<sub>4</sub> di sisi outlet adalah 47,3% dari input sebesar 50%. Rata-rata efisiensi oksidasi 18,7% (0,34% - 39,1%), SE 2,07 dan EC sebesar 766 gr/m<sup>3</sup>/hari. Sedangkan pada media dengan tinggi 15 cm didapati hasil, efisiensi oksidasi CH<sub>4</sub> rata-rata 13,5% (0,12% - 24,3%), SE 1,46 dan EC sebesar 487 gr/m<sup>3</sup>/hari.

Pengujian terhadap hasil seluruh percobaan pada skala laboratorium dengan uji ANOVA, mendapatkan adanya perbedaan yang signifikan antar nilai efisiensi oksidasi seluruh media pada ketebalan 15 cm dan 25 cm maupun kelembaban 20% dan 30%. Dalam Tabel 2 terlihat media kompos 25 cm pada kelembaban 30% memiliki efisiensi oksidasi tertinggi diikuti kompos 25 cm (MC 20%), Tanah 25 cm (MC 30%) serta tanah 25 cm (MC 20%). Gambar 4a dan 4b menunjukkan tingkat efisiensi oksidasi pada berbagai kondisi biofilter.

Efisiensi oksidasi CH<sub>4</sub> pada media kompos pada semua kondisi lebih tinggi dibanding dengan media tanah sawah. Hal ini terjadi akibat perbedaan kandungan nutrisi di antara keduanya. Nutrien dalam biofilter diperlukan *methanotrophs* untuk metabolisme sel. Albanna (2007)

mendapatkan tingkat oksidasi yang tinggi dengan menambahkan nutrisi pada media pada kelembaban yang optimum. Sebaliknya jika penambahan nutrisi terlalu tinggi pada kelembaban rendah akan berakibat terjadinya tekanan osmotik yang menyebabkan keluarnya air dari sel-sel *methanotrophs* yang menyebabkan matinya sejumlah populasi bakteri tersebut.

Nutrien utama dalam tanah maupun kompos dapat dilihat dari unsur Karbon (C), Nitrogen (N), Fosfor (P) dan Kalium (K). Dari hasil analisis unsur C kompos sebesar 10,09%, lebih tinggi dibanding tanah sawah yang hanya 1,65%. Unsur C penting sebagai sumber energi mikroorganisme yang ada. Demikian juga N total pada kompos sebesar 0,75% jauh lebih tinggi dibanding tanah sawah yang mengandung N 0,14%. Unsur N penting dalam sintesis protein dalam sel, sehingga N sangat dibutuhkan bakteri *methanotrophs*. Unsur N yang tersedia untuk mikroorganisme umumnya dalam bentuk anorganik seperti ion-ion Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), dan Nitrit (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>).

Unsur Fosfor (P) penting sebagai promotor dalam pertumbuhan bakteri. Hasil analisis menunjukkan, kandungan P pada tanah penutup justru lebih tinggi yakni 5,47% dibanding pada kompos yang 0,35%. Untuk unsur Kalium (K) baik kompos dan tanah sawah relatif seimbang yakni masing-

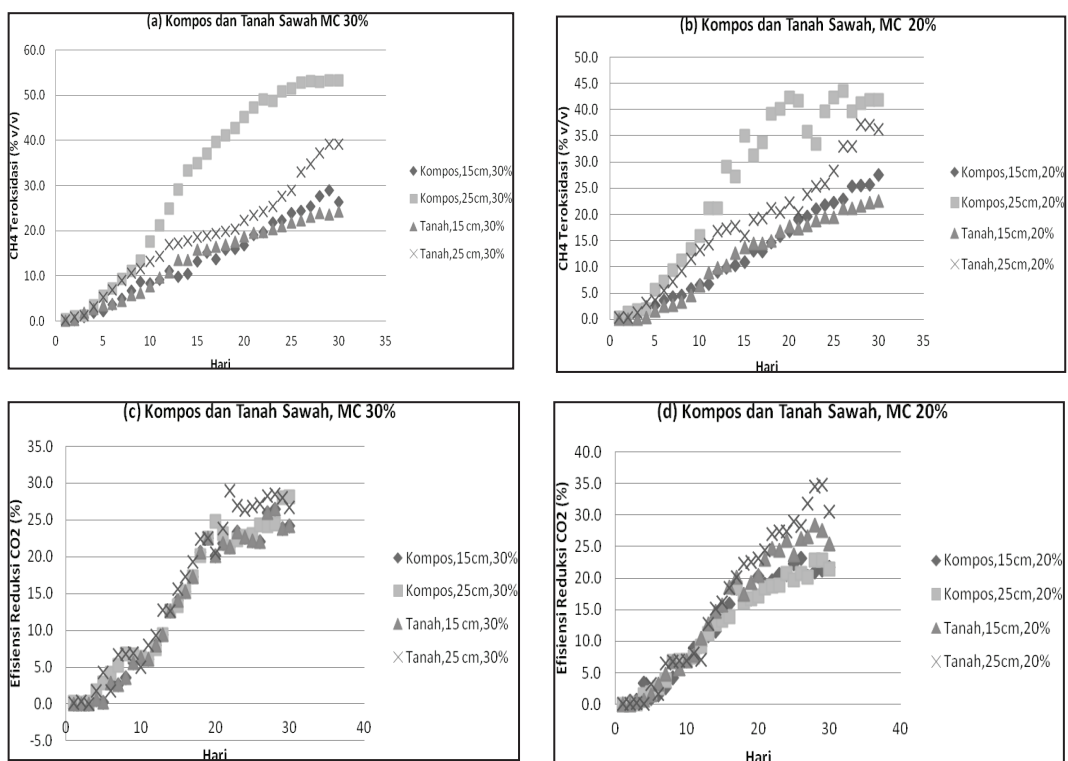
Tabel 2. Efisiensi oksidasi CH<sub>4</sub> pada berbagai unggun percobaan

No.	Media biofilter	Ketebalan media (cm)	Kelembaban (%)	Efisiensi oksidasi CH <sub>4</sub> rata-rata (%)	Efficiency Capacity (g.m-3.hr-1)
1	Kompos	25	30	31,1 (0,3-53,2)	1.270
2	Kompos	15	30	13,6 (0,3-28,9)	557
3	Kompos	25	20	26,3 (0,4-43,6)	1.079
4	Kompos	15	20	12,7 (0,3-27,5)	521
5	Tanah Sawah	25	30	18,7 (0,3-39,2)	765
6	Tanah Sawah	15	20	11,9 (0,1-22,5)	487
7	Tanah Sawah	15	30	13,5 (0,1-24,3)	553
8	Tanah Sawah	25	20	18,0 (0,3-37,1)	766

masing 1,05% dan 1,02%. Kalium penting bagi proses *metabolisme* sel serta menjaga keseimbangan asam-basa.

Tingginya unsur-unsur nutrisi C, N dan K dalam kompos dibanding tanah sawah telah menaikkan nilai kapasitas eliminasi (EC) rata-rata pada media kompos sebesar 505 gr/m<sup>3</sup>/hari atau 66% dibanding media tanah sawah pada kelembaban 30%. Sedangkan pada kelembaban 20%, kelebihan nutrisi telah menaikkan EC pada media kompos sebesar 313 gr/m<sup>3</sup>/hari (41%) dibanding media tanah sawah. Perbandingan tersebut dilakukan terhadap media baik kompos maupun tanah sawah dengan ketinggian optimum 25 cm.

tertinggi didapati pada media tanah sawah 25 cm dengan kelembaban 20% sebesar 16,4% (0% - 34,6%), SE 2,13. Tertinggi berikutnya adalah tanah 25 cm (30%) dengan rata-rata tingkat reduksi 15,5% (0%-28,9%), SE 1,91. Selanjutnya adalah media tanah 15 cm (MC 20%) sebesar 14,78% (0% - 28,3%), SE 1,8. Sementara untuk media kompos didapati angka tertinggi pada ketebalan 25 cm (MC 30%) dengan rerata 14,17% (0,1%-28,2%), SE 1,74. Perbandingan antara media kompos 25 cm (MC 30%) dan tanah 25 cm (MC 30%) melalui uji statistik (uji-t) didapati  $t_{Stat} - 3,12 < t_{Crit} 2,045$  yang berarti terdapat perbedaan rerata dengan tingkat signifikansi 5%. Tingginya penurunan



Gambar 4. Efisiensi oksidasi CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> pada seluruh perlakuan percobaan

Secara keseluruhan baik media kompos maupun tanah sawah pada berbagai ketebalan dengan kelembaban 30% didapati tren kenaikan efisiensi reduksi CO<sub>2</sub> selama 30 hari percobaan. Efisiensi rata-rata

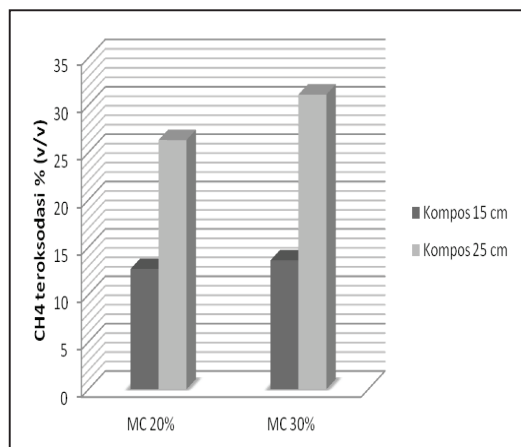
konsentrasi CO<sub>2</sub> pada media tanah dibanding kompos mungkin disebabkan, pertama laju penambahan CO<sub>2</sub> akibat oksidasi CH<sub>4</sub> di kompos lebih tinggi dibanding pada tanah, sehingga total CO<sub>2</sub> yang ada di kolom *outlet*



pada unggun kompos lebih tinggi dibanding unggun tanah sawah.

### 3.3. Pengaruh Ketebalan Unggun Media

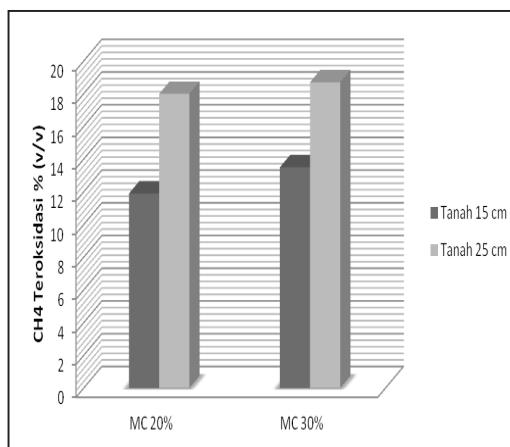
Pengaruh ketebalan media terhadap kinerja biofilter dianalisis dari ujicoba di laboratorium. Pada percobaan skala demplot ketinggian seluruh media sama sebesar 25 cm. Dalam Gambar 5, baik pada kelembaban 20% maupun 30% terdapat perbedaan nyata antara nilai efisiensi oksidasi  $CH_4$  pada kompos 15 cm dan 25 cm. Ketebalan kompos 25 cm mendapatkan nilai efisiensi oksidasi  $CH_4$  rata-rata 31,1% dibanding 13,6% pada ketebalan 15 cm dengan kelembaban 30%. Uji-t keduanya menunjukkan nilai t-Stat  $-8,64 < t$  Crit  $-2,045$ . Namun hal ini tidak menyimpulkan bahwa semakin tebal media maka efisiensi oksidasi akan semakin tinggi pula. Terdapat nilai ketebalan yang optimum yakni pada nilai ketebalan dimana oksigen masih dapat melakukan penetrasi untuk dimanfaatkan methanotrophics melakukan metabolisme sel dan menurunkan kadar  $CH_4$ .



20% dan 30% (berat) dengan tingkat efisiensi oksidasi yang didapat baik pada kompos maupun tanah sawah di uji laboratorium. Dari kedua grafik terlihat bahwa kelembaban 30% lebih tinggi tingkat efisiensi oksidasinya dibanding 20%. Uji dengan kompos pada ketebalan 25 cm untuk kelembaban 30% menghasilkan tingkat efisiensi rata-rata 31,1% dan pada kelembaban 20% menghasilkan efisiensi 11,9%. Demikian pula pada media tanah penutup dengan ketebalan 25 cm didapati efisiensi 18,7% pada kelembaban 30% dan efisiensi 17,9% pada kelembaban 20%. Uji ANOVA terhadap hasil di laboratorium menunjukkan adanya perbedaan nyata antara kedua nilai kelembaban ( $F$  hitung = 8,155 <  $F$  tabel = 1,049).

### 3.5. Pengaruh Jenis Media

Jenis media pada biofiltrasi turut menentukan laju oksidasi  $CH_4$ , hal ini dibuktikan pada skala laboratorium antara kompos dan tanah penutup. Pada uji di laboratorium sebagaimana hasil dalam Tabel 2 terlihat performa filtrasi kompos



Gambar 5. Pengaruh ketebalan media terhadap efisiensi oksidasi  $CH_4$

### 3.4. Pengaruh Kelembaban (Moisture Content)

Kelembaban media menjadi faktor penting dan mempengaruhi tingkat oksidasi  $CH_4$  dalam biofilter. Gambar 5a dan 5b memperlihatkan perbedaan kelembaban antara

jauh lebih baik dibanding tanah sawah. Hal ini sebenarnya dipengaruhi oleh kandungan nutrisi keduanya. Pada ketebalan 25 cm (MC 30%), pada kompos diperoleh tingkat efisiensi oksidasi 31,1% sedangkan pada tanah sebesar 18,7%.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil percobaan dalam skala laboratorium dapat dibuktikan bahwa  $\text{CH}_4$  dapat dioksidasi melalui proses biogis dengan melibatkan mikroorganisme yang ada pada kompos maupun tanah sawah. Pada media kompos tebal 25 cm dan kelembaban 30%, diperoleh hasil tertinggi untuk efisiensi oksidasi  $\text{CH}_4$  sebesar 31,2% selama 30 hari. Sedangkan pada tanah sawah dengan ketebalan dan kelembaban yang sama, diperoleh hasil tertinggi untuk efisiensi oksidasi  $\text{CH}_4$  sebesar 18,7% selama 30 hari percobaan.

Tingginya efisiensi oksidasi pada kompos disebabkan tingginya kandungan nutrisi yang berguna dalam pertumbuhan bakteri methanotrophs. Sementara ketebalan media biofilter berpengaruh pada tingkat penetrasi oksigen. Oksigen berperan dalam proses oksidasi  $\text{CH}_4$  oleh methanotrophs. Dalam penelitian ini ketinggian 25 cm untuk kedua media menghasilkan efisiensi oksidasi yang lebih tinggi dibanding 15 cm. Sedangkan kelembaban sebesar 30% juga menghasilkan efisiensi oksidasi yang lebih tinggi dibanding kelembaban 20%.

Kelembaban menjadi faktor kunci dalam menentukan hasil efisiensi oksidasi  $\text{CH}_4$ . Kelembaban dapat menurunkan kapasitas oksidasi media karena menurunkan difusi gas ke dalam sistem media. Sebaliknya kelembaban yang terlalu rendah mengakibatkan rendahnya aktivitas mikroba akibat water stress. Untuk menguji hasil skala laboratorium ini serta perlunya mengembangkan metode oksidasi  $\text{CH}_4$  di TPA, perlu dilakukan penelitian di TPA sampah secara langsung dan dalam periode yang lebih lama.

#### 6. REFERENSI

- Albanna, M., L. Fernandes, Warith, M., 2007. *Methane Oxidation In Landfill Cover Soil; The Combined Effects Of Moisture Content, Nutrient Addition, And Cover Thickness*. Journal of Environmental Engineering and Science, Mar 2007 Vol.6, Iss.2; pg.191
- Czepiel, P.M., Mosher, B., Crill, P.M., Harris, R.C., 1996. *Quantifying the Effect of Oxydation on Landfill Methane Emissions*. Journal of Geophysical Research, 101 : 16721-16729.
- Escoriaza, S.C., 2005. *Bioreactive landfill covers: an inexpensive approach to mitigate methane emission*, Thesis, The Florida State University.
- Lechner, P., C. Heiss-Ziegler, Humer, R. Rynk., 2002. *How Composting and Compost can Optimize Landfilling. Biocycle*. Emmaus: Sep 2002. Vol.43, Iss,9; pg.31.
- Nikiema, J., R. Brzezinski, M. Heitz., 2007. *Elimination Of Methane Generated From Landfills By Biofiltration: A Review*. Rev Environmental Science Biotechnology, (2007) 6: 261-284.
- Scheutz, C., Mosbaek, H., Kjeldsen, P., 2004. *Attenuation Of Methane And Volatile Organic Compounds In Landfill Soil Covers*. Journal of Environmental Quality. Madison: Jan/Feb 2004. Vol.33, Iss 1; pg.61.
- Stepniewski, W., Pawlowska, M., 1996. *The Possibility Of The Methane Emission Counteraction By Its Oxidation In The Landfill Cover – The Way To Minimize Contribution Of This Gas In The Green-House Effect In: Chemistry For The Protection Of The Environment 2*. Plenum Press, New York.
- Whalen et.al., 1990. *Rapid Methane Oxidation In A Landfill Cover Soil*. Applied and Environmental Microbiology, 56. (3405-3411).