

PENGUKURAN *LANDFILL* GAS PADA LAPISAN KEDUA PILOT PLANT *DRY CELL* DI TPA BANGKLET, KABUPATEN BANGLI, PROPINSI BALI

Petrus Nugro Rahardjo

Pusat Teknologi Lingkungan, BPPT

Abstract

The gases produced from Sanitary Landfill are to be monitored and collected so as not to cause environmental pollution. TPA Bangklet in Bangli District, Bali Province is currently being reviewed and further developed to be pilot Sanitary Landfill in Indonesia. A system of monitoring and capturing or collecting LFG (Landfill Gas) has been done to Bangklet's Sanitary Landfill of the dry Cell Pilot Plant, especially for the second layer. LFG measurement results show the average value of 32.99% for CH₄, 31.87% for CO₂, 5.4% for O₂ and up to 29.68% for other gases. But the arrests and the collection of LFG system still needs improvement, because there are some leaks that led to the entry of oxygen into the system and vice versa the LFG is released into the atmosphere. It is suggested that the pattern of capture, and utilization of LFG monitoring system have to be applied to all Sanitary Landfills located in Indonesia.

Keywords : *Sanitary Landfill, Monitoring, Collecting & Measuring Landfill Gas.*

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tempat Pembuangan Akhir (TPA), atau yang sekarang diubah namanya menjadi Tempat Pengelolaan Akhir, dari sampah yang setiap hari diproduksi oleh penduduk perkotaan (*Municipal Solid Waste*) saat ini telah menjadi *issue* yang hangat dibicarakan oleh para ahli, karena sebagian orang berpikir bahwa TPA adalah sumber pencemaran lingkungan. Memang apabila TPA tidak dikelola dengan baik dan sesuai dengan suatu SOP (*Standard Operation & Procedure*) yang berdasar pada prinsip *sustainable development*, maka TPA tersebut akan menjadi suatu bom waktu masalah lingkungan. Masalah lingkungan

yang dapat ditimbulkan oleh suatu TPA adalah pencemaran bau busuk, pencemaran air tanah atau air permukaan bila air lindi (*leachate*) tidak dikelola dengan benar, pencemaran udara karena emisi GRK (Gas Rumah Kaca seperti CH₄ & CO₂), sumber penyakit karena banyak bakteri/virus yang tumbuh subur dalam sampah dan masalah estetika itu sendiri, yaitu pemandangan sampah yang tidak indah, berkesan kotor atau jorok.

Karena masalah-masalah lingkungan yang berat itulah, maka Pemerintah Indonesia telah mengundang UU No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah. Dalam UU tersebut jelas dikatakan bahwa pada tahun 2013 setiap Kabupaten dan

Kota di seluruh Indonesia harus mempunyai TPA dengan standar yang telah ditentukan. Standar TPA tersebut mengacu pada konsep pengembangan TPST (Tempat Pengelolaan Sampah Terpadu) dan aplikasi 3 R (*Reduce, Reuse & Recycle*).¹⁾ Jadi sistem pengelolaan sampah yang selama ini digunakan oleh sebagian besar pemerintah daerah, yaitu sistem *open dumping*, harus segera dihentikan dan langsung dialihkan menjadi sistem pengelolaan yang baru tersebut. Namun baik TPST maupun *Open Dumping*, dari timbunan atau tumpukan sampah tetap saja akan timbul gas-gas sebagai hasil dari proses biodegradasi secara alamiah. Gas-gas tersebut antara lain adalah gas Metana (CH₄) dan Karbon Dioksida (CO₂) yang merupakan juga komponen dari GRK. Seperti diketahui bahwa efek bahaya yang ditimbulkan oleh gas CH₄ adalah sekitar 21 kali lebih besar dari pada efek bahaya yang ditimbulkan oleh gas CO₂.²⁾ Karena itu sangatlah penting untuk memantau seberapa besar potensi gas-gas tersebut dilepaskan ke udara bebas dari suatu TPA dan bagaimana mengumpulkannya, serta kemungkinan untuk pemanfaatannya, misalnya untuk dijadikan sumber energi.

Pada tingkat global, konsentrasi gas metana di atmosfer juga terus meningkat seperti yang ditunjukkan oleh laporan dari UNFCCC pada tahun 2009. Laporan tersebut mengungkapkan bahwa pada awal tahun 1990 konsentrasi gas metana sebesar 715 ppb, namun pada tahun 2005 konsentrasinya meningkat 2,5 kali lipat, yaitu menjadi sebesar 1774 ppb. Sementara itu usia gas metana di atmosfer mencapai 12,2 tahun. Peningkatan konsentrasi gas metana memang telah terbukti berasal dari berbagai sumber, yaitu selain dari bidang pertanian dan penggunaan bahan bakar fosil, tetapi juga dari emisi sektor limbah. Secara nasional, emisi GRK dari sektor limbah termasuk persampahan menyumbang 13,9% dari total emisi GRK Indonesia.²⁾

1.2. TPA BANGKLET

TPA Regional di Bangklet, Propinsi Bali dijadikan contoh TPA yang memenuhi standar nasional. Luas total TPA Bangklet berikut dengan sarana prasarana pendukungnya sekitar 30 Ha. TPA 1 mempunyai luas 7.226 m² dengan daya tampung 192.697 m³ sampah dan TPA 2 seluas 7.970 m² dengan daya tampung 212.546 m³ sampah.³⁾ Pada tahap pertama TPA Bangklet yang telah selesai dibangun pada tahun 2008, dilengkapi pula oleh dua unit Pilot Plant yang akan dikaji dan diteliti lebih jauh berkaitan dengan uji performance TPA dengan skala yang sebenarnya. Dua unit *Pilot Plant* tersebut adalah *Wet Cell* (Sistem Basah) dan *Dry Cell* (Sistem Kering). Pada sistem basah, pengelolaan sampah yang telah dikumpulkan dan ditimbun di unit tersebut dilakukan sirkulasi air lindi, sehingga kelembabannya minimal mencapai 60%. Sementara itu pada sistem kering, sampah yang telah selesai ditampung dan dipadatkan, serta telah ditutup dengan tanah dan terakhir diselimuti oleh terpal plastik, kondisinya dibiarkan alamiah, namun air lindi yang terkumpul pada bagian dasar sel kering, sebagian tetap dipompa dan dialirkan ke unit pengolahan air limbah TPA.

1.2.1. *Pilot Plant* TPA *Wet Cell* dan *Dry Cell*

Luas *Pilot Plant* TPA *Dry Cell* hanya sekitar 781m² dan luas *Wet Cell* 1.389m². *Dry Cell* mempunyai daya tampung sekitar 3.220 m³ sampah segar, sementara *Wet Cell* daya tampungnya sekitar 5.730 m³. Penimbunan sampah segar di dalam *Pilot Plant* TPA dibagi dalam tiga lapisan, masing-masing dengan ketebalan rata-rata 2 meter. Lahan *Dry Cell* berbentuk segitiga dengan kedalaman total 6,7 meter. Kedalaman unit ini bila diukur dari permukaan tanah sekitar 4 meter. Pengisian sampah segar pada unit ini efektifnya berlangsung selama 3 bulan. Selama tiga bulan tersebut proses degradasi

sampah sudah pasti terus berlangsung dan gas-gas yang terbentuk selama proses pengisian sampah lepas begitu saja ke udara bebas. Lapisan sampah pertama mempunyai ketebalan 2 meter sampah segar yang telah dipadatkan. Sebelum sampah segar untuk lapisan kedua ditimbun di atas lapisan pertama, lebih dahulu diberi lapisan tanah setebal 30 cm. Ketebalan sampah pada lapisan kedua juga 2 meter. Demikian pula dengan proses pengisian sampah pada lapisan ketiga dilakukan setelah lapisan kedua ditutup dengan lapisan tanah setebal 30 cm. Lapisan ketiga yang teratas mempunyai ketebalan 1,8 meter dan penutup lapisan tanah juga setebal 30 cm. Setelah dilakukan pemadatan di unit Pilot Plant TPA *Dry Cell*, kemudian dilakukan pemadatan dan terakhir seluruh permukaan unit *Dry Cell* ditutup oleh terpal plastik (lihat Gambar 1, 2 dan 3).



Gambar 1: Penutupan Sampah di Unit *Dry Cell* dengan tanah segar.

1.2.2. Pipa Penangkap/Pengumpul LFG Pada Tiga Lapisan Sampah TPA *Dry Cell*

Setelah *Pilot Plant* TPA *Dry Cell* lapisan terakhir (ketiga) selesai ditutup oleh lapisan tanah merah setebal 30 cm secara merata dan dilakukan pemadatan dengan menggunakan bulldoser ukuran 8 ton, maka pemasangan pipa penangkap atau pengumpul LFG baru dapat dilakukan.



Gambar 2: Penutupan unit *Dry Cell* dengan terpal plastik biru.

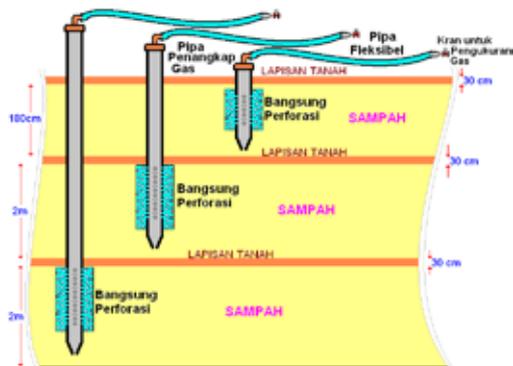


Gambar 3: Unit *Dry Cell* yang telah tertutup rapi.

Karena *Pilot Plant* TPA *Dry Cell* mempunyai 3 lapisan yang masing-masing memiliki ketebalan rata-rata sekitar 2 meter dengan diselingi oleh lapisan tanah merah setebal 30cm, maka pada lapisan pertama yang paling dalam (4,7 sampai dengan 6,7 meter) pipa pengumpul LFG ditanam sampai kedalaman 6,5 meter dengan lubang perforasi penangkap gas pada kedalaman 5,5 sampai 6,5 meter (lihat Gambar 4).

Sementara itu pada lapisan kedua yang mempunyai kedalaman 2,4 hingga 4,4 meter, ditanam pipa pengumpul LFG sampai kedalaman 4,2 meter dengan lubang perforasi penangkap gas pada kedalaman 3,2 sampai 4,2 meter. Untuk lapisan sampah yang paling atas (lapisan ketiga dengan kedalaman 0,3 hingga 2,1 meter) penanaman pipa pengumpul LFG dilakukan sampai kedalaman 1,9 meter

dengan lubang perforasi penangkap LFG pada kedalaman 0,9 hingga 1,9 meter.



Gambar 4: Konfigurasi pemasangan pipa vertikal pengumpul LFG.

Setelah selesai dengan pemasangan pipa-pipa pengumpul LFG untuk ketiga lapisan tersebut, seluruh permukaan *Pilot Plant* TPA *Dry Cell* kemudian ditutup dengan terpal plastik biru. Dengan demikian *Pilot Plant* TPA *Dry Cell* tidak lagi dibasahi atau dipengaruhi oleh air hujan. Sebagian air lindi yang terbentuk dan terkumpul pada bagian dasar *Pilot Plant* TPA *Dry Cell* secara periodik (seminggu sekali) dipompa ke luar dan dialirkan ke unit pengolahan air limbah di TPA Bangklet. Dengan kondisi tersebut *Pilot Plant* TPA *Dry Cell* dianggap telah berada pada kondisi yang kering. Pengertian kering di sini bukan berarti mempunyai kelembaban hingga 0%, tetapi unit ini tidak dibasahi oleh air hujan atau resirkulasi air lindi seperti yang dilakukan pada unit sel basah (*Wet Cell*).

1.3. Tujuan

Tujuan utama dari kegiatan penelitian ini adalah untuk melakukan pengukuran gas-gas yang diproduksi oleh suatu TPA *Pilot Plant* di Unit *Dry Cell*, khususnya pada lapisan kedua. Tujuan lain yang dapat dicapai adalah untuk mengetahui bagaimana mengoptimalkan pengumpulan gas dari suatu TPA dan permasalahan-permasalahan

yang ada dalam melakukan kegiatan penelitian ini.

2. METODOLOGI

Metode yang dilakukan dalam melaksanakan kegiatan penelitian ini adalah melalui tahapan-tahapan serta batasan-batasan sebagai berikut:

- Menentukan dan mempersiapkan sistem teknis yang akan digunakan dalam pengumpulan *Landfill Gas* (LFG) dari unit *Pilot Plant* TPA sampah sistem kering (*Dry Cell*). Batasan *Pilot Plant* TPA *Dry Cell* adalah *Pilot Plant* TPA sampah yang kondisi kelembaban dari sampah yang telah dikumpulkan di TPA Bangklet tersebut, dibiarkan berada pada keadaan yang kering tidak terbasahi oleh air hujan maupun sirkulasi air lindi. Dengan dasar definisi tersebut, maka *Pilot Plant* TPA *Wet Cell* adalah *Pilot Plant* TPA sampah yang dikondisikan kelembabannya minimal 60% melalui proses pembasahan oleh sirkulasi air lindi. Namun untuk *Wet Cell*, bila terjadi hujan, maka kemungkinan besar kelembaban pada unit sampah basah ini jauh melampaui 60%, bahkan bisa saja mencapai 90%.
- Melakukan pengukuran LFG dari unit *Dry Cell* dengan alat *Gas Analyzer* GA 2000. Secara teknis, pelaksanaan setiap pengukuran dengan GA 2000 dilakukan per 3 sampai 6 menit sekali secara terus menerus sampai diperoleh nilai gas yang konstan.
- Dalam pengukuran LFG, suatu asumsi yang digunakan yaitu bahwa proses degradasi sampah organik oleh mikroba terjadi terus-menerus dengan kecepatan yang sama dan tidak dipengaruhi oleh waktu maupun kondisi temperatur di luar sistem. Temperatur dalam lapisan sampah ternyata tidak berubah yaitu sekitar 26°C. Dengan anggapan tersebut maka jumlah gas-

gas yang dihasilkan akan berjalan dengan konstan selama bahan organik masih tersedia dalam jumlah yang berlimpah, sehingga variabel waktu pelaksanaan pengukuran menjadi tidak berpengaruh. Artinya waktu pengukuran pagi, siang, sore atau malam hari akan tetap diperoleh nilai optimal yang sama.

- Melakukan analisis hasil pengukuran LFG, serta identifikasi permasalahan teknis yang ada dilapangan.
- Karakteristik sampah yang dibuang dan ditumpuk pada unit *Dry Cell* TPA Bangklet, sebenarnya bukan sampah yang ideal, karena berdasarkan penelitian sebelumnya diperoleh hasil analisa bahwa sampah tersebut mengandung sampah organik hanya sekitar 60% saja, sedangkan sisanya adalah sampah anorganik yang terdiri dari plastik, karet, batang kayu besar, gelas/kaca dan bahan logam atau metal. Jadi dengan komposisi sampah seperti itu, tentu saja tidak merupakan kondisi 100% sampah organik yang sangat ideal agar dapat seluruhnya didegradasi oleh mikroba.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN PENGUKURAN LFG

3.1. Kondisi Kestabilan Proses Degradasi

Pengukuran produksi LFG dapat dilaksanakan setelah penyelesaian *Pilot Plant* TPA *Dry Cell* dan kondisinya sudah stabil. LFG yang dapat diukur oleh alat analisa gas GA 2000 adalah gas metana (CH_4), CO_2 , O_2 dan gas-gas lain yang dikelompokkan dalam istilah *Ballast* (BAL). Gas-gas yang termasuk dalam *Ballast*, yaitu H_2S , NO_x , NH_3 dan gas-gas hasil dekomposisi yang lainnya. Berdasarkan pengamatan langsung di lapangan dan uji-coba pengukuran gas-gas yang dihasilkan di *Pilot Plant* TPA *Dry Cell*, setelah diperoleh suatu kondisi yaitu tidak adanya perubahan

berarti (tidak berfluktuasi lagi) dari besaran-besaran presentasi komposisi gas-gas yang diukur selama kurun waktu kurang lebih satu bulan, maka kondisi tersebut dianggap atau dikatakan sudah stabil. Jadi stabil berarti kestabilan proses degradasi bahan-bahan organik dari sampah perkotaan yang berada pada *Pilot Plant* TPA *Dry Cell*. Kondisi yang sudah stabil diyakini tercapai pada awal bulan Oktober 2010. Kondisi yang stabil hanya terjadi pada lapisan kedua, sedangkan pada lapisan pertama dan ketiga komposisi LFG terus berfluktuasi secara berarti. Setelah dilakukan penelusuran diketahui bahwa ketidakstabilan terjadi karena besarnya kebocoran pada bagian konektor (titik penyambungan pipa pengumpul LFG) antara pipa vertikal dan pipa horizontalnya. Berdasarkan laporan teknis kegiatan monitoring gas di TPA Bangklet, diketahui bahwa indikasi adanya kebocoran pada sistem jaringan perpipaan pengumpul & penangkap LFG, yaitu bila kadar oksigennya sangat tinggi atau mendekati kadar optimal oksigen di udara bebas (berkisar antara 19 sampai 19,78%).(4) Bila pada saat uji pengukuran LFG dimana diketahui sudah terdapat kebocoran pada sistem jaringan perpipaan pengumpul gasnya dan kondisi cuaca pada saat itu angin bertiup cukup kencang, maka kadar oksigen yang terukur pada LFG akan mencapai kenaikan hingga nilai optimumnya (19,78%).

3.2. Pengukuran LFG

Pengukuran produksi LFG *Pilot Plant* TPA *Dry Cell* untuk lapisan kedua dilaksanakan dalam tiga hari, yaitu hari pertama mulai pukul 11:32 sampai 11:55 dan pukul 14:09 sampai 14:21, hari kedua mulai pukul 12:20 sampai 12:32 dan hari terakhir (ketiga) mulai pukul 9:30 hingga 9:42 (lihat Tabel 1). Pada saat pengukuran dengan alat pengukur GA 2000, debit LFG yang dihisap dari pipa pengumpul gas vertikal oleh alat tersebut adalah sekitar 500 ml per menit. Sementara itu pada saat

pengukuran juga digunakan pompa hisap untuk menarik keluar gas-gas yang sempat terakumulasi pada pipa-pipa pengumpul, baik yang horizontal maupun yang vertikal. Kecepatan penghisapan LFG dengan bantuan pompa suction lebih besar dari pada kecepatan hisap alat pengukur GA 2000. Berdasarkan hasil pengukuran flow meter yang digunakan, diperoleh besarnya debit pompa hisap lebih dari 1000ml per menit. Sebenarnya keadaan ideal harus ditentukan lebih dahulu, yaitu dengan menghitung kemungkinan kondisi yang paling baik bagi kecepatan penghisapan produksi LFG. Kondisi terbaik ini memang hanya dapat diperoleh secara trial & error, yaitu seberapa cepat reaksi pembentukan gas-gas pada proses degradasi sampah oleh mikroba-mikroba anaerobik. Jadi keadaan idealnya adalah dimana laju produksi gas-gas sama dengan kecepatan penghisapan untuk pengukuran. Namun karena pipa pengumpul LFG hanya dipasang satu buah saja untuk setiap lapisan, maka keadaan ideal tersebut sangat sulit diketahui secara

pasti. Dengan keterbatasan ini, maka dilakukanlah pendekatan-pendekatan (dengan asumsi-asumsi tertentu) yang diharapkan tidak terlalu jauh dari kondisi optimalnya.

3.2.1. Hari Pertama

Proses pengukuran dengan alat Gas Analyzer GA 2000 untuk hari pertama dibagi dua periode, yaitu periode pertama yang dimulai pada pukul 11:32 hingga pukul 11:55 pengukuran disetiap 6 menit sekali, tetapi untuk periode kedua yang dimulai pada pukul 14:09 hingga pukul 14:21 pengukuran dilakukan setiap 3 menit sekali. Baik periode pertama, maupun periode kedua dilakukan masing-masing lima kali pengukuran. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1, presentasi gas CH₄ pada hasil pengukuran periode pertama diperoleh nilai terendah 33% dan tertinggi 39,5%, sehingga diperoleh nilai rata-ratanya sebesar 36,32%. Hasil pengukuran periode pertama lebih tinggi bila dibandingkan dengan hasil pengukuran

Tabel 1: Hasil pengukuran LFG lapisan kedua di Unit *Pilot Plant Dry Cell*.

Jam1	CH4	CO2	O2	BAL	CH4LEL	PEAKCH4	PEAKCO2	MINO2	BAROPRESS
11:32:12	33,00	30,90	5,20	30,90	0,00	33,00	30,90	5,20	917,00
11:38:24	35,30	32,80	4,50	27,40	0,00	35,40	32,80	4,50	917,00
11:44:14	36,40	33,50	6,40	23,70	0,00	36,40	33,50	4,40	917,00
11:49:36	37,40	34,30	5,90	22,40	0,00	37,40	34,30	5,90	917,00
11:55:17	39,50	36,00	4,70	19,80	0,00	39,50	36,00	4,70	917,00
14:09:29	28,50	28,10	6,90	36,50	0,00	30,10	29,30	6,60	917,00
14:12:30	29,70	29,10	6,50	34,70	0,00	29,80	29,20	6,50	917,00
14:15:31	30,60	30,10	6,20	33,10	0,00	30,70	30,10	6,20	917,00
14:18:32	31,50	30,80	5,90	31,80	0,00	31,50	30,80	5,90	917,00
14:21:33	32,40	31,40	5,50	30,70	0,00	32,50	31,50	5,50	917,00
12:20:23	30,60	30,60	6,00	32,80	0,00	30,60	30,60	5,50	916,00
12:23:24	31,20	30,80	5,80	32,20	0,00	31,20	30,80	5,80	916,00
12:26:25	31,70	31,00	5,50	31,80	0,00	31,90	31,10	5,50	916,00
12:29:26	32,80	31,60	5,30	30,30	0,00	32,90	31,70	5,30	917,00
12:32:27	33,40	32,10	5,00	29,50	0,00	33,50	32,20	5,00	916,00
9:30:00	32,40	32,30	5,30	30,00	0,00	32,40	32,40	5,30	918,00
9:33:01	32,90	32,50	5,10	29,50	0,00	32,90	32,60	5,10	919,00
9:36:02	33,70	32,90	4,90	28,50	0,00	33,70	32,90	4,90	919,00
9:39:03	34,20	33,10	4,70	28,00	0,00	34,40	33,30	4,70	919,00
9:42:04	34,80	33,50	4,60	27,10	0,00	34,90	33,60	4,60	918,00
				0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

nilai CH₄ pada periode kedua. Pada periode kedua nilai rata-rata CH₄ sebesar 30,54%. Demikian halnya untuk gas CO₂, nilai rata-rata produksi gas CO₂ pada periode pertama adalah 33,5% dan presentasi itu lebih tinggi dari pada yang diperoleh pada periode kedua (29,9%).

Secara ilmiah adanya perbedaan tersebut merupakan fenomena yang sangat menarik dan dapat dijelaskan bahwa pada dasarnya proses degradasi pada lapisan pertama dan kedua pada unit *Pilot Plant TPA Dry Cell* berjalan secara alamiah dengan normal dan stabil. Namun bila dilihat bahwa kadar Oksigen pada periode kedua mempunyai nilai rata-rata (6,2%) yang lebih tinggi dari pada periode pertama (5,34%), maka tentu ada sesuatu sebab yang mengakitnya adanya perbedaan tersebut. Diperkirakan perbedaan-perbedaan tersebut terjadi karena adanya perubahan cuaca secara mendadak pada saat pengukuran. Kondisi cuaca yang sangat panas dan hampir tidak ada angin pada saat pengukuran periode pertama, tiba-tiba berubah menjadi berawan dan hujan, karena itu pengukuran LFG dihentikan sementara. Pengukuran periode kedua dilanjutkan kembali setelah hujan mereda, namun angin kencang bertiup dari sisi selatan. Bertiupnya angin dengan kencang rupanya mempengaruhi hasil pengukuran, karena kain terpal plastik yang digunakan sebagai penutup unit *Dry Cell* kadang-kadang terangkat dan angin atau udara bebas menerobos masuk ke dalam permukaan tanah pelapis permukaan unit *Dry Cell*. Kelemahan lain yang memungkinkan angin mempengaruhi hasil pengukuran pada periode kedua adalah adanya kebocoran pada bagian konektor pipa pengumpul gas yang vertikal dan horizontal. Konektor (sambungan) kedua sistem perpipaan tersebut tidak dibuat dengan sempurna (dengan ulir dan packing karet), tetapi hanya dibalut oleh lembaran karet ban yang dililitkan dan dibubuhi lem (bahan perekat) aica-aibon. Seperti diketahui bahwa masalah ini juga yang terjadi pada konektor untuk pipa

pengumpul LFG lapisan pertama dan lapisan ketiga namun jauh lebih parah, sehingga pengukuran di kedua lapisan tersebut tidak dapat dilakukan.



Gambar 5 : Pengukuran LFG di lapisan ke dua di Unit Dry Cell.

Hasil pengukuran pada hari pertama secara keseluruhan, bila diambil nilai rata-ratanya (periode pertama dan kedua) adalah 33,43% untuk CH₄, 31,7% untuk CO₂, 5,77% untuk O₂ dan 29,1% untuk gas-gas lainnya.

3.2.2. Hari Kedua

Pengukuran LFG pada hari kedua berada pada waktu dan kondisi cuaca yang relatif hampir sama dengan pengukuran pada periode kedua hari pertama, yaitu siang hari, cuaca mendung dan angin bertiup kencang. Setiap pengukuran dilakukan selang tiga menit sekali dan dilakukan sampai nilai gas-gas cenderung konstan. Pengukuran dilakukan selama 12 menit saja dan tidak ada tahapan atau periode berikutnya. Hasil yang diperoleh adalah nilai rata-rata gas CH₄, CO₂, O₂ dan Ballast yaitu masing-masing 31,94%, 31,22%, 5,52% dan 31,32%. Dibandingkan dengan hasil pengukuran pada kondisi cuaca yang sama, yaitu pada pengukuran hari pertama periode kedua, ternyata presentasi atau komposisi gas-gas LFG dari *Pilot Plant TPA Dry Cell* hampir sama.

3.2.3. Hari Ketiga

Pengukuran LFG pada hari ketiga dilaksanakan pada pagi hari, yaitu dimulai dari pukul 9:30 dan dilakukan selama kurang lebih 12 menit. Cuaca pada saat pengukuran tergolong baik, terang dan tidak banyak angin. Hasil pengukuran LFG menunjukkan nilai rata-rata gas CH₄ 33,6%, CO₂ 32,86%, O₂ 4,92% dan Ballast sebesar 28,62%. Hasil pengukuran LFG pada hari ketiga ini bila dibandingkan dengan nilai rata-rata LFG yang diperoleh pada hari pertama menunjukkan nilai yang hampir sama.

3.3. Pembahasan Umum

3.3.1. Adanya Kebocoran Sistem Perpipaan Pengumpul LFG

Secara umum hasil pengukuran LFG pada lapisan kedua dari *Pilot Plant* TPA *Dry Cell* sebenarnya masih belum optimal, artinya masih ada penyimpangan, yaitu kadar oksigen yang tergolong tinggi. Bila proses degradasi berjalan secara anaerobik, maka gas-gas yang terbentuk akan didominasi oleh gas metana, sedangkan kadar oksigennya dapat dikatakan hampir tidak ada. Dari kegiatan serupa yang dilakukan pada TPA Sampah Sistem Struktur Sel di TPA Suwung, Denpasar-Bali, kadar oksigen yang diperoleh hanya berkisar 1% atau 2%.⁵⁾ Jadi memang pada sistem jaringan perpipaan pada *Pilot Plant* TPA *Dry Cell* sebenarnya masih juga terjadi kebocoran yang terdapat pada titik sambungan pipa vertikal dan horizontal.

3.3.2. Pengaruh Cuaca

Setiap kali melaksanakan uji pengukuran LFG di *Pilot Plant* TPA *Dry Cell* tersebut sangat terpengaruh oleh kondisi cuaca di luar. Bila sistem penutupan *Dry Cell* dapat dilakukan dengan sempurna, maka pelaksanaan pengukuran LFG tidak akan lagi terpengaruh oleh kondisi cuaca di luar. Dengan demikian proses pengumpulan

LFG juga akan dapat menunjukkan hasil yang optimal, yaitu tidak lagi mengandung Oksigen, karena tidak ada lagi udara luar yang menerobos masuk ke dalam sistem tersebut. Demikian juga halnya bila terjadi kebocoran pada sambungan pipa vertikal dan horizontal, maka secara keseluruhan sistem tidak akan terpengaruh oleh udara luar atau sebaliknya, yaitu gas-gas pencemar atau GRK, seperti CH₄ dan CO₂ tidak akan terlepas ke udara bebas.

3.3.3. Laju Alir Penghisapan LFG

Satu variabel penting lain yang juga sangat menentukan keberhasilan proses pengumpulan LFG adalah kecepatan atau debit penghisapan LFG. Kondisi yang ideal adalah bila kecepatan hisap LFG pada saat pengukuran sama besar dengan laju produksi LFG yang merupakan hasil degradasi sampah organik secara anaerobik. Namun karena laju proses degradasi tidak diteliti secara lebih seksama, maka besarnya laju alir penghisapan LFG dilakukan secara trial & error. Pada pelaksanaan pengukuran kali ini laju alir penghisapan LFG adalah sekitar 400 – 500 ml per menit dengan tekanan yang juga ditentukan dengan coba-coba, yaitu sekitar -0,2 bar (lihat Gambar 5). Sementara itu pada alat pengukur gas GA 2000 tekanan yang terukur adalah berkisar antara 916 sampai dengan 919 mm Hg.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Dari hasil pengukuran dan pembahasan di atas dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu:

- Hasil pengukuran secara keseluruhan terhadap *Pilot Plant* TPA *Dry Cell* untuk lapisan kedua adalah 32,99% untuk CH₄, 31,87% untuk CO₂, 5,4% untuk O₂ dan 29,68% untuk gas-gas lainnya.
- Sistem pengumpulan dan penangkapan LFG pada *Pilot Plant* TPA *Dry Cell* untuk

lapisan kedua belum sempurna. Hal tersebut ditunjukkan masih adanya kandungan Oksigen dengan jumlah yang cukup besar, yaitu antara 4,5% sampai 6,9%.

- Kondisi optimal untuk pengukuran LFG juga masih belum diperoleh. Penentuan kondisi optimal untuk pengukuran LFG perlu terus diteliti, terutama untuk besarnya laju produksi LFG dari suatu TPA dengan karakteristik sampah yang tertentu pula. Dengan demikian besarnya laju alir penghisapan LFG pada saat dilakukannya pengukuran juga akan dapat disesuaikan dengan laju produksi LFG di TPA tersebut.

4.2. Saran

Untuk meningkatkan hasil pengukuran LFG dari suatu TPA dapat disarankan hal-hal sebagai berikut:

- Dibutuhkan penelitian lanjutan yang dapat memperoleh kondisi optimal dalam pengukuran LFG sehubungan dengan proses penghisapan LFG dari suatu TPA Sanitary Landfill.
- Sistem pengumpulan dan penangkapan LFG, baik pada lapisan pertama, kedua, maupun ketiga sudah cukup bagus, tetapi berdasarkan dimensi *Pilot Plant* TPA *Dry Cell* akan lebih bagus bila dibuat tiga titik tambahan untuk masing-masing lapisan.
- TPA Sampah Bangklet sangat potensial untuk dikembangkan menjadi TPA

yang swasembada energi. Berkaitan dengan emisi GRK, sistem monitoring gas di TPA Bangklet ini sebaiknya juga diterapkan di seluruh TPA Sanitary Landfill di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

1. Djoko Heru Martono, dkk., 2010, "Laporan Kegiatan Pengelolaan Sampah Perkotaan di TPA Pilot Plant Bangklet, Kabupaten Bangli, Provinsi Bali", Pusat Teknologi Lingkungan, BPPT.
2. Kementerian Negara Lingkungan Hidup (KMNLH), 2009, "Indonesia Second National Communication Under The United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Report", Jakarta.
3. NN, 2008, Laporan Singkat "Pembangunan TPA Bangklet, Kabupaten Bangli, Provinsi Bali", Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
4. Heru Dwi Wahyono, dkk., 2010, "Laporan Teknis : Recovery & Monitoring Landfill Gas", Pusat Teknologi Lingkungan, BPPT.
5. Petrus Nugro Rahardjo, 2010, "Identifikasi Masalah Kebocoran Gas Pada TPA Sanitary Landfill Sistem Struktur Sel di TPA Suwung", Jurnal Rekayasa Lingkungan, Vol. 7, No. 1, Pusat Teknologi Lingkungan, BPPT, Jakarta.