

Purifikasi Gas Metana (CH₄) dari TPA Sampah Menggunakan Metode Water Scrubber

Purification of Landfill Methane Gas Using Water Scrubber Method

FIRMAN L. SAHWAN, SRI WAHYONO, FEDDY SURYANTO, MUHAMMAD HANIF

Pusat Teknologi Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
Gedung 820 Geostech, Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan, Provinsi Banten, 15314
Email: firmanlailisahwan@gmail.com

ABSTRACT

High population growth rate has stimulated the increase of energy consumption. Therefore, the use of renewable energy sources such as methane gas from landfill has also been encouraged. It is necessary that landfill methane gas is purified to increase its concentration. Common method to purify methane gas is water scrubber method. The aim of this research was to evaluate the effectiveness of landfill methane gas purification using a spray water scrubber (water scrubber method), a water column scrubber (bubbling methods) and the combination of both methods to increase the content of landfill methane. The experiment was conducted in the dry season and rainy season. Results of the study concluded that water scrubber was the most effective method for increasing methane gas concentration. The average increase of methane gas in the dry season were 33.32% (water scrubber) and 23.79% (combination of bubbling and water scrubber), and in the rainy season 8.89% (water bubbling) and 2.75% (combination of water scrubber and water bubbling). The increase in methane gas was due to a decrease in CO₂ gas. In addition, there was an increase of H₂O content in biogas from landfill after the purification process.

Keywords: Landfill, methane gas, purification, water scrubber.

ABSTRAK

Tingginya laju pertumbuhan penduduk telah memacu konsumsi energi yang terus meningkat. Oleh karena itu diperlukan upaya pemanfaatan sumber energi terbarukan, yang salah satunya adalah gas metana yang berasal dari TPA sampah. Keinginan untuk meningkatkan kandungan gas metana TPA diperlukan upaya purifikasi, menggunakan metode *water scrubber*. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengetahui efektivitas purifikasi gas metana TPA dengan menggunakan metode pengaliran gas dalam percikan air (*water scrubber*) dan metode pengaliran gas dalam air atau *water bubbling* (serta kombinasi keduanya) untuk meningkatkan kandungan gas metana TPA, yang dilakukan pada musim kemarau dan musim penghujan. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa *water scrubber* merupakan metoda yang paling efektif untuk meningkatkan kandungan gas metana. Rata-rata peningkatan gas metana pada musim kemarau dan musim penghujan, berturut-turut sebesar 33,32% (*water scrubber*), 23,79 (kombinasi *water bubbling* dan *water scrubber*), 8,89% (*water bubbling*) dan 2,75% (kombinasi *water scrubber* dan *water bubbling*). Peningkatan gas metana tersebut terjadi karena adanya penurunan gas CO₂. Selain itu, terjadi peningkatan kandungan H₂O pada biogas dari TPA setelah proses purifikasi.

Kata kunci: TPA, gas metana, purifikasi, *water scrubber*.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertambahan jumlah penduduk yang diikuti dengan peningkatan taraf hidup masyarakat perkotaan telah meningkatkan jumlah timbulan sampah serta merubah komposisi dan karakteristiknya. Kondisi tersebut akan memperberat beban penanganan sampah, selain menyebabkan pencemaran lingkungan apabila tidak dilakukan pengelolaan sampah yang baik.

Pengelolaan sampah adalah kegiatan yang sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah⁽¹⁾. Pengurangan sampah meliputi

kegiatan: pembatasan timbulan sampah; daur ulang sampah; dan/atau pemanfaatan kembali sampah. Sedangkan penanganan sampah meliputi kegiatan: pemilahan; pengumpulan; pengangkutan; pengolahan; dan pemrosesan akhir sampah. Melihat sistim pengelolaan sampah tersebut, maka perjalanan sampah mulai dari sumbernya akan berakhir di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah.

Tempat pemrosesan akhir (TPA) sampah adalah tempat untuk memroses dan mengembalikan sampah ke media lingkungan secara aman bagi manusia dan lingkungan⁽¹⁾. Kumpulan beraneka macam jenis sampah yang ada di dalam TPA, akan menimbulkan reaksi

biokimia. Reaksi tersebut dapat dipercepat dengan mengoptimalkan kandungan air dan udara sehingga aktivitas mikroba menjadi meningkat dan penguraian bahan organik menjadi lebih cepat. Kondisi demikian membuat TPA berfungsi sebagai bioreaktor sehingga disebut juga dengan TPA Bioreaktor^(2,3). Sampah organik dan air yang berfungsi sebagai bahan baku utama serta sampah anorganik, akan bereaksi dengan oksigen yang sangat sedikit (anaerob) sehingga dihasilkan gas-gas tertentu, air lindi serta material organik seperti humus sebagai produk utama⁽⁴⁾. Material organik akan tersimpan di dalam TPA sebagai material organik terdegradasi dan bercampur dengan material anorganik. Sedangkan gas dan air lindi yang keluar dari TPA harus dikelola dengan baik agar aman bagi manusia dan lingkungan, sesuai dengan prinsip pengelolaan TPA yang baik.

TPA yang sudah stabil, biasanya mengandung 45%-60% gas metana (CH₄), 40%-60% gas karbondioksida (CO₂), nitrogen, oksigen, amonia, sulfida, hidrogen, karbon monoksida dalam jumlah kecil, serta senyawa organik non-metan (NMOCs) seperti trichloroethylene, benzene, dan vinil klorida⁽⁴⁾. Data tersebut sesuai dengan laporan USEPA yaitu 45-60% (umumnya 55%) gas CH₄, 40-60% (umumnya 40%) gas CO₂, 2-5% (umumnya 5%) gas N₂, 0,1-1% gas O₂, 0,1-1% gas NH₄, 0-1% gas H₂S, 0-0,2% gas H₂ dan 0-0,2% gas CO⁽⁵⁾.

Meningkatnya produksi gas dari TPA, khususnya gas CH₄ akan memberikan manfaat kepada pengelola TPA, karena gas metana merupakan sumber energi yang terbarukan. Konversi gas untuk sumber energi menjadi lebih layak secara ekonomi jika produksi gasnya banyak, stabil, cepat dan kontinyu. Untuk itu jika proses produksi gas CH₄ dikelola dengan baik dan benar, akan berdampak positif terhadap proses produksi energi dan lingkungan. Pemanenan gas metana TPA merupakan hal yang sangat penting dalam rangka upaya mencegah emisi gas metana yang berkontribusi dalam pemanasan global⁽⁶⁾. Teknik pemanenan gas metana dan pemanfaatannya dapat dilakukan dengan berbagai cara tetapi perlu disesuaikan dengan kondisi TPA di Indonesia yang umumnya masih *open dumping*. Apabila gas metana dari TPA tidak dikumpulkan dan dimanfaatkan melalui suatu pengelolaan yang baik, akan banyak potensi energi yang hilang, selain berdampak negatif terhadap lingkungan.

Pada sisi lain, laju pertumbuhan penduduk yang tinggi, telah memacu konsumsi energi untuk kehidupan sehari-hari terus meningkat. Sampai saat ini, sumber energi utama yang dikonsumsi adalah minyak bumi. Namun disadari bahwa persediaan minyak bumi semakin menipis sehingga apabila dieksploitasi terus-menerus

akan habis. Oleh karena itu perlu dilakukan diversifikasi energy dengan memanfaatkan sumber-sumber energi terbarukan, yang salah satunya memanfaatkan gas metana yang berasal dari TPA

Salah satu kota yang memanfaatkan potensi gas metana dari TPA adalah Kota Probolinggo, yaitu TPA Bestari. Dari sampling terhadap lima sumur gas yang terletak pada tiga blok TPA yang berbeda umurnya, didapatkan data bahwa komposisi rata-rata gas CH₄ sebesar 46,9%, CO₂ sebesar 30,12%, O₂ sebesar 2,52%, CO sebesar 10,2 ppm dan H₂S sebesar 1,62 ppm⁽⁷⁾. Dilihat dari besaran nilainya, produksi gas dari TPA Kota Probolinggo sudah memenuhi kriteria TPA yang stabil. Namun dengan kandungan gas metana yang hanya sebesar 46,9%, menyebabkan pemanfaatannya menjadi terbatas. Saat ini, gas metana tersebut terutama dimanfaatkan untuk memasak.

Pada sisi lain, adanya keinginan untuk memanfaatkan gas metana TPA menjadi bahan bakar kendaraan bermotor maka kandungan gas metana tersebut perlu ditingkatkan, melalui proses purifikasi. Sedangkan proses purifikasi yang dipilih adalah metode *water scrubber*. Hasil penelitian menyatakan bahwa dari input gas TPA (biogas) dengan kandungan gas metana 55,85%, dan melalui purifikasi dengan metode *water scrubber*, kandungan gas metananya meningkat menjadi 80%⁽⁸⁾. Penelitian lain juga dengan menggunakan metode *water scrubber*, berhasil meningkatkan kandungan gas metana pada biogas dari 58% menjadi 82%⁽⁹⁾. Bahkan sebuah *Pilot Project* di Finlandia, berhasil meningkatkan kandungan gas metana di TPA dari 50,8% - 57,9% menjadi 80,4 - 90,2%⁽¹⁰⁾.

Water scrubber merupakan metode purifikasi gas metana TPA yang mengandalkan air sebagai medianya. *Water scrubber* merupakan metoda purifikasi gas metana yang sangat efektif⁽¹¹⁾, serta termasuk metoda purifikasi utama di Eropa⁽¹²⁾. Selain keefektifannya, air merupakan media yang mudah didapatkan, sehingga metode *water scrubber* menjadi pilihan untuk diuji lebih lanjut keefektifannya. Air juga merupakan pelarut CO₂ yang baik. Dengan memanfaatkan air untuk melarutkan CO₂, maka kandungan CO₂ yang biasanya tinggi pada biogas TPA menjadi menurun. Akibatnya, prosentase kandungan gas metana pada biogas TPA secara keseluruhan menjadi meningkat.

Prototipe alat purifikasi gas metana TPA terdiri atas 2 (dua) model yakni metode pengaliran gas dalam percikan air (*water scrubber*) dan pengaliran gas dalam air yang merupakan modifikasi *water scrubber* (yaitu metode *water bubbling*). Prinsip dari *water scrubber* adalah mengkontakkan biogas TPA dengan percikan air dengan membuat luas

permukaan kontak semaksimal mungkin. Sedangkan prinsip dari metode *water bubbling* adalah melewatkan atau mengalirkan biogas TPA pada genangan air. Melalui ke dua metode tersebut, kandungan CO₂ pada biogas akan sama-sama diikat oleh air. Kedua metode *water scrubber* tersebut serta kombinasi keduanya akan diuji efektivitasnya untuk meningkatkan kandungan gas metana pada biogas TPA Kota Probolinggo.

Adanya biogas dari TPA sampah yang memiliki kandungan gas metana yang tinggi, tentunya memiliki prospek yang baik karena alternatif penggunaannya menjadi lebih beragam.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka tujuan penelitian ini adalah mengetahui efektivitas purifikasi gas metana TPA dengan menggunakan 4 (empat) metode purifikasi yaitu *water scrubber* dan *water bubbling* serta kombinasi keduanya untuk meningkatkan kandungan gas metana, pada musim kemarau dan musim penghujan.

2. BAHAN DAN METODE

2.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di TPA Bestari Kota Probolinggo mulai tanggal 14 September 2015 sampai dengan tanggal 21 April 2016.

2.2. Cara Penelitian

2.2.1. Pemilihan Metode *Water Scrubber* sebagai Sarana Purifikasi Gas Metana

Diantara berbagai metode purifikasi biogas, *water scrubber* dipilih untuk diteliti karena merupakan metode yang paling efektif⁽¹¹⁾, serta mudah dilakukan di daerah rural. Air adalah pelarut CO₂ yang baik. Kelarutan CO₂ di air dipengaruhi oleh variasi tekanan dan temperatur⁽¹³⁾. Teknologi *water scrubber* merupakan suatu metode penyerapan untuk memisahkan CO₂ dari aliran gas. Selain CO₂, *water scrubber* juga dapat memisahkan H₂S dan NH₃⁽⁹⁾.

Untuk mengetahui efektivitas dari metode *water scrubber*, maka dipilih 2 (dua) model untuk diteliti yakni metode *spray water scrubbing (water scrubber)* dan metode *water bubbling*. Dari kedua metoda tersebut kemudian dibuat kombinasinya, sehingga secara keseluruhan ada 4 (empat) metoda purifikasi. Prinsip dari metode *water scrubber* adalah mengkontakkan biogas dengan percikan air dengan membuat luas permukaan kontak semaksimal mungkin. Kandungan CO₂ yang tinggi pada biogas akan diikat oleh air, sehingga persentase gas metana pada biogas menjadi naik. Sedangkan prinsip metode *water*

bubbling adalah melewatkan biogas pada genangan air, sehingga CO₂ juga diikat oleh air.

2.2.2. Pembuatan Alat Purifikasi Gas Metana Metode *Water Scrubber*

Water scrubber yang terdiri atas 2 (dua) unit yaitu metode *water scrubber* biasa dan metode *bubling* dibuat di Laboratorium Geostek, Puspiptek Serpong. Proses pembuatannya menggunakan sistim *knock down* untuk memudahkan transportasi pemindahannya ke lapangan, yaitu di TPA Kota Probolinggo. *Water scrubber* dibuat menggunakan pipa pvc berdiameter 15 cm, setinggi 5 m⁽¹⁴⁾. Bahan pengisi yang digunakan adalah pipa pvc berukuran 0,5 inci, yang dipotong-potong sepanjang 2,5 - 3 cm. Sedangkan yang metode *bubling* dibuat dari pipa pvc berdiameter 30 cm setinggi 1 m, dengan tanpa bahan pengisi. Setelah dilakukan test kelayakan pakai dan kebocoran, kedua alat tersebut dikirim dan dipasang di TPA Bestari, Kota Probolinggo (Gambar 1).



Gambar 1. Alat purifikasi metode *water scrubber* di TPA Bestari Kota Probolinggo

2.2.3 Metoda Uji Kinerja Alat *Water Scrubber*

Untuk tahap pertama kedua alat tersebut akan diuji satu persatu, dengan tujuan untuk mengetahui metode mana yang lebih efisien untuk meningkatkan kandungan gas metana. Setelah itu, kedua alat digabung gabungkan dan diukur efektivitas peningkatan kandungan gas metananya. Dengan cara ini akan diketahui metode mana yang paling efektif, apakah menggunakan salah satu alat saja atau kombinasi kedua alat.

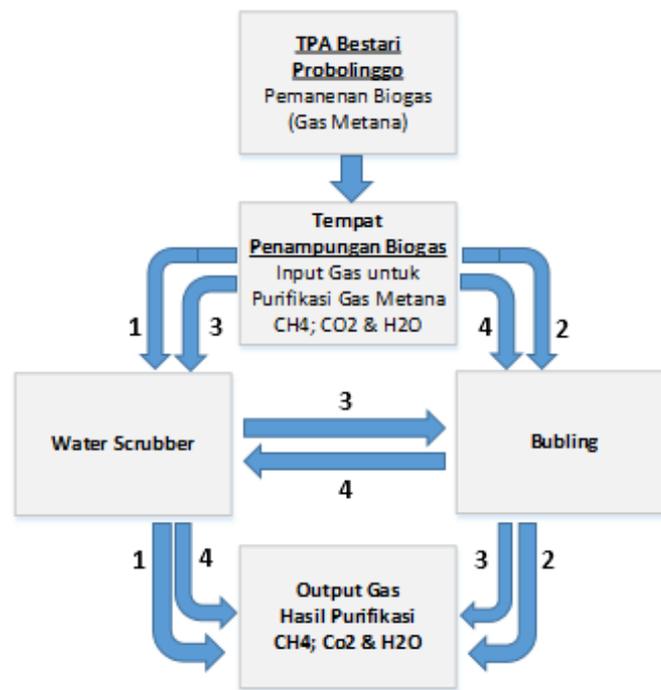
Untuk mengetahui kinerja alat purifikasi gas metana, maka dibuat 4 (empat) variasi perlakuan yakni:

- Perlakuan 1: Melewatkan biogas ke dalam metode *water scrubber* saja.
- Perlakuan 2: Melewatkan biogas ke dalam metode *water bubbling* saja.
- Perlakuan 3: Melewatkan biogas ke dalam metode *water scrubber* kemudian dilanjutkan ke metode *water bubbling*.
- Perlakuan 4: Melewatkan biogas ke dalam metode *water bubling*, kemudian dilanjutkan ke metode *water scrubber*.

Untuk memudahkan penelitian, maka ke empat variasi perlakuan dibuat dalam 1 (satu) paket peralatan *water scrubber*. Variasi perlakuan dilakukan dengan cara mengatur variasi katup aliran biogas.

Uji kinerja alat *water scrubber* ini dilakukan pada 2 (dua) musim yang berbeda, yaitu dilakukan pada musim kemarau dan musim penghujan. Pengukuran kandungan gas TPA dilakukan sesaat dengan menggunakan alat GA 2000, terutama untuk mengetahui kandungan CH₄, CO₂ dan H₂O.

Untuk lebih jelasnya, diagram proses penelitian disajikan pada Gambar 2.



Keterangan :

- 1 = Metode Purifikasi Water Scrubber
- 2 = Metode Purifikasi Bubling
- 3 = Metode Purifikasi Water Scrubber dan Bubling
- 4 = Metode Purifikasi Bubling dan Water Scrubber

Gambar 2. Diagram metode purifikasi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses purifikasi pada gas yang keluar dari TPA dengan menggunakan *water scrubber*, telah berhasil meningkatkan kandungan gas metananya dan menurunkan kandungan CO₂, sesuai hipotesis penelitian. Namun proses ini

juga meningkatkan kandungan H₂O, yang sebenarnya tidak diharapkan dari penelitian ini. Hasil pengukuran gas dari TPA Bestari Kota Probolinggo, serta perubahannya setelah dilewatkan ke alat purifikasi yang terdiri dari 4 (empat) variasi metode *water scrubber*, disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan gas TPA, sebelum dan setelah dilewatkan alat purifikasi *water scrubber*

Metoda Purifikasi dan Musim Saat Pengukuran	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	H ₂ O(%)	Peningkatan CH ₄ (%)	Penurunan CO ₂ (%)	Peningkatan H ₂ O (%)
Tanpa purifikasi (input gas TPA) pada musim kemarau.	26,10	15,90	72,40	-	-	-
Tanpa purifikasi (input gas TPA) pada musim penghujan.	56,00	34,30	-	-	-	-
<i>Water scrubber</i> pada musim kemarau.	34,56	2,86	89,93	32,00	82,01	24,21
<i>Water scrubber</i> pada musim penghujan.	75,40	3,30	-	34,64	79,24	-
<i>Bubling</i> pada musim kemarau.	27,70	15,38	89,92	6,00	3,20	24,20
<i>Bubling</i> pada musim penghujan.	62,60	27,20	-	11,78	20,70	-
<i>Water scrubber</i> dan <i>bubling</i> pada musim kemarau.	26,75	5,98	86,92	3,00	62,39	20,05
<i>Water scrubber</i> dan <i>bubling</i> pada musim penghujan.	57,40	33,90	-	2,50	1,10	-
<i>Bubling</i> dan <i>Water scrubber</i> pada musim kemarau.	33,68	2,82	87,91	29,00	82,26	21,42
<i>Bubling</i> dan <i>Water scrubber</i> pada musim penghujan.	66,40	4,70	-	18,57	86,29	-

Keterangan: tanda – artinya tidak dilakukan pengukuran. H₂O bukan merupakan bagian dari komposisi gas CH₄ dan CO₂

3.1. Potensi Produksi Gas Metana TPA Bestari

TPA Bestari Kota Probolinggo yang berlokasi di Kecamatan Mayangan, sudah beroperasi sejak tahun 1978. TPA tersebut dengan berbagai sarananya memiliki luas total sekitar 4 hektar. Sekitar 10.480 m² dari luas keseluruhan saat ini digunakan sebagai sel aktif pemrosesan akhir sampah dengan metode *sanitary landfill*. Setiap harinya sampah yang ditimbun di TPA tersebut sekitar 42 ton. Sampah tersebut berasal dari perumahan, industri, pasar, toko/restoran, taman, terminal, pengairan dan rumah sakit. Pada akhir 2014 TPA sudah penuh sehingga ditutup operasinya. Untuk selanjutnya digunakan sel baru TPA yang bersebelahan dengan TPA lama⁽⁷⁾.

Potensi produksi gas metana di TPA Bestari Kota Probolinggo pada 2014 adalah sekitar 1.797 m³ (menurut perhitungan dengan Model IPCC) atau 1.852 m³ (menurut perhitungan dengan Model USEPA). Jika dikonversikan ke dalam produksi harian gas metananya adalah 4,9 m³ (menurut Model IPCC) atau 5,1 m³ (menurut Model USEPA)⁽¹⁵⁾. Dengan asumsi bahwa gas metana yang terkandung 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). Produksi gas metana dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan. Produksi harian gas tersebut pada 2014 dapat dimanfaatkan untuk menyalakan kompor gas berdiameter 4 inchi selama 22-23 jam, menyalakan mesin yang berkekuatan 1 HP

selama 24 - 25 jam, dan menyalakan genset listrik 1 kWatt selama 13 jam. Genset dengan kekuatan 1 kWjam dapat meyalakan lampu 40 watt berjumlah 25 buah selama 1 jam⁽¹⁵⁾.

Sebagai perbandingan, potensi produksi gas metana di TPA Kota Tebing Tinggi pada 2016 adalah sekitar 11.279.131 m³ (menurut perhitungan dengan Model IPCC) atau 26.725.070 m³ (menurut perhitungan dengan Model USEPA). Jika dikonversikan ke dalam produksi harian gas metananya adalah 30.091 m³ (menurut Model IPCC) atau 73.219 m³ (menurut Model USEPA). Dengan asumsi bahwa metana yang dikandung dalam gas TPA adalah 50%, maka gas TPA yang dihasilkan setiap harinya adalah 61.803 m³ (menurut Model IPCC) atau 146.438 m³ (menurut Model USEPA). Produksi gas metana dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan. Produksi harian gas pada tahun 2016 tersebut dapat dimanfaatkan untuk menyalakan kompor gas berdiameter 4 inchi selama 140.462 – 332.815 jam, menyalakan mesin yang berkekuatan 1 HP selama 154.509 – 366.097 jam, dan menyalakan genset listrik 1 kWatt selama 82.405 – 195.252 jam⁽¹⁶⁾. Perhitungan berdasarkan DOC (*degradable organic carbon*) sampah di TPA, menyatakan bahwa 0,15 kg metana setara dengan 1 kg berat kering sampah⁽¹⁷⁾.

3.2. Kandungan Gas Metana TPA

Kandungan gas metana TPA yang digunakan sebagai input pada proses purifikasi,

pada saat musim kemarau terukur sebesar 26,1% v/v, sedangkan pada musim penghujan terukur 56,0%. TPA Bestari Probolinggo merupakan TPA yang sudah stabil, sehingga kandungan gas metannya seharusnya 45-60%⁽⁴⁾, sesuai pula dengan laporan USEPA yaitu 45-60% atau umumnya 55%⁽⁵⁾. Hasil pengukuran yang dilakukan pada lima sumur gas yang terletak pada tiga blok TPA yang sama, namun berbeda umur, didapatkan data komposisi gas metana, rata-rata sebesar 46,9%⁽⁷⁾). Dengan demikian angka 56,0% gas metana sebagai input purifikasi pada musim penghujan merupakan angka yang wajar. Namun angka 26,1% CH₄ pada musim kemarau merupakan angka yang terlalu rendah.

Rendahnya kandungan gas metana pada musim kemarau kemungkinan disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut:

- Pada musim kemarau kadar air sampah di TPA akan lebih kering sehingga reaksi anaerobik tidak optimal sehingga CH₄ yang dihasilkan tidak tinggi. Namun angka CH₄ seharusnya tidak serendah 26,1%.
- Kecurigaan yang muncul adalah kondisi pemipaan gas yang tidak baik. Hasil pengamatan di lapangan didapatkan adanya kebocoran pada pipa-pipa gas. Kebocoran inilah yang menyebabkan masuknya udara atau O₂, sehingga terjadi reaksi yang aerob yang menyebabkan kadar gas CH₄ menjadi sangat rendah. Untuk itulah perbaikan kebocoran segera dilakukan sebelum pengukuran di musim penghujan.

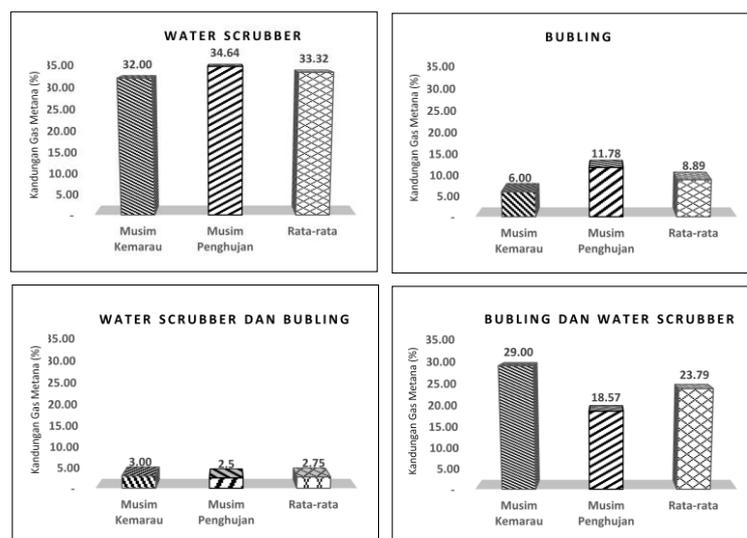
Setelah dilakukan perbaikan kebocoran pipa gas, maka pengukuran input gas metana meningkat menjadi 56,0 % (naik 114,56%). Kenaikan input gas metana ini dipengaruhi juga

oleh meningkatnya kadar air pada tumpukan sampah yang ada di TPA di saat musim penghujan. Kenaikan kadar air tersebut akan meningkatkan kinerja bakteri anaerob sehingga reaksi anaerob dari sampah organik di TPA berlangsung lebih optimal.

3.3 Efektivitas Purifikasi Gas Metana TPA Menggunakan *Water Scrubber*

Gas CH₄ dan CO₂ merupakan 2 gas yang komposisinya paling tinggi pada biogas yang berasal dari TPA. Di TPA Bestari Probolinggo pada musim penghujan terukur sebesar 56% untuk CH₄ dan 34,3% untuk CO₂. Pengukuran sebelumnya pada 2014 di TPA yang sama pernah terukur 46,9% untuk CH₄ dan 30,12% untuk CO₂⁽⁷⁾. Tingginya CO₂ tersebut yang ingin diturunkan persentasenya melalui penelitiannya ini, agar persentase keberadaan CH₄ pada biogas TPA Bestari menjadi meningkat.

Proses purifikasi gas metana TPA dengan menggunakan 2 (dua) jenis metode *water scrubber* yang dijalankan secara mandiri atau saling dikombinasikan penggunaannya, telah berhasil meningkatkan kandungan gas metana melalui penurunan kadar gas CO₂. Rata-rata peningkatan gas metana pada musim kemarau dan musim penghujan sebesar 33,32% untuk purifikasi sistem *water scrubber*, disusul kombinasi *bubbling* dan *water scrubber* (23,79%), *bubbling* (8,89%) dan terakhir kombinasi *water scrubber* dan *bubbling* (8,89%). Persentase peningkatan kandungan gas metana setelah proses purifikasi menggunakan metoda *water scrubber*, berdasarkan variasi 4 (empat) perlakuan, disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Persentase peningkatan kandungan gas metana setelah proses purifikasi dengan metode *water scrubber* berdasarkan 4 (empat) variasi perlakuan

Berdasarkan hasil pengukuran tersebut, terlihat bahwa metode purifikasi yang paling efektif untuk meningkatkan gas metana TPA adalah yang hanya menggunakan *water scrubber* saja, sesuai hasil penelitian lain yang menyatakan bahwa di antara berbagai metode purifikasi biogas, *water scrubber* merupakan metode yang paling efektif⁽¹¹⁾. Peningkatannya adalah sebesar 32% pada musim kemarau dan 34,64% pada musim penghujan. Walaupun ada perbedaan angka input gas metana yang cukup besar pada musim kemarau (26,10%) dan musim penghujan (56,00%), namun persentase angka peningkatannya setelah dilewatkan *water scrubber* relatif sama. Angka peningkatan gas metana tersebut dapat dikatakan cukup efektif karena bisa meningkatkan kandungan metana TPA dari 56% menjadi 75,4% pada musim penghujan.

Penelitian purifikasi gas metana di TPA Bestari Probolinggo tersebut dibandingkan dengan penelitian lain serupa di tempat lain, hasilnya sudah mendekati walaupun relatif masih lebih rendah. Salah satu hasil penelitian menyatakan bahwa dari input biogas dengan kandungan gas metana 55,85%, melalui purifikasi dengan system *water scrubber*, kandungan gas metananya meningkat menjadi 80%⁽⁸⁾. Penelitian lain dengan menggunakan *water scrubber*, berhasil meningkatkan kandungan metana pada biogas dari 58% menjadi 82%⁽⁹⁾. Bahkan sebuah *Pilot Project* di Finlandia, berhasil meningkatkan kandungan gas metana di TPA dari 50,8% - 57,9% menjadi 80,4 - 90,2%⁽¹⁰⁾. Hasil purifikasi gas metana di TPA Bestari Probolinggo yang lebih rendah, kemungkinan disebabkan karena perbedaan dalam penggunaan bahan pengisi *water scrubber*. *Water scrubber* di Probolinggo menggunakan bahan pengisi pipa pvc berukuran 0,5 inci yang dipotong-potong sepanjang 2,5-3 cm. Sedangkan penelitian sejenis di tempat lain menggunakan bahan pengisi yang sudah didisain khusus untuk *water scrubber*, yakni memiliki luas permukaan kontak yang jauh lebih besar antara air dan gas CO₂, sehingga *water scrubber* yang digunakan menjadi lebih efektif dalam mempurifikasi gas metana.

Kebalikannya, metoda purifikasi yang paling tidak efektif adalah yang menggunakan metode *bubbling*, atau metode *water scrubber* yang digabungkan dengan metode *bubbling*. Ini berarti metode purifikasi dengan melewatkan gas ke dalam air secara langsung mengindikasikan kalau metode tersebut tidak efektif untuk purifikasi gas metana. Efektivitas metode *bubbling* akan meningkat kalau dilanjutkan atau digabungkan dengan metode *water scrubber*, namun nilainya masih lebih rendah bila

dibandingkan dengan menggunakan metode *water scrubber* saja. Peningkatan nilai tersebut semakin menunjukkan tingkat efektivitas metode *water scrubber* saja.

Metode *bubbling* seperti yang dilakukan dalam penelitian ini, merupakan suatu metode purifikasi yang belum pernah dilakukan. Asumsi awal, dengan melewatkan biogas ke dalam air (metode *bubbling*) akan terjadi pengikatan CO₂ yang lebih baik oleh air, sehingga persentase peningkatan gas metana menjadi lebih tinggi. Namun saat penelitian berlangsung, laju aliran biogas saat melewati genangan air terasa berat dan tidak selancar saat melewati percikan air dari metode *water scrubber*. Faktor inilah kemungkinan besar yang menyebabkan metode *bubbling* menjadi tidak efektif.

Purifikasi gas metana dengan menggunakan *water scrubber*, terbukti dapat meningkatkan kandungan gas metana. Namun sejalan dengan peningkatan gas metana tersebut, diikuti pula dengan penurunan kandungan gas CO₂. Hal tersebut memang merupakan prinsip dasar purifikasi dengan menggunakan *water scrubber*, yaitu peningkatan gas metana sebagai akibat dari penurunan gas CO₂.

3.4. Kandungan H₂O Gas TPA

Kandungan H₂O pada gas metana TPA yang tinggi (72,4%), ternyata menjadi lebih tinggi lagi setelah proses purifikasi (86,92%-89,93%). Peningkatan kandungan H₂O dapat berpengaruh terhadap proses penggunaan biogas yang telah dipurifikasi. Untuk itu, setelah proses purifikasi gas metana, diperlukan 1 (satu) proses lanjutan yaitu proses pengurangan H₂O. Untuk memisahkan kandungan air dari dalam gas alam, dapat dilakukan dengan cara: menginjeksikan bahan kimia (inhibitor), membangun unit dehidrasi gas, serta memanaskan pipa 71 ethan yang akan dilewati gas⁽¹⁸⁾.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan kandungan gas metananya, TPA Bestari Probolinggo merupakan TPA yang sudah stabil, dengan kandungan rata-rata sebesar 46,9% dan memiliki potensi produksi sebesar 5 m³ per hari.
2. *Water scrubber* merupakan metoda yang paling efektif untuk memurnikan (purifikasi) produksi gas metana. Peningkatan tertinggi sebesar 34,64%, yaitu dari kandungan gas metana sebesar 56% menjadi 75,4%, terjadi pada musim penghujan. Peningkatan gas

metana terjadi karena adanya penurunan gas CO₂.

3. Terjadi peningkatan kandungan H₂O pada biogas TPA sampah setelah proses purifikasi.

PERSANTUNAN

Penelitian ini dilakukan di TPA Bestari Kota Probolinggo dalam rangka kerjasama antara PTL BPPT dengan Badan Lingkungan Hidup Kota Probolinggo. Terima kasih disampaikan kepada Kepala BLH Kota Probolinggo dan jajarannya yang telah mendukung terlaksananya penelitian. Terima kasih juga disampaikan kepada Direktur PTL BPPT (Dr Rudi Nugroho) yang telah mengalokasikan anggaran penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

1. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah.
2. Thampan, A. dan Chandel, M.K. (2015). Bioreactor Landfill Technology. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, Volume 4 Issue 6, June 2015: 256-260.
3. Lakshmikanthan, P. dan Babu, G.L.S. (2017). Performance Evaluation of the Bioreactor Landfill in Treatment and Stabilization of Mechanically Biologically Treated Municipal Solid Waste. *Sage Journal, Waste Management & Research*, First Published March 1, 2017.
4. Tchobanoglous, G., Theisen, H., dan Vigil, S. (1993). *Integrated Solid Waste Management*. Mc Graw Hill, Inc., USA.
5. USEPA. (2005), *Guidance for Evaluating Landfill Gas Emissions from Closed or Abandon Facilities*. USEPA, Washington, AS.
6. Howarth, R.W. (2014). A Bridge to Nowhere: Methane Emissions and The Greenhouse Gas Footprint og Natural Gas. *Energy Science and Engineering*, Volume 2, Issue2, Version of Record Online: 15 May 2014.
7. Badan Lingkungan Hidup Kota Probolinggo. (2014). Laporan Akhir Studi Purifikasi Gas Metan dan Pemanfaatannya. Badan Lingkungan Hidup Pemerintah Kota Probolinggo.
8. Walozi, R., Nabuuma, B., dan Sebiti, A. (2016). Application of Low Pressure Water Scrubbing Technique for Increasing Methane Content in Biogas. *Universal Journal of Agricultural Research* 4(2): 60-65.
9. Olugasa, T.T., dan Oyesile, O.A. (2015). Design and Construction of a Water Scrubber for the Upgrading of Biogas. *Journal of Fundamentals of Energy and Application*, Volume 5 – Issue 5 – 100190.
10. Lantela, J., Rasi, S., Lehtinen, J., dan Rintala, J. (2012). Landfill Gas Upgrading with Pilot-scale Water Scrubber: Performance Assesmen with Absorption Water Recycling. *Journal Applied Energy* 92 (2012) 307-314.
11. Boateng, C.O. and Kwofe, E.M. (2009), Water Scrubbing: A Better Option for Biogas Purification for Effective Storage. *World Applied Sciences Journal* 5 (Special Issue for Environment: 122-125), ISSN 1818-4952.
12. Warren, K.E.H. (2012). A Techno-Economic Comparison of Biogas Upgrading Technologies in Europe, Master's Thesis University of Jyväskylä, Faculty of Mathematics and Science, Departement of Biological and Environmental Science.
13. Huang, L., Qing, C., Tao, H., Wang, Y.J., and Liu, X. (2015). Experimental Study for Biogas Upgrading by Water Scrubbing under Low Pressure. *The Open Chemical Engineering Journal*, 2015, 9, 34-38.
14. Vijay, V.K. (2012). Biogas Purification Using Water Scrubbing Systems. Center for Rural Development and Technology, Indian Institut Technology, New Delhi.
15. Wahyono, S. (2015). Studi Potensi dan Kualitas Gas dari Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Kota Probolinggo. *Jurnal Teknologi Lingkungan, Pusat Teknologi Lingkungan* 2015, ISBN 1411-318X.
16. Wahyono, S. (2016) Studi Potensi Gas Metana di TPA Kota Tebing Tinggi. Bunga Rampai Aplikasi Teknologi Lingkungan dalam Perencanaan Pemulihan Kualitas Lingkungan, BPPT PRESS 2016, ISBN 978-602-410-045-2.
17. Kustiasih, T., Setyawati, L.M., Anggraini, F., Darwati, S., dan Aryenti (2014). Faktor Penentu Emisi Gas Rumah Kaca dalam Pengelolaan Sampah Perkotaan. *Jurnal Permukiman* Vol 9, No 2, Agustus 2014: 78-90.
18. Harmiyanto, L. (2013). Optimalisasi Pemisahan Uap Air dalam Natural Gas (Gas Alam). *Swara Patra, Majalah Ilmiah PPSDM Migas*, Vol 3, No 1 Tahun 2013.