

OP-06

**ANALISIS KONSENTRASI GAS METAN (CH₄) DARI DI
TEMPAT PEMROSESAN AKHIR (TPA) SAMPAH REGIONAL
PAYAKUMBUH SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF**

Slamet Raharjo, Taufiq Ihsan, Amamil Khaira
Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Universitas Andalas
sraharjo@ft.unand.ac.id

ABSTRAK

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah Regional Payakumbuh merupakan TPA yang direncanakan dan dioperasikan secara sanitary landfill. TPA ini menampung sampah dari 3 kab/kota yaitu Kota Bukittinggi, Kota Payakumbuh dan Kabupaten 50 Kota, total sampah rata-rata 77 ton/hari. Pengoperasian TPA secara sanitary landfill memungkinkan degradasi sampah secara anaerobik yang akan menghasilkan gas metan (CH₄). CH₄ adalah gas berbahaya penyebab global warming, namun merupakan gas bakar yang berpotensi sebagai sumber energi alternatif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi CH₄ di TPA yang berpotensi sebagai sumber energi alternatif. Sampling CH₄ dilakukan pada 3 pipa ventilasi tegak TPA tertua dari 21 pipa ventilasi tegak yang ada di TPA dengan menggunakan tedlar bag. Konsentrasi CH₄ dianalisis dengan menggunakan Gas Chromatograph dengan Thermal Conductivity Detector (GC-TCD). Hasil analisis menunjukkan konsentrasi CH₄ pada titik sample 1, 2 dan 3 berturut-turut yaitu 18%, 29,6% dan 43,3% v/v. Konsentrasi yang rendah pada titik 1 dan 2 terutama diakibatkan oleh pemasangan pipa ventilasi yang belum tepat dan tidak dilubangi sehingga terjadi penyumbatan aliran gas. CH₄ yang dihasilkan dari TPA Regional Payakumbuh dinilai berpotensi sebagai sumber energi alternatif dengan syarat dilakukan beberapa perbaikan misalnya perbaikan sistem ventilasi gas sehingga aliran gas dari sel-sel sampah tidak terhambat.

Kata Kunci : Sanitary landfill, CH₄, global warming, energi alternatif, GC-TCD

1. Pendahuluan

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Regional dibangun dan dioperasikan sesuai dengan standar perlindungan lingkungan, yaitu *sanitary landfill*. *Landfill* ini dilengkapi dengan lapisan dasar yang kedap air (*geomembrane*), pipa pengumpul air lindi dan instalasi pengolahan lindi, aplikasi tanah penutup harian dan akhir dan sistem pengelolaan *landfill gas*. Dengan pembangunan fasilitas yang lengkap ini, TPA regional memungkinkan untuk menghasilkan energi listrik dengan pengelolaan terhadap gas metan yang terkandung dalam *landfill gas*. Salah satu TPA regional adalah TPA Sampah

Payakumbuh yang berada di Provinsi Sumatera Barat.

Hasil degradasi sampah secara anaerob akan menghasilkan gas metan. Menurut Damanhuri (2008) Dalam kondisi anaerob, materi organik umumnya akan terurai tahapan :

1. Likuifaksi/hidrolisis
Hidrolisis yaitu pemecahan rantai karbon panjang menjadi rantai karbon yang lebih sederhana pada proses degradasi sampah oleh mikroorganisme;
2. Asidogenes dari senyawa dengan rantai karbon yang lebih pendek dirubah menjadi asam-asam

- organik akibat adanya aktivitas dari mikroorganisme acidogen;
3. Asetogenesis;
Asam lemak yang teruapkan dari hasil asidogenesis digunakan sebagai energi oleh beberapa bakteri obligat anaerobik. Tetapi bakteri-bakteri tersebut hanya mampu mendegradasi asam lemak menjadi asam asetat. Produk yang dihasilkan ini menjadi substrat pada pembentukan gas metan oleh bakteri metanogenik;
 4. Metanogenesis adalah tahap degradasi yang menghasilkan gas metan (CH_4) dan gas lain akibat aktivitas mikroorganisme pembentuk methan.

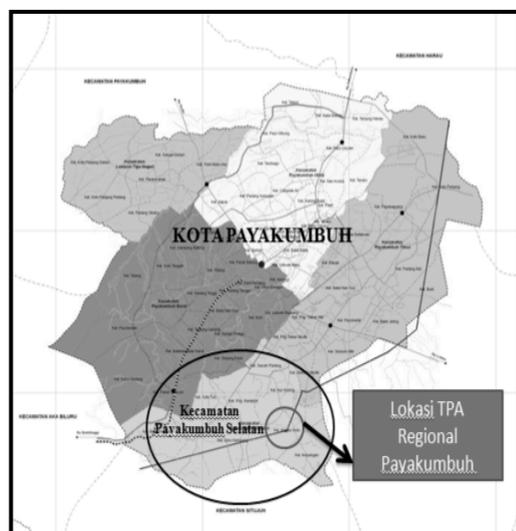
Menurut penelitian sebelumnya (Indarto, 2007) gas metan (CH_4) yang dihasilkan dari suatu *landfill* dipengaruhi oleh kematangan sampah di suatu TPA. TPA Regional Payakumbuh berpotensi mengemisikan gas metan, apalagi didukung dengan penerapan pengurangan sampah dengan *sanitary landfill*. Usaha pemanfaatan atau *recovery* gas dari *landfill* menjadi sumber energi merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan untuk meminimalkan dampak negatif gas metan terhadap lingkungan. Dampak negatif gas metan yaitu bila tidak ditangani secara baik dengan konsentrasi sekitar 15% akan menimbulkan ledakan dan gas metan mempunyai potensi efek rumah kaca 21 kali dibanding CO_2 (PUSARPEDAL, 2011). Adapun dampak positif gas metan bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi, dimana secara teoritis m^3 gasbio, dengan 50% gas metan, ekuivalen dengan 0,58 liter bensin, atau 1,07 liter alkohol, atau 0,53 M^3 gas alam, atau 2,24 Kg kayu bakar atau 5,80 kWh listrik (Damanhuri, 2010).

Landfill gas dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik jika kandungan metan antara 38 – 65 %. Umumnya proyek LFG memanfaatkan *spark ignition engine* (skala kecil) atau *gas turbine* (skala lebih besar) untuk membakar metan untuk menghasilkan energi listrik yang berkisar 1 – 5 MW (Carr, 2010).

Aplikasi penangkapan gas bio dari suatu *landfill* bersasaran ganda, yaitu untuk mengontrol emisi gas-gas yang terbuang dan untuk memanfaatkan biogas yang dihasilkan. Sistem penangkapan gas bio terdiri atas 3 jenis yaitu sistem horizontal, sistem vertikal dan sistem gabungan horizontal dan vertikal (Damanhuri, 2008).

2. TPA Sampah Regional Payakumbuh

TPA Sampah Regional Payakumbuh merupakan TPA Regional yang ada di provinsi Sumatera Barat yang direncanakan dan dioperasikan secara *sanitary landfill* dengan rencana cakupan wilayah 5 Kabupaten dan Kota yaitu : Kota Payakumbuh, Kab. 50 Kota, Kota Bukittinggi, Kab. Agam dan Kab. Tanah Datar. Tetapi saat ini TPA Sampah Regional Payakumbuh baru menampung sampah untuk 3 kabupaten dan kota yaitu Kota Payakumbuh, Kabupaten 50 Kota dan Kota Bukittinggi. TPA Regional Payakumbuh terletak di Taratak Kelurahan Kapalo Koto Kecamatan Payakumbuh Selatan dengan lahan yang ditetapkan 8 Ha dengan pembebasan menjadi 17 Ha. Lokasi TPA Sampah Regional Payakumbuh lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 1



Gambar 1 Peta Lokasi TPA Sampah Regional Payakumbuh
Pengoperasian sebagai TPA Regional Payakumbuh dimulai pada Januari 2013,

tetapi sebelumnya TPA ini hanya untuk Kota Payakumbuh yang sudah mulai beroperasi lebih awal yaitu tahun 2010. Pada tahun 2013 sampah yang ditampung TPA yaitu 28.314 ton dengan rincian 3 kabupaten/Kota yang bisa dilihat pada Tabel 1 dan komposisi sampah bisa dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1 Sampah TPA Regional Payakumbuh Tahun 2013

Bulan	Pyk (Ton)	Bkt (Ton)	50 Kota (Ton)	Jumlah (Ton)
Januari	1.027	-	-	1.027
Februari	910	-	-	910
Maret	971	-	-	971
April	1.093	-	-	1.093
Mei	1.247	-	-	1.247
Juni	1.409	-	-	1.409
Juli	1.241	-	-	1.241
Agustus	1.177	1.306	18	2.501
September	1.422	2.837	148	4.407
Oktober	1.610	2.439	148	4.197
November	1.871	2.615	181	4.667
Desember	1.390	3.112	142	4.644
Total	15.368	12.309	637	28.314

Sumber : UPTD Sampah Provinsi Sumatera Barat, 2014

Tabel 2 Komposisi Sampah

Jenis Sampah	Komposisi Sampah	Total
Kertas/karton	1,78%	1,78%
Plastik		6,65%
Plastik bening	1,65%	
Plastik kresek	3,58%	
Plastik warna	0,11%	
Botol plastic	1,12%	
Gelas plastic	0,18%	
Kaleng	0,26%	0,26%
Karet	0,11%	0,11%
Organik	91,19%	91,19%
TOTAL	100,00%	100,00%

Seiring dengan kemajuan dan perkembangan peradaban manusia, tingkat kebutuhan energi juga semakin meningkat. Pemenuhan energi ini sebagian besar berasal dari pembakaran bahan bakar fosil yang berumur jutaan tahun dan tak dapat diperbaharui. Krisis

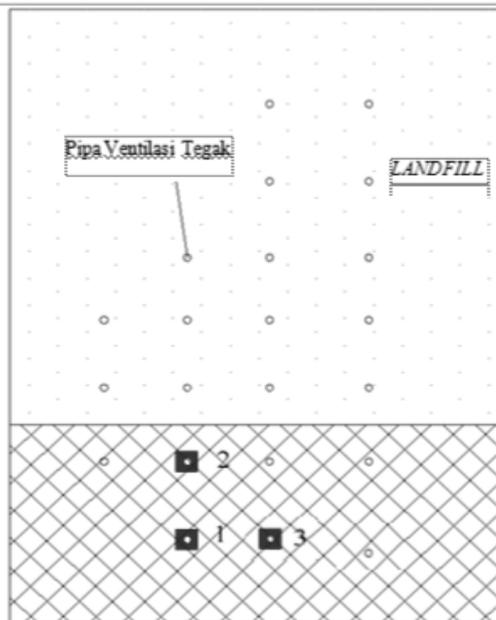
energi listrik di Indonesia disebabkan karena semakin menipisnya bahan bakar fosil seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara. Solusi bagi krisis energi listrik dan bahan baku fosil salah satunya dengan adanya sumber energi alternatif. TPA Sampah Regional Payakumbuh merupakan salah satu TPA yang berpotensi menghasilkan gas metan. Beranjak dari permasalahan inilah, perlu dilakukan studi potensi emisi gas metan yang dihasilkan TPA Regional Payakumbuh. Gas metan hasil degradasi sampah secara anaerobik di TPA Regional Payakumbuh akan dimanfaatkan menjadi energi alternatif sebagai rekomendasi awal terhadap sistem pembangkit listrik tenaga gas metan.

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu

1. Untuk mengetahui konsentrasi gas metan yang dihasilkan dari hasil degradasi sampah secara anaerob di TPA Sampah Regional Payakumbuh;
2. Menganalisis konsentrasi gas metan di TPA Regional Payakumbuh yang akan dijadikan sebagai energi alternatif

3. Metodologi Penelitian

Titik sampling dipilih pada 3 pipa ventilasi tegak yang berada pada sel sampah yang paling tua dengan umur sampah lebih kurang 3,5 tahun dengan pertimbangan kematangan sampah akan mempengaruhi produksi gas metan (Indarto, 2007). Titik sampling emisi gas metan bisa dilihat pada Gambar 2 dan pipa ventilasi tegak gas metan pada Gambar 3



Gambar 2 Titik Sampling Gas Metan

Metode sampling gas yang digunakan pada yaitu metode *evacuated* dengan *tedlar bag*.



Gambar 3 Pipa Ventilasi Tegak Gas Metan di TPA Regional Payakumbuh

Pada penelitian ini, digunakan *tedlar bag* bervolume 1 Liter sebagai wadah sampel emisi gas metan. Sampel emisi gas metan dipompakan dari pipa tegak ventilasi menggunakan pompa vakum, kemudian sampel emisi gas metan dilewatkan melalui *flowmeter* untuk mengatur kecepatan alir udara, sehingga udara yang masuk ke *tedlar bag* tidak lebih dari 1 Liter. Aliran udara yang

akan masuk diatur dengan *flow* 0,5 L/menit dengan lama sampling 1 menit 40 detik. Untuk lebih jelasnya rangkaian alat sampling bisa dilihat pada Gambar 4. *Tedlar bag* yang telah terisi gas metan ditutup rapat kemudian disimpan di *cooler box* dan dianalisis di PT. Organo Science Laboratory, Bogor. Contoh *tedlar bag* bisa dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 *Tedlar Bag* yang telah terisi sampel Gas Metan

Metode analisisnya menggunakan Gas *Chromatograph-Thermal Conductivity Detector* (TDC). Merek Perkin Elmer Series Autosystem, Valco Gas Sampling Injection System (10 ports) dengan Sample Loop 0.3 mL. Kolom : Plot Molsieve Column 30 m x 0.53 mm x 50.00 um (capillary Column). TCD bekerja dengan prinsip mengukur daya hantar panas dari masing-masing komponen. Mekanismenya berdasarkan teori "Jembatan Wheatstone" di mana ada dua sel yaitu sel referensi dan sel sampel. Sel referensi hanya dilalui oleh gas pembawa sementara sel sampel dilalui oleh gas pembawa dan komponen sampel. Perbedaan suhu kedua sel akan mengakibatkan perbedaan respon listrik antara keduanya dan ini akan dihitung sebagai respon komponen sampel. Prinsipnya sampel gas CH₄ diinjeksikan ke dalam kromatogram gas sampai dihasilkan *output* (kromatogram) yang berisi % volume.

4. Hasil dan Pembahasan

Produksi gas metan bergantung pada sampah atau zat organik yang terkandung di dalam sampah yang akan diurug di TPA, komposisi sampah dan

tata cara pengurukan sampah di TPA. Sampah yang masuk ke TPA harus diketahui komposisi sampah yang tujuannya untuk mengetahui komponen masing-masing sampah. Dari komposisi sampah bisa memprediksi gas metan yang akan dihasilkan dari sampah. Komposisi sampah di TPA didapatkan dengan cara memilah sampah berdasarkan jenis sampah dengan menggunakan alat *conveyor* di TPA Sampah Regional Payakumbuh.

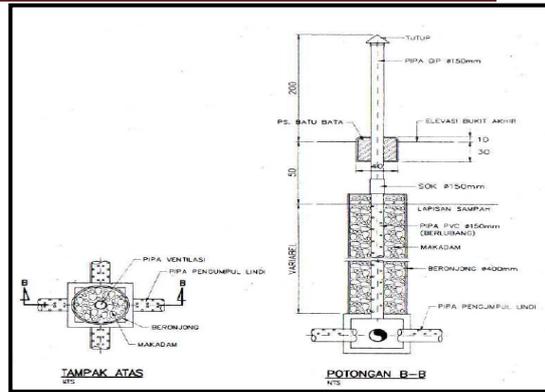
Hasil analisis gas metan di laboratorium bisa dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Konsentrasi Gas Metan

No	Titik Sampling	Konsentrasi CH ₄ (%)
1	Pipa ventilasi tegak 1	18
2	Pipa ventilasi tegak 2	29,6
3	Pipa ventilasi tegak 3	43,3

Dari hasil analisis di atas, bisa dilihat pada pipa ventilasi tegak 1 dan 2 konsentrasi CH₄ lebih rendah dibanding pipa ventilasi tegak 3. Hal ini bisa disebabkan dari pengisian sel sampah yang tidak merata pada tiap sel. Sampah sebaiknya diuruk secara merata tiap sel, sehingga sampah yang didegradasi secara anaerobik akan menghasilkan konsentrasi gas metan yang hampir sama tiap pipa ventilasi tegak.

Penyebab lain rendahnya konsentrasi gas metan yaitu pada dinding pipa ventilasi tegak tidak dilubangi atau tidak diberi perkolasi sehingga gas CH₄ terperangkap dari sel sampah tidak bisa mengalir dengan baik ke dalam pipa ventilasi menuju permukaan tanah. Berdasarkan Litbang PU Tahun 2009 desain pipa ventilasi tegak gas metan di TPA dapat dilihat pada Gambar 6



Gambar 6 Desain Pipa ventilasi tegak Gas Metan di TPA

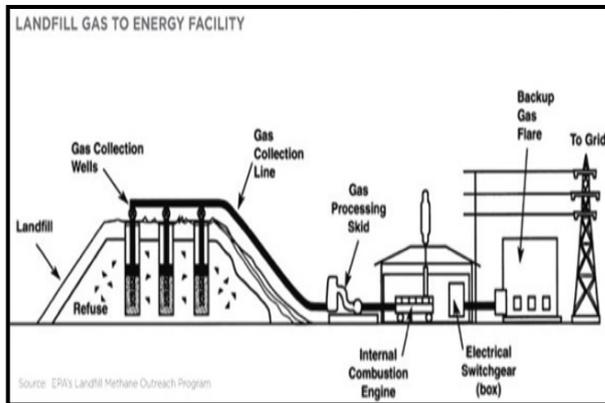
Sumber : Litbang PU, 2009

Dari Gambar di atas bisa dilihat bagian dinding pipa tegak ventilasi harus dilubangi supaya gas metan tersalurkan pada pipa dengan sempurna. Hal lain yang memungkinkan rendahnya konsentrasi gas metan di TPA yaitu adanya kemungkinan kebocoran pada pipa tegak ventilasi bagian atas karena adanya kegiatan penyambungan pipa tegak ventilasi yang kurang tepat, sehingga sebagian gas metan terlepas bebas.

Gas CH₄ dari suatu TPA layak untuk dijadikan sumber energi alternatif jika konsentrasi >38% v/v (Carr, 2010). Gas CH₄ yang dihasilkan dari TPA Regional Payakumbuh dinilai sangat berpotensi sebagai sumber energi alternatif dengan syarat dilakukan perbaikan, misalnya menguruk sampah berdasarkan sel yang telah direncanakan sehingga sampah tidak menumpuk pada sel-sel tertentu. Dan membuat perforasi pada dinding pipa tegak ventilasi yang awalnya tidak ada sehingga gas metan tersalurkan dengan baik melalui pipa tegak ventilasi di TPA Sampah Regional Payakumbuh. Hal lain yang mungkin bisa diperbaiki pada pipa ventilasi tegak yaitu memastikan sambungan pipa ventilasi tegak tidak mengalami kebocoran ketika disambung. Hal ini akan sangat mempengaruhi produksi gas metan ke depannya jika gas metan dijadikan sebagai sumber energi.

Pemanfaatan gas metan sebagai sumber energi alternatif sudah diterapkan di

beberapa kota di Indonesia. TPA Sampah Regional Payakumbuh juga sangat berpotensi dijadikan sumber energi alternatif mengingat sudah berkurangnya pasokan energi saat ini.. Gambar 7 memperlihatkan contoh tipikal pembangkit listrik gas metan dari sebuah TPA



Gambar 7 Tipikal Pembangkit Listrik Tenaga Metan dari Sebuah TPA

Sumber : www.lapsedphysicist.org 2014
Gas metan yang dihasilkan di suatu TPA tidak dapat langsung diubah ke dalam energi listrik. Untuk menghasilkan energi listrik, memerlukan beberapa peralatan lainnya, yang menunjang terbentuknya energi listrik tersebut. Alat konversi yang dapat mengubah energi sampah menjadi energi listrik yaitu :

1. *Gas Collection Wells*
Gas collection wells berfungsi sebagai sumur pengumpul gas metan yang akan disalurkan melalui pipa;
2. *Gas Collection Pipe*
Gas collection pipe berfungsi untuk mengalirkan gas metan melalui pipa dari gas collection wells;
3. *Gas Processing Skid*
Gas processing skid ini berfungsi sebagai penghisap gas metan dan memfilter gas yang akan dikonversi menjadi energi listrik;
4. *Internal Combustion Engine*
Mesin pembakaran dalam ;
5. *Electrical Switchgear*
Berfungsi untuk menempatkan komponen-komponen listrik dalam sistem distribusi tenaga listrik
6. *Backup Gas Flare*
7. Grid

Grid berfungsi sebagai jaringan listrik yang akan mendistribusikan listrik ke suatu wilayah.

5. Simpulan

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu :

1. Konsentrasi gas metan di 3 pipa ventilasi tegak berturut-turut yaitu : 18%, 29,6 % dan 43,4 %. Pada pipa ventilasi tegak 1 dan 2 konsentrasi gas metan rendah. Hal ini disebabkan karena pengurukan sampah yang tidak merata pada semua sel sampah sehingga produksi gas metan berbeda-beda tiap sel sampah dan adanya permasalahan pada pipa ventilasi tegak bagian dasar yang tidak diberi perkolasi, menyebabkan sebagian gas metan tidak tersalurkan melalui pipa ventilasi tegak di TPA Sampah Regional Payakumbuh.
2. Gas Metan di TPA Regional Payakumbuh sangat berpotensi sebagai sumber energi alternatif dengan syarat dilakukan perbaikan-perbaikan. Perbaikan yang bisa dilakukan yaitu dengan memperbaiki operasional pengurukan sampah di TPA dan memperbaiki pipa tegak ventilasi, dimulai dengan memperbaiki dasar pipa dan memastikan ketika penyambungan pipa, tidak terjadi kebocoran, sehingga gas metan dapat tersalurkan dengan baik dan dimanfaatkan sebagai sumber energy alternatif di TPA Sampah Regional Payakumbuh.

Daftar Pustaka

- Badan Penelitian dan Pengembangan Kementrian Pekerjaan Umum (Litbang PU). 2009. *Tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga*.
- Biomass Energy An Old And Future Technology. 2014

- <http://www.lapsedphysicist.org/2014/01/03/biomass-energy-an-old-and-future-technology/>. Tanggal Akses 27 Mei 2014.
- Carr, A. 2010. *Landfill Gas Resource 2010/2020 Potential and Scenario Development*. Sustainable Energy Ireland Renewable Energy Information Office.
- Damanhuri, E. 2008. *Diktat Landfilling Limbah*. Bandung: FTSL ITB
- Damanhuri, E dan Padmi, T. 2010. *Diktat Kuliah Pengelolaan Sampah*. Bandung : TL ITB.
- Indarto, Martyono. 2007. *Pengaruh Kematangan Sampah Terhadap Produksi Gas Metana (CH₄) di TPA Putri Cempo Mojosongo*. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Pusat Sarana Pengendalian Dampak Lingkungan Hidup. 2011. *Laporan Studi Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dari Sumber Limbah (Domestik)*. Bidang Pembinaan Sarana Teknis dan Peningkatan Kapasitas Hidup Kementerian Lingkungan Hidup.
- UPTD Sampah Provinsi Sumatera Barat. 2014. TPA Regional Payakumbuh. Payakumbuh: DKP