STUDI POTENSI DAN KUALITAS GAS DARI TEMPAT PEMROSESAN AKHIR SAMPAH KOTA PROBOLINGGO

Gas Potential and Quality Study from Final Disposed Site of Probolinggo

Sri Wahyono

Pusat Teknologi Lingkungan (PTL)
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)
Gedung 820 Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang 15314
Email: sri.wahyono@bppt.go.id

Diterima: 30 Oktober 2014; Diperiksa: 7 Nopember 2014; Revisi: 20 Nopember 2014; Disetujui: 2 Desember 2014

Abstract

The aims of this study was to determine how much the potential of methane production and efforts of its utilization, as well as the quality of gases. The study was conducted by analyzing the composition of waste entering the landfill and analyzing the composition of the landfill gas. Analysis of the potential of methane gas production was based on the method of First Order Decay (FOD) using the Software IPCC Spreadsheet for Estimating Methane Emissions from Solid Waste Disposal Sites and Software Landfill Gas Emission Model (version LandGEM 3:02). The results showed that the pattern of methane gas production in Kota Probolinggo landfill site shaped exponential growth and peaked in 2015 those were 1.793-2.001 m³ and then followed by exponential decay. Methane gas production until the year of 2038 was estimated at 19.818-36.259 m³ that can be used for source of energy. The quality or characteristics of landfill gas consists of 46.9% of CH₄, 30.12% of CO₂, 2.52% of O₂, 10.2 ppm of CO and 1.62 ppm of H₂S.

Keywords: waste, methane gas, landfill

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar potensi produksi gas metana dan upaya pemanfaatannya serta sejauh mana kualitas gas yang dihasilkan. Penelitian dilakukan dengan menganalisis komposisi sampah yang masuk TPA dan menganalisis komposisi gas TPA. Analisis potensi produksi gas metana dilakukan berdasarkan metode First Order Decay (FOD) menggunakan Software IPCC Spreadsheet for Estimating Methane Emissions from Solid Waste Disposal Sites dan Software Landfill Gas Emission Model (LandGEM versi 3.02). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pola produksi gas metana di TPA Kota Probolinggo berbentuk exponential growth dan mencapai puncaknya pada tahun 2015 yaitu 1.793 – 2.001 m³ dan kemudian diikuti dengan penurunan secara exponential decay. Produksi gas metana hingga tahun 2038 yang diperkirakan sebesar 19.818 – 36.259 m³ yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi. Kualitas atau karakteristik gas TPA Kota Probolinggo terdiri atas CH₄ sebesar 46,9%, CO₂ sebesar 30,12%, O₂ sebesar 2,52%, CO sebesar 10,2 ppm dan H₂S 1,62 ppm.

Kata kunci: sampah, gas metana, TPA

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan tipologi kota berdasarkan jumlah penduduk [1], Kota Probolinggo merupakan tipologi kota sedang dengan jumlah penduduk mencapai 216.967 jiwa pada tahun 2010 [2]. Selain itu, Kota Probolinggo termasuk dalam kategori *middle income* dengan pendapatan perkapita Rp. 17.431.550 pada tahun 2008 [3]. Dengan tipologi kota seperti itu, produksi sampah di Kota Probolinggo mencapai 46.245 ton/tahun [4]. Saat ini sebagian besar sampah dibuang ke TPA dan yang lainnya di daur ulang.

TPA Kota Probolinggo berada di Kecamatan

Mayangan, sekitar 4 kilometer dari pusat kota. TPA yang beroperasi sejak tahun 1978 tersebut memiliki luas total sekitar 40.000 m². Sekitar 10.480 m² dari luas tersebut saat ini digunakan sebagai sel aktif pemrosesan akhir sampah dengan metode *sanitary landfill* sejak tahun 2008 [4]. Setiap harinya sampah yang ditimbun di TPA berjumlah sekitar 42 ton [4]. Sampah tersebut berasal dari perumahan, industri, pasar, toko, restoran, taman, terminal, pengairan dan rumah sakit. TPA Bestari dikelola dengan baik sehingga menjadi TPA percontohan bagi kota sedang di Indonesia

TPA Kota Probolinggo menghasilkan sejumlah gas metana yang telah dimanfaatkan untuk keperluan memasak warga sekitar TPA [5]. Di samping itu, pemanfaatan gas TPA juga berperan dalam mereduksi gas rumah kaca (GRK). Gas metana TPA mendapatkan perhatian besar karena memberikan kontribusi sekitar 3 sampai 4 persen terhadap emisi global tahunan antropogenik GRK [6]. Selain itu, gas metana adalah gas yang mudah terbakar sehingga perlu dikelola dengan baik agar tidak memicu terjadinya kebakaran TPA [7].

Untuk mengoptimalkan pemanfaatan gas metana TPA, Pemerintah Kota Probolinggo memandang perlu melakukan studi untuk mengetahui seberapa besar potensi produksi gas metana dan upaya pemanfaatannya serta seberapa baik kualitas gas yang dihasilkan oleh TPA. Hasil dari penelitian ini bermanfaat bagi Kota Probolinggo sendiri dan menjadi sumber informasi berharga bagi kota dengan tipologi kota sedang yang lain.

2. BAHAN DAN METODE

Kegiatan penelitian ini meliputi pengumpulan data sekunder dan primer. Data primer didapatkan dengan survei lapangan dan *sampling* komposisi sampah organik dan komposisi gas TPA. Penelitian dilakukan antara bulan Oktober – Desember 2013.

Pengambilan sampel komposisi sampah organik yang masuk ke TPA dilakukan terhadap sampah yang berasal dari pemukiman. Sebanyak 1 m³ sampah dari pemukiman dipilih berdasarkan enam kategori yaitu (i) sampah kertas/karton/kardus; (ii) kain/tekstil (kapas/wool); (iii) sampah makanan (buah, sayuran, makanan basi, dsb.); (iv) sampah kayu, triplek, papan, bambu; (v) sampah taman (daun, rumput, ranting); dan (vi) *pampers*/pembalut wanita. Masing-masing jenis sampah yang telah terpilah kemudian diukur berat dan volumenya.

Gambar 1. TPA Kota Probolinggo

Selanjutnya, analisis potensi produksi gas metana dilakukan berdasarkan metode *First Order Decay* (FOD) menggunakan *software* IPCC 2006 (IPCC *Spreadsheet for Estimating Methane Emissions from Solid Waste Disposal Sites*) [6] dan *software* dari US EPA (*Landfill Gas Emission Model* (LandGEM) versi 3.02) [8]. Penghitungan

dengan model IPCC menggunakan *tier 2* di mana parameter-parameter yang dipakai adalah gabungan dari parameter *default* dan hasil *sampling* sampah dan gas.

Sementara itu, *sampling* kualitas gas dilakukan dengan menggunakan *Gas Analyser (GA 2000)* yang dapat mengukur kadar gas CH₄, CO₂, CO, H₂S dan O₂ secara *real time*. Pengambilan sampel gas dilakukan pada lima sumur gas TPA yang dipilih secara random dan pada pipa koleksi gas pada waktu pagi, siang dan sore hari yang masing-masing dilakukan dengan tiga kali pengukuran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Komposisi Sampah Organik dan Jumlah Sampah di TPA

Sampah organik merupakan faktor utama yang mempengaruhi kualitas emisi gas dari TPA karena mengandung karbon organik yang mudah terurai (*degradable organic carbon/DOC*). Masing-masing jenis sampah organik memiliki nilai DOC yang berbeda, misalnya sampah makanan memiliki DOC antara 0,08-0,20 (% berat basah); sampah taman antara 0,18-0,22; sampah kertas antara 0,36-0,45; sampah kayu antara 0,39-0,46; sampah kain 0,20-0,40; dan sampah *pampers* antara 0,18-0,32 [6].

Dari analisis *sampling* sampah yang masuk ke TPA diketahui bahwa sampah makanan memiliki komposisi yang paling besar di antara berbagai sampah organik lainnya yaitu 37,2%. Sampah organik yang memiliki komposisi besar berikutnya adalah sampah taman (15,2%), sampah kertas (13,2%), dan *pampers* (8,8%). Sementara itu sampah kayu dan kain berturut-turut komposisinya adalah 0,6% dan 0,5%, sedangkan sampah plastik dan karet yang di dalamnya mengandung secara *bulky fossil carbon* memiliki komposisi 20,8% (dari sampah plastik) dan 0,4% (dari sampah karet).

Selain informasi tentang komposisi sampah organik, informasi mulai kapan TPA beroperasi dan ditutup beserta jumlah sampah yang ditimbun setiap tahunnya juga hal yang penting. TPA Kota Probolinggo mulai digunakan sejak tahun 2008 dan diperkirakan untuk ditutup tahun 2014 atau 2015 [4]. Sementara itu, jumlah sampah yang masuk ke TPA setiap tahunnya ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Sampah yang Masuk ke TPA[4]

Tahun	Jumlah Sampah Masuk TPA (ton)
2008	59.95
2009	50.6
2010	42.73
2011	37.55
2012	34.19
2013	31.39*
2014	28.87*

Keterangan: * Hasil ekstrapolasi dengan rumus $y = -16.315\ln(x) + 60.626$

3.2 Analisis Potensi Produksi Gas Metana

Analisis potensi produksi gas metana dilakukan dengan meng-input hasil analisis komposisi sampah dan analisis komposisi gas metana. Analisis dilakukan dengan menggunakan software IPCC 2006 dan USEPA. Data yang dimasukkan dalam penghitungan berupa data *default* dari IPCC dan data dari hasil *sampling*. Data *default* yang dipakai berupa nilai DOC sampah, fraksi DOC (DOC_f), laju timbunan metana, fraksi metana di dalam *landfill gas*, faktor oksidasi, dan faktor koreksi metana. Sementara itu, data hasil *sampling* yang dipakai berupa data komposisi sampah dan nilai fraksi metana (nilai 0,5) serta faktor koreksi metana (nilai 1). Nilai fraksi metana di dalam gas didapatkan dari pembulatan hasil *sampling* yaitu dari 46,9 %, sedangkan nilai faktor koreksi metana adalah 1 dikarenakan operasi TPA Kota Probolinggo adalah *sanitary landfill*. Sementara itu, analisis penghitungan laju timbunan metana berdasarkan nilai *default* bagi TPA tropika lembab dan basah (*moist and wet tropical*). Data tersebut ditampilkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Data yang Diinput pada Model IPCC 2006

Parameter	Nilai IPCC	Nilai TPA Kota Probolinggo (Default)
DOC (berat basah)	Range	
Sampah Makanan	0.08-0.20	0.15
Sampah Taman	0.18-0.22	0.2
Sampah Kertas	0.36-0.45	0.4
Sampah Kayu	0.39-0.46	0.43
Sampah Kain	0.20-0.40	0.24
Sampah Pampers	0.18-0.32	0.24
DOC_f (fraction of DOC dissimilated)		0.5
Methane generation rate constant (k) (years⁻¹)	Range	
Sampah Makanan	0.17-0.7	0.4
Sampah Taman	0.15-0.2	0.17
Sampah Kertas	0.06-0.085	0.07
Sampah Kayu	0.03-0.05	0.035
Sampah Kain	0.06-0.085	0.07
Sampah Pampers	0.15-0.2	0.17
Delay time (bulan)	6	6
Fraction of methane (F) in developed gas	0.5	0.5
Conversion factor, C to CH₄	1.33	1.33
Oxidation factor (OX)	0-0.1	0.1
Methane Corection Factor (MCF)	0.4-1,0	1

Sumber: IPCC (2006) dan hasil *sampling*

Untuk model USEPA, beberapa parameter input data lebih sederhana karena menggunakan *bulk waste*. Model ini tidak memerlukan data sampah organik yang lebih terinci. Laju timbunan metana (*k*) diasumsikan 0,05 per tahun, sedangkan kapasitas potensial timbunan metananya adalah 170 m³/Mg.

Hasil analisis potensi produksi gas metana dengan menggunakan metode IPCC 2006 dan USEPA ditampilkan dalam Tabel 3. Dalam kedua metode tersebut diasumsikan bahwa sampah

yang masuk TPA pada tahun berjalan akan menjadi gas metana pada tahun-tahun berikutnya. Pada tahun 2008, TPA Kota Probolinggo baru diisi dengan sampah sehingga produksi metana pada tahun tersebut terhitung masih 0. Pada tahun-tahun berikutnya yaitu 2009 dan seterusnya metana sudah terhitung. Hasil penghitungan metana pada tahun tertentu adalah berasal dari potensi produksi metana dari sampah yang ditimbun pada tahun-tahun sebelumnya.

Pola produksi gas metana apabila digambarkan dalam grafik berbentuk *exponential growth* seperti yang ditampilkan dalam Gambar 2 dan Gambar 3. Produksi metana terjadi secara eksponensial dan mencapai puncaknya pada tahun 2015 yaitu 1,2 Mg atau 1.793 m³ (metode IPCC 2006) dan 1,34 Mg atau 2.001 m³ (metode USEPA). Setelah tahun 2015 produksi gas metana menurun, karena diasumsikan pengisian sampah pada TPA hanya sampai tahun 2014. Pada akhir tahun tersebut TPA sudah penuh dan kemudian ditutup operasinya. Oleh karena itu, pada tahun 2015 terjadi penurunan produksi metana secara cepat membentuk pola grafik *exponential decay*. Produksi metana merosot tajam hingga pada puluhan tahun berikutnya.

Jika dijumlahkan secara total, misalnya pada tahun 2038 (tiga puluh tahun setelah pengisian) produksi metana TPA Kota Probolinggo adalah 13,23 Mg atau 19.818 m³ (metode IPCC (2006) dan 24,19 Mg atau 36.259 m³ (metode USEPA). Data estimasi timbunan metana ini sangat diperlukan untuk rencana kegiatan *recovery* dan pemanfaatannya menjadi sumber energi listrik atau untuk energi panas.

Gambar 2. Profil Pembentukan Gas Metana di TPA Kota Probolinggo (Berdasarkan volume).

Hasil penghitungan jumlah timbunan metana menggunakan dua metode tersebut menghasilkan angka yang relatif berbeda. Hal tersebut disebabkan oleh rumus matematik yang berbeda dan jenis parameter data input yang digunakan juga berbeda. Penghitungan dengan metode IPCC 2006 menghasilkan angka estimasi yang lebih berkualitas karena menggunakan input data yang lebih terperinci dan angka-angka koreksi dan telah disesuaikan dengan iklim tropika yang lembab dan basah.

Walaupun model USEPA hasilnya lebih kasar,

model tersebut memberikan informasi lain yang penting yaitu timbunan gas dan polutan berbahaya yang dihasilkan oleh TPA pada tahun tertentu. Emisi gas atau polutan yang dihasilkan dari TPA Kota Probolinggo tahun 2015 dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3. Emisi Polutan dari TPA Kota Probolinggo tahun 2015

Gas / Pollutant	Emisi (m ³)
Total landfill gas	4.002.75
Methane	2.001.37
Carbon dioxide	2.001.37
NMOC	16.011
1,1,1-Trichloroethane (methyl chloroform) - HAP	0.00192
1,1,2,2-Tetrachloroethane - HAP/VOC	0.0044
1,1-Dichloroethane (ethylidene dichloride) - HAP/VOC	0.00961
1,1-Dichloroethene (vinylidene chloride) - HAP/VOC	0.0008
1,2-Dichloroethane (ethylene dichloride) - HAP/VOC	0.00164
1,2-Dichloropropane (propylene dichloride) - HAP/VOC	0.00072
2-Propanol (isopropyl alcohol) - VOC	0.20014
Acetone	0.02802
Acrylonitrile - HAP/VOC	0.02522
Benzene - No or Unknown Co-disposal - HAP/VOC	0.00761
Benzene - Co-disposal - HAP/VOC	0.04403
Bromodichloromethane - VOC	0.01241
Butane - VOC	0.02001
Carbon disulfide - HAP/VOC	0.00232
Carbon monoxide	0.56038
Carbon tetrachloride - HAP/VOC	0.00002
Carbonyl sulfide - HAP/VOC	0.00196
Chlorobenzene - HAP/VOC	0.001
Chlorodifluoromethane	0.0052
Chloroethane (ethyl chloride) - HAP/VOC	0.0052
Chloroform - HAP/VOC	0.00012
Chloromethane - VOC	0.0048
Dichlorobenzene - (HAP for para isomer/VOC)	0.00084
Dichlorodifluoromethane	0.06404
Dichlorofluoromethane - VOC	0.01041
Dichloromethane (methylene chloride) - HAP	0.05604
Dimethyl sulfide (methyl sulfide) - VOC	0.03122
Ethane	3.56245
Ethanol - VOC	0.10807
Ethyl mercaptan (ethanethiol) - VOC	0.00921
Ethylbenzene - HAP/VOC	0.01841
Ethylene dibromide - HAP/VOC	0
Fluorotrichloromethane - VOC	0.00304
Hexane - HAP/VOC	0.02642
Hydrogen sulfide	0.1441
Mercury (total) - HAP	0
Methyl ethyl ketone - HAP/VOC	0.02842
Methyl isobutyl ketone - HAP/VOC	0.00761
Methyl mercaptan - VOC	0.01001
Pentane - VOC	0.01321
Perchloroethylene (tetrachloroethylene) - HAP	0.01481
Propane - VOC	0.04403
t-1,2-Dichloroethene - VOC	0.01121
Toluene - No or Unknown Co-disposal - HAP/VOC	0.15611
Toluene - Co-disposal - HAP/VOC	0.68047
Trichloroethylene (trichloroethene) - HAP/VOC	0.01121
Vinyl chloride - HAP/VOC	0.02922
Xylenes - HAP/VOC	0.04803

Gambar 3. Profil Pembentukan Gas Metana di TPA Kota Probolinggo (berbasis berat sampah)

3.3 Potensi Pemanfaatan Gas Metana

Potensi produksi gas metana di TPA Kota Probolinggo pada tahun 2014 adalah sekitar 1.797 m³ (perhitungan dengan Model IPCC) atau 1.852 m³ (perhitungan dengan Model USEPA). Produksi harian metananya adalah 4,9 m³ (menurut Model IPCC) atau 5,1 m³ (menurut Model USEPA). Dengan asumsi bahwa gas metana yang dikandung dalam gas TPA adalah 50%, maka gas TPA yang dihasilkan setiap harinya adalah 9,8 m³ (menurut Model IPCC) atau 10,1 m³ (menurut Model USEPA). Tabulasi data tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Estimasi Jumlah Timbunan Gas Metana di TPA Kota Probolinggo

Tahun	Jumlah CH ₄			
	Model IPCC		Model USEPA	
	Berat (Mg)	Volume (m ³)	Berat (Mg)	Volume (m ³)
2008	0	0	0	0
2009	0.54	814	0.33	498
2010	0.87	1297	0.6	895
2011	1.04	1560	0.8	1206
2012	1.13	1699	0.97	1459
2013	1.18	1770	1.12	1672
2014	1.2	1797	1.24	1852
2015	1.2	1793	1.34	2001
2016	0.94	1407	1.27	1904
2017	0.75	1125	1.21	1811
2018	0.61	916	1.15	1723
2019	0.51	758	1.09	1639
2020	0.43	638	1.04	1559
2021	0.36	543	0.99	1483
2022	0.31	468	0.94	1410
2023	0.27	408	0.9	1342
2024	0.24	358	0.85	1276
2025	0.21	316	0.81	1214
2026	0.19	282	0.77	1155
2027	0.17	252	0.73	1098
2028	0.15	226	0.7	1045
2029	0.14	204	0.66	994
2030	0.12	185	0.63	945
2031	0.11	168	0.6	899
2032	0.1	153	0.57	855
2033	0.09	139	0.54	814
2034	0.09	128	0.52	774
2035	0.08	117	0.49	736
2036	0.07	107	0.47	700
2037	0.07	99	0.44	666
2038	0.06	91	0.42	634
Jumlah Total	13.23	19,818	24.19	36,259

Produksi gas metana dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan. Produksi harian gas tersebut pada tahun 2014 tersebut dapat dimanfaatkan untuk menyalakan kompor gas berdiameter 4 inci selama 22-23 jam, menyalakan mesin yang berkekuatan 1 HP selama 24-25 jam, dan menggerakkan genset listrik 1 kWatt selama 13 jam. Genset dengan kekuatan 1 kWjam dapat menyalakan lampu 40 watt berjumlah 25 buah selama 1 jam.

Pada saat penelitian dilakukan, di TPA Kota Probolinggo telah terinstalasi peralatan ekstraksi dan pengumpulan gas. Instalasi pengumpulan gas di TPA Kota Probolinggo menggunakan sistem aktif dengan bantuan *suction blower*. Dari pengujian diketahui bahwa kemampuan peng-

umpulan gas dari peralatan eksisting adalah 0,49 m³ per jam pada tekanan 8-9 mmbar dan suhu 38 C [5].

3.4 Kualitas Gas TPA

Dari sampling terhadap lima sumur gas yang terletak pada tiga blok TPA yang berbeda umumnya, didapatkan data bahwa kualitas gas rata-rata untuk CH₄ sebesar 46,9%, CO₂ sebesar 30,12%, O₂ sebesar 2,52%, CO sebesar 10,2 ppm dan H₂S 1,62 ppm. Dilihat dari besaran nilainya, TPA Kota Probolinggo telah stabil dalam memproduksi gasnya. Tipikal komposisi gas TPA pada kondisi yang sudah stabil adalah mengandung metana antara 45-60% (umumnya 55%), CO₂ antara 40-60% (umumnya 40%), N₂ antara 2-5% (umumnya 5%), O₂ antara 0,1-1%, NH₄ antara 0,1-1%, H₂S antara 0-1%, H₂ antara 0-0,2% dan CO antara 0-0,2% [8]. Tabulasi kualitas gas ditampilkan dalam Tabel 5.

Besaran komposisi dan laju produksi gas TPA merupakan fungsi dari komposisi sampah, umur sampah, iklim, kelembapan, ukuran partikel, kompaksi, kandungan nutrisi dan kapasitas *buffer*. Gas-gas yang dihasilkannya dapat berlangsung 20 sampai 50 tahun setelah pengisian TPA. Dari model USEPA diketahui bahwa gas metana dan karbondioksida TPA Kota Probolinggo akan terus diproduksi hingga tahun 2070-an. Tampilan grafiknya dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 5. Rerata Kualitas Gas TPA dari Sumur Gas S-1 sampai S-5

Sumur Gas	CH ₄ %	CO ₂ %	O ₂ %	H ₂ ppm	CO ppm	H ₂ S ppm
Rerata S-1	37.8	30.7	1.2	Low	10.2	1.7
Rerata S-2	15.1	11.8	10.6	Low	8.2	1.7
Rerata S-3	60.2	35.8	0.3	Low	11.4	1.7
Rerata S-4	57.5	36.3	0.5	Low	9.3	1.3
Rerata S-5	63.9	36	0	Low	11.9	1.7
Rerata	46.9	30.12	2.52	Low	10.2	1.62
TPA Stabil ⁸	45-60	40-60	0,1-1	0-1%	0-0,2%	0-1%

Gambar 4. Profil Produksi CH₄, CO₂, dan NMOC TPA Kota Probolinggo (Analisis dengan Model USEPA)

Konsentrasi gas metana dipengaruhi juga oleh iklim dan waktu harian. Sampling gas di TPA Kota Probolinggo dilakukan pada kondisi musim kemarau (tanggal 5 dan 6 November 2013), dan dilakukan pada pagi hari (antara pukul 07.00 – 08.00), siang hari (antara pukul 12.00 – 14.00) dan sore hari (antara pukul 16.00 – 17.00). Konsentrasi metana akan lebih tinggi pada musim panas dan pada saat siang hari daripada pagi hari [8]. Namun demikian hasil sampling gas pada pagi, siang dan sore hari di lima titik *sampling* (sumur gas) tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Hal itu mungkin disebabkan oleh kondisi kelembapan yang tidak berubah karena hampir 4 bulan TPA tersebut tidak tersiram air hujan.

Selain sampling gas langsung dari sumur gas, sampling juga dilakukan terhadap gas yang dikoleksi dari 19 sumur gas yang terhubung dalam instalasi pipa pengumpul gas. Sumur gas terbuat dari pipa PVC berdiameter 4 inchi yang ditanam ke dalam badan sampah seperti sistem lain yang digunakan pada TPA Kota Malang dan TPA lainnya [9]. Sistem koleksi gas yang eksisting adalah sistem aktif yang dilakukan dengan *suction blower*. Seperti pada umumnya, gas TPA memang harus di-*recovery* dengan alat bantu *suction blower* karena tekanan gas dari TPA kecil [10]. Seperti halnya hasil sampling dari sumur gas individual, hasil sampling gas dari waktu pagi, siang dan sore hari tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Komposisi gas rata-rata untuk CH₄ sebesar 35,5%, CO₂ sebesar 24,0%, O₂ sebesar 3,6%, CO sebesar 8,8 ppm dan H₂S 1,0 ppm. Hal tersebut ditampilkan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Kualitas Gas Kolektif TPA Kota Probolinggo

Sampling	CH ₄ %	CO ₂ %	O ₂ %	H ₂ ppm	CO ppm	H ₂ S ppm
Pagi	35.7	23.8	3.9	Low	11	1
Siang	36.6	24.9	3.1	Low	4.5	1
Sore	34.4	23.4	3.9	Low	11	1
Rerata	35.5	24	3.6	Low	8.8	1
Rerata Sumur Gas	46.9	30.1	0.5	Low	10.2	1.62

Gambar 5. Rangkaian Sampling Gas Kolektif TPA Kota Probolinggo

Namun demikian, apabila dibandingkan nilai komposisi metana, hasil sampling gas kolektif menunjukkan nilai yang lebih kecil yaitu 35,5% dibandingkan dengan hasil sampling sumur individual (46,9%). Hal ini mungkin disebabkan oleh adanya kebocoran dari instalasi sumur dan pemipaan. Sambungan antar pipa hanya dihubungkan tanpa dilem agar mudah dilepas-sambungkan ketika diperlukan dalam kondisi tertentu. Upaya untuk mencegah kebocoran pada saat sampling telah dilakukan dengan cara menutup titik-titik sambungan pemipaan dengan melilitkan *selotype* berdaya rekat tinggi. Namun terlihat kebocoran masih terjadi dengan adanya indikasi besarnya kadar oksigen (3,6%). Hal tersebut dapat dibandingkan dengan kadar oksigen yang terukur dari sumur gas individual S-1, S-3, S-4, dan S-5 yang rata-ratanya sebesar 0,5%. (Nilai kadar oksigen dalam sumur S-2 tidak dimasukkan dalam perhitungan rata-rata karena terindikasi bocor dengan kandungan oksigen sebesar 10,6%).

4. KESIMPULAN

Sampah organik (seperti sampah kertas, kain, kayu, makanan, taman dan *pampers*) yang mendominasi timbunan sampah merupakan sumber penghasil gas metana di TPA Kota Probolinggo. Pola produksi gas metana di TPA Kota Probolinggo berlangsung secara *exponential growth* dan mencapai puncaknya pada tahun 2015 yaitu 1.793 – 2.001 m³ dan kemudian diikuti dengan penurunan secara *exponential decay*.

Produksi gas metana hingga tahun 2038 yang diperkirakan sebesar 19.818 – 36.259 m³ perlu dimanfaatkan secara optimal menjadi sumber energi terbarukan. Selain menghasilkan gas metana, TPA juga mengemisikan gas yang bersifat polutan berbahaya dan bersifat volatil dalam jumlah tertentu sehingga perlu penanganan gas yang baik.

Potensi produksi gas metana di TPA Kota Probolinggo pada tahun 2013 (antara 4,6 - 4,8 m³/hari) dapat dimanfaatkan untuk menyalakan kompor gas selama 27-29 jam, menyalakan mesin selama 22-24 jam, dan menyalakan genset lampu listrik 40 watt berjumlah 25 buah selama 1 jam.

Kualitas gas rata-rata TPA Kota Probolinggo untuk CH₄ sebesar 46,9%, CO₂ sebesar 30,12%, O₂ sebesar 2,52%, CO sebesar 10,2 ppm dan H₂S 1,62 ppm. Dilihat dari besaran nilainya, TPA Kota Probolinggo telah stabil dalam memproduksi gasnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Undang-undang Republik Indonesia Nomor 26 tahun 2007 tentang Penataan Ruang.
2. Badan Pusat Statistik Kota Probolinggo. (2010). *Hasil Sensus Penduduk 2010 Kota Probolinggo*. Kota Probolinggo
3. Peraturan Daerah Nomor 16 Tahun 2009 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Kota Probolinggo Tahun 2010 – 2014, Pemerintah Kota Probolinggo.
4. Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kota Probolinggo. 2013. *Profil Persampahan Kota Probolinggo*. Pemerintah Kota Probolinggo.
5. Wahyono, S. 2014. Kaji Terap Pengelolaan Gas TPA di Kota Probolinggo. Prosiding Seminar Nasional Gerakan Nasional Indonesia Bersih: Inovasi Teknologi Lingkungan dalam Aksi Gerakan Nasional Indonesia Bersih, 15 Desember 2014, Jakarta.
6. IPCC. 2006. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Volume 5 Waste. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, Jepang.
7. Duenas & Associates Project Team. 2005. *Estimation of Potential Landfill Gas Yields for the Ordot Dump*. Department of Public Works, Government of Guam.
8. USEPA. 2005. *Guidance for Evaluating Landfill Gas Emissions from Closed or Abandon Facilities*. USEPA, Washington, AS
9. Wahyono, S. 2014. Tinjauan Sistem Pengelolaan Gas TPA di Beberapa Kota dan Kabupaten di Indonesia. Prosiding Seminar Nasional Gerakan Nasional Indonesia Bersih: Inovasi Teknologi Lingkungan dalam Aksi Gerakan Nasional Indonesia Bersih, 15 Desember 2014, Jakarta.
10. Tchobanoglous, G., & Kreith, F. 2002. *Handbook of Solid Waste Management*. McGraw Hill, Inc., USA.