

Pengolahan Lumpur Tinja Pada Sludge Drying Bed IPLT Keputih Menjadi bahan Bakar Alternatif Dengan Metode *Biodrying*

Desy Rizkiyah Lestari dan Gogh Yudidhanto

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: gogh.youdihanto@gmail.com

Abstrak—Lumpur tinja memiliki kandungan kadar organik yang tinggi, sehingga lumpur tinja berpotensi dijadikan sebagai bahan bakar alternatif. Dalam penelitian ini, lumpur tinja diolah dengan proses *biodrying*. Pada pengolahan lumpur tinja akan dianalisis pengaruh variasi *air flow rate* dan waktu tinggal terhadap perubahan suhu, penurunan kadar air, serta potensi lumpur tinja sebagai bahan bakar alternatif. Variasi pemberian *air flow rate* sebesar 25 liter/menit dan 15 liter/menit. Pada tiap variasi pemberian *air flow rate* akan dikenakan variasi waktu detensi selama 7, 14 dan 21 hari. Hasil penelitian menunjukkan *air flow rate* 25 liter/menit, kadar air dan nilai karbon akhirnya mencapai 80,9% dan 40,40% selama 7 hari; 13,65% dan 39,76% selama 14 hari; 10,53% dan 38,90% selama 21 hari. Pada reaktor dengan pemberian *air flow rate* 15 liter/menit kadar air dan nilai karbon akhirnya mencapai 86,19% dan 39,41% selama 7 hari; 81,29% dan 38,41% selama 14 hari; 67,90% dan 35,77% selama 21 hari. Berdasarkan nilai kalor aktual, waktu detensi optimum diperoleh selama 18 hari dengan *air flow rate* 25 liter/menit tiap 0,23 kg berat kering atau setara dengan 6,52 m³ jam⁻¹ kg⁻¹. Pada kondisi tersebut nilai kalor aktual sebesar 3767,28 cal/gram.

Kata Kunci—*Biodrying*, Bahan bakar alternatif, Lumpur tinja.

I. PENDAHULUAN

LUMPUR tinja merupakan hasil buangan manusia yang akan terus bertambah jumlahnya seiring dengan pertambahan penduduk, jika tidak diolah dengan baik maka dapat menjadi permasalahan lingkungan karena buangan tersebut merupakan beban dengan kadar organik dan toksisitas yang tinggi bagi lingkungan.

Namun disisi lain, kandungan organik yang tinggi pada lumpur tinja menyebabkan lumpur tinja berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan bakar alternatif. Untuk menjadikan lumpur tinja sebagai bahan bakar alternatif diperlukan proses pengeringan lumpur, mengingat kandungan air dalam lumpur tinja juga sangat tinggi.

Biodrying merupakan sebuah metode pre-treatment alternatif untuk pengolahan limbah yang telah dikembangkan beberapa tahun yang lalu. Metode ini bertujuan untuk

mengurangi kandungan air dalam bio-waste yang kadar airnya cukup tinggi [1].

Prinsip *biodrying* yang hanya mengurangi kadar air dalam lumpur tinja menyebabkan bahan organik yang terkandung dalam lumpur akan terdekomposisi sebagian. Dimana setiap bahan organik memiliki unsur karbon. Proses *biodrying* menjadikan kandungan unsur karbon dalam lumpur tinja olahan masih cukup tinggi. Menurut penelitian yang dilaporkan dalam referensi [2], yaitu proses *biodrying* diatur sedemikian rupa sehingga dapat mempercepat proses pengeringan dan untuk mengurangi terjadinya degradasi material organik. Hal ini bertujuan untuk menyimpan energi kalor didalamnya.

Dalam *biodrying* pengeringan didapat dari panas biologis akibat aktivitas mikroorganisme yang dibantu dengan proses aerasi [3]. Bagian utama dari panas biologis tersebut tersedia secara alami melalui mikroba aerobik yang dapat mendegradasi bahan organik, sehingga digunakan untuk menguapkan air yang terkandung dalam material limbah. Reaksi eksotermik aerobik dapat dilihat pada persamaan (1) [4].



Dalam penelitian ini digunakan variasi *air flow rate* dan waktu detensi untuk mengetahui pengaruhnya terhadap perubahan suhu dan pengurangan kadar air, serta menganalisis potensi lumpur tinja sebagai bahan bakar alternatif. Variasi *air flow rate* yang digunakan adalah 25 liter/menit dan 15 liter/menit. Pada tiap *air flow rate* tersebut akan dikenakan variasi waktu detensi selama 7, 14 dan 21 hari.

II. METODE PENELITIAN

A. Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian merupakan tahap mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian, dimana sebelumnya reaktor direncanakan desainnya sedemikian rupa untuk mengetahui alat atau komponen - komponen apa saja

yang nantinya akan dirangkai menjadi reaktor *biodrying*. Alat - alat yang dibutuhkan untuk pembuatan reaktor berupa: tabung fiber glass, blower, pipa pvc, selang plastik, valve, air flow meter, aksesoris pipa dan ember.

Bahan yang digunakan adalah sludge IPLT Keputih yang diambil dari bangunan *Sludge Drying Bed* (SDB). Lumpur yang diambil berumur 1 hari.

B. Penelitian Pendahuluan

Penelitian awal merupakan uji awal terhadap karakteristik sampel lumpur tinja yang dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan dan Laboratorium Research Center ITS. Uji laboratorium yang dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan meliputi: analisis kadar air, kadar solid, kandungan volatil solid dan nilai karbon. Keempat analisis ini menggunakan metode gravimetri. Sedangkan analisis nilai kalor diuji di Laboratorium Research Center ITS dengan menggunakan bom kalorimetri.

Karakteristik lumpur tinja *sludge drying bed* yang digunakan mengandung kadar air 87,19%, kadar solid 12,81%, volatil solid 74,44%, karbon 41,36% dan nilai kalor 4168 cal/gram.

C. Perancangan Reaktor

Penelitian dilakukan dalam reaktor skala laboratorium, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Reaktor terbuat dari fiber glass dengan dimensi tinggi total 55,2 cm, diameter 25 cm. Dibagian bawah ditempatkan sebuah saluran untuk drainase lindi dan distribusi udara. Diatas saluran drainase terdapat perforated baffle yang berfungsi untuk menyangga limbah dan meratakan aerasi.

D. Pengoprasian Reaktor

Dalam penelitian ini digunakan 6 reaktor *biodrying*. Tiap reaktor *biodrying* diisi dengan lumpur tinja dari *sludge drying bed* IPLT Keputih sebanyak 1,8 kg. Proses *biodrying* berlangsung selama 7 hari, 14 hari dan 21 hari. Dengan *air flow rate* yang digunakan 25 liter/menit dan 15 liter/menit. Selama proses berlangsung lubang saluran lindi dan lubang sapling ditutup. Lubang saluran lindi hanya dibuka ketika akan mengeluarkan lindi dari reaktor.

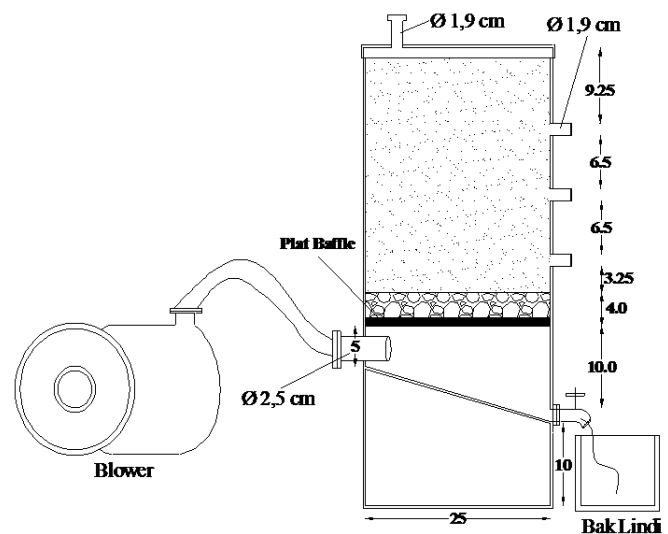
Detail kondisi operasi dari 6 buah reaktor dapat dilihat pada Tabel 1. Untuk mempermudah penjelasan dalam penelitian ini, tiap reaktor diberi nama R1, R2, R3, R4, R5 dan R6.

E. Analisis Data

Analisis dan pembahasan yang dilakukan dengan pemaparan dekriptif yang menjelaskan hasil penelitian dengan parameter-parameter yang diuji. Analisis data dilakukan untuk mengetahui karakteristik lumpur tinja yang digunakan pada pra-pengoprasian reaktor, selama pengoprasian reaktor dan pasca pengoprasian. Karakteristik tersebut meliputi:

Tabel 1.
Detail kondisi operasi tiap reaktor

Reaktor	kondisi		
	Berat lumpur (kg)	air flow rate (liter/menit)	waktu detensi (hari)
R1	3,5	25	21
R2	3,5	25	14
R3	3,5	25	7
R4	3,5	15	21
R5	3,5	15	14
R6	3,5	15	7



Gambar. 1. Skema rancangan reaktor pada penelitian biodrying lumpu tinja.

- Kadar air.
- Kadar solid.
- Volatil solid.
- Kandungan karbon.
- Nilai kalor.

F. Diskusi dan Pembahasan

Diskusi dan pembahasan adalah melakukan perbandingan pada hasil penelitian dengan studi pustaka yang telah ada, serta mengidentifikasi permasalahan-permasalahan yang timbul selama penelitian.

G. Kesimpulan

Penarikan kesimpulan akan didasari oleh hasil analisis data dan pembahasan data yang diperoleh sehingga didapatkan suatu kesimpulan. Saran akan didasari dengan apa yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya dan kendala dalam proses penelitian yang telah dilakukan.

Tabel 2.
Hasil analisis karakteristik lumpur yang digunakan.

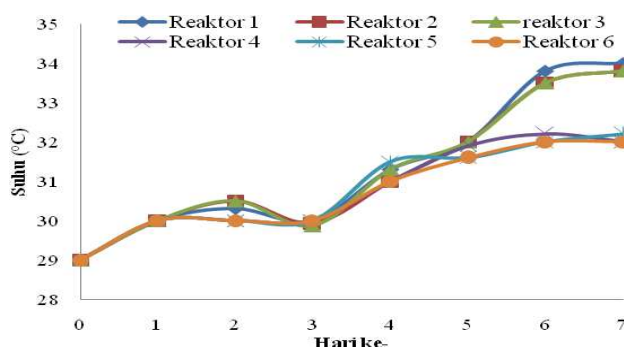
No.	Parameter	Satuan	Nilai
1	Suhu	°C	29
2	Kadar solid	%	12,81
3	Kadar air	%	87,19
4	Volatil solid	%	74,44
5	Karbon	%	41,36

Tabel 3.
Hasil analisis karakteristik lumpur pada waktu detensi 7 hari.

No.	Parameter	Kondisi awal	R3	R6
1	Kadar air	87,19%	80,95%	86,19%
2	Kadar Solid	12,81%	19,05%	13,81%
3	Volatil solid	74,44%	72,72%	70,94%
4	Karbon	41,36%	40,4%	39,41%



Gambar 2. Karakteristik lumpur tinja yang digunakan.



Gambar 3. Grafik perubahan suhu hingga hari ke-7.

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Karakteristik Lumpur yang Digunakan

Dalam penelitian ini setiap harinya dilakukan kontrol suhu dan diakhir masa detensi masing-masing lumpur akan dilakukan analisis penurunan kadar air, nilai volatil solid, nilai karbon dan analisis nilai kalor. Berat lumpur yang digunakan dalam percobaan kedua sebanyak 1,8 kg dengan variasi *air flow rate* 25 liter/menit dan 15 liter/menit.

Pada hari ke-0 running reaktor dilakukan kembali analisis karakteristik awal lumpur tinja yang digunakan. Analisis yang pertama adalah suhu, analisis kadar air dan berat kering. Analisis selanjutnya adalah analisis volatil solid dan nilai karbon. Hasil analisis tersebut dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 2.

B. Perubahan Suhu, Kadar Air dan Nilai Karbon Pada Waktu Detensi 7 Hari.

Perubahan suhu selama 7 hari pada *air flow rate* 25 liter/menit tertinggi mencapai 33,5°C sedangkan pada *air flow rate* 15 liter/menit suhu tertinggi mencapai 32,2°C. Perubahan suhu tiap harinya dapat dilihat pada Gambar 3.

Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui bahwa peningkatan suhu terjadi lebih tinggi pada reaktor dengan pemberian *air flow rate* 25 liter/menit. Hal ini sesuai dengan yang diungkapkan oleh [5] bahwa *air flow rate* dapat mempengaruhi suhu biomass dalam proses pengeringan.

Pada akhir hari ke-7 pada reaktor 3 dan 6 dilakukan analisis kadar air, volatil solid, nilai karbon dan nilai kalor. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 3.

Hasil analisis karakteristik lumpur tinja pada Tabel 3 menunjukkan pada reaktor 3 (*air flow rate* 25 liter/menit) penurunan kadar air sebanyak 6,24% sedangkan pada reaktor 6 (*air flow rate* 15 liter/menit) penurunan kadar air sebanyak 0,99%. Selain itu, pada reaktor 3 penurunan volatil solid dan karbon relatif lebih rendah dibandingkan pada reaktor 6. Hal ini sesuai dengan yang diungkapkan oleh Haung (1986) bahwa *air flow rate* dapat mempengaruhi suhu biomass dalam proses pengeringan. Selain dapat mempercepat proses pengeringan, juga dapat menurunkan degradasi zat organik guna menyimpan energi kalor, dalam percobaan ini dibuktikan dengan penurunan volatil solid dan nilai karbon yang relatif rendah pada reaktor 3.

C. Perubahan Suhu, Kadar Air dan Nilai Karbon Pada Waktu Detensi 14 Hari.

Perubahan suhu selama 14 hari pada *air flow rate* 25 liter/menit tertinggi mencapai 35,8°C sedangkan pada *air flow rate* 15 liter/menit suhu tertinggi mencapai 33,5°C. Perubahan suhu tiap harinya dapat dilihat pada Gambar 4.

Berdasarkan Gambar 4 pada reaktor 1 dan 2 setelah mencapai suhu tertinggi terjadi penurunan yang cukup signifikan. Hal ini menandakan bahwa aktivitas mikroorganisme mulai menurun dan proses dekomposisi juga mulai berhenti diakibatkan oleh berkurangnya kadar air (air menguap) dalam matrik limbah. Meningkatnya suhu tersebut mengakibatkan efek pengeringan [2].

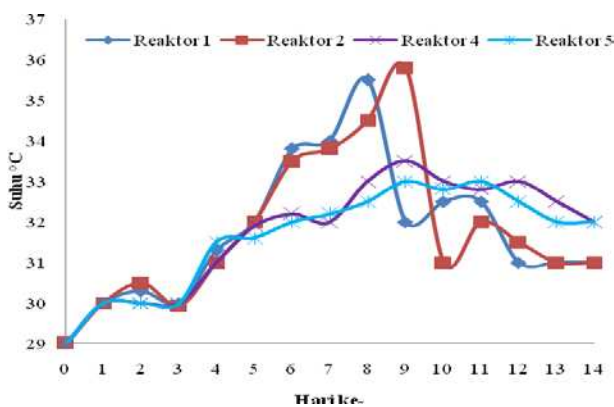
Pada akhir hari ke-14 pada reaktor 2 dan 5 dilakukan analisis kadar air, volatil solid, nilai karbon dan nilai kalor. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4.
Hasil analisis karakteristik lumpur pada waktu detensi 14 hari.

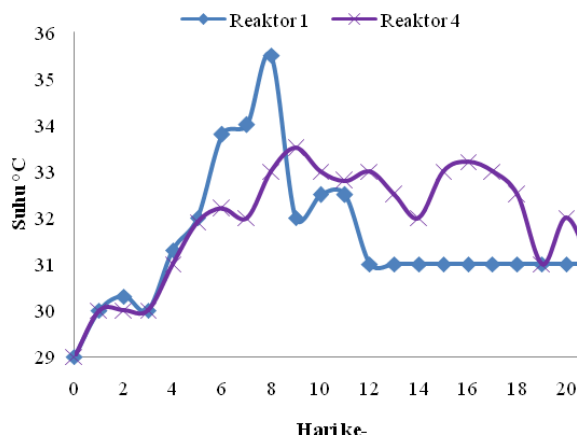
No.	Parameter	Kondisi awal	R2	R5
1	Kadar air	87, 19%	13,65%	81,29%
2	Kadar Solid	12,81%	86,35%	18,71%
3	Volatil solid	74,44%	71,56%	69,13%
4	Karbon	41,36%	39,75%	38,4%

Tabel 5.
Hasil analisis karakteristik lumpur pada waktu detensi 14 hari.

No.	Parameter	Kondisi awal	R1	R4
1	Kadar air	87, 19%	10,53%	67,9%
2	Kadar Solid	12,81%	89,47%	32,09%
3	Volatil solid	74,44%	70,03%	64,38%
4	Karbon	41,36%	38,91%	35,76%



Gambar 4. Grafik perubahan suhu hingga hari ke-14.



Gambar 5. Grafik perubahan suhu hingga hari ke-21.

Tabel 6. Hasil analisis nilai kalor		
No	Reakto r	Nilai Kalor (Cal/gram)
1	Awal	4168
2	R1	3979
3	R2	3889
4	R3	3976
5	R4	3961
6	R5	3775
7	R6	3989

Hasil analisis karakteristik lumpur tinja pada Tabel 4 menunjukkan pada reaktor 2 (*air flow rate* 25 liter/menit) terjadi penurunan kadar air sebanyak 73,54% dari kadar air semula, dengan kata lain kondisi lumpur akhir pada reaktor 3 sudah kering. Sedangkan pada reaktor 5 (*air flow rate* 15 liter/menit) penurunan kadar air sebanyak 5,89% dari kadar air semula dan kondisi lumpur masih sedikit basah seperti tanah liat. Selain itu nilai karbon pada reaktor 2 juga lebih tinggi daripada reaktor 5. Hal ini seperti yang diungkapkan referensi [2] dalam jurnalnya bahwa peristiwa meningkatnya suhu pada reaktor 2 bukan karena proses stabilisasi biologis atau dekomposisi telah selesai, melainkan karena efek pengeringan sehingga nilai karbon dapat dipertahankan (tidak terurai).

D. Perubahan Suhu, Kadar Air dan Nilai Karbon Pada Waktu Detensi 21 Hari.

Perubahan suhu selama 21 hari pada *air flow rate* 25 liter/menit tertinggi mencapai 31°C sedangkan pada *air flow rate* 15 liter/ menit suhu tertinggi mencapai 33°C. Perubahan suhu tiap harinya pada reaktor dengan *air flow rate* 25 liter/menit dapat dilihat pada Gambar 5.

Berdasarkan Gambar 5 dari akhir masa detensi 14 hari memasuki masa detensi 21 hari, tidak terjadi perubahan suhu. Hal ini dikarenakan pada akhir masa detensi 14 hari sisa kadar air hanya 13,65%, sehingga tidak memungkinkan mikroorganisme untuk beraktivitas lagi dan berdampak tidak ada perubahan suhu.

Pada akhir hari ke-21 pada reaktor 1 dan 4 dilakukan analisis kadar air, volatil solid, nilai karbon dan nilai kalor. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 5.

Dari Tabel 5 pada reaktor 1 (*air flow rate* 25 liter/ menit) penurunan kadar air sebanyak 76,66% dari kadar air awal, sedangkan pada reaktor 4 (*air flow rate* 15 liter / menit) penurunan kadar air sebanyak 19,28%. Pada reaktor 1 kadar karbon dapat dipertahankan hingga 38,91%, sedangkan pada reaktor 4 nilai karbonnya 35,76%.

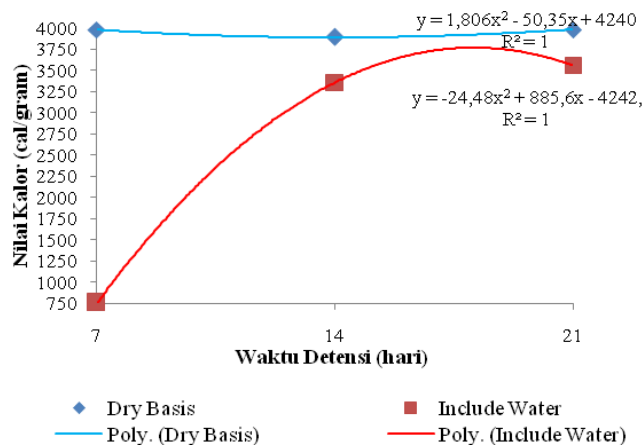
E. Analisis Nilai Kalor.

Analisis nilai kalor dilakukan dengan uji laboratorium menggunakan bom kalorimetri. Uji laboratorium ini dilakukan di Laboratorium Energi ITS. Hasil analisis nilai kalor dengan uji laboratorium dapat dilihat pada Tabel 6.

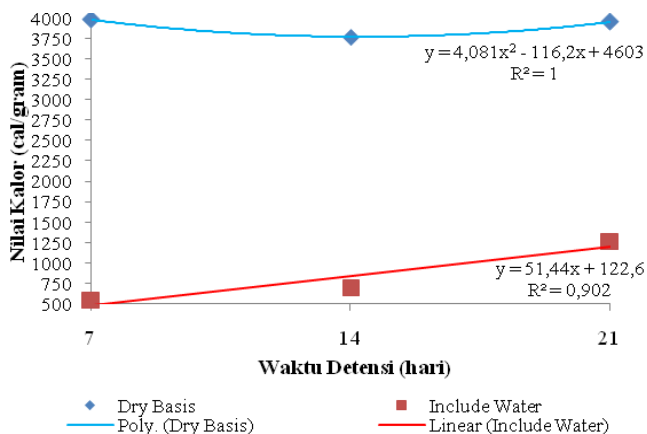
Nilai kalor dari uji laboratorium merupakan nilai kalor yang didapat pada sampel dengan kondisi kering (tanpa adanya *moisture content*). Padahal produk akhir *biodrying* pada penelitian ini masih terkandung beberapa persen kadar air. Untuk mengetahui nilai kalor aktual dari produk akhir tersebut, dilakukan perhitungan nilai kalor tanpa adanya pengurangan *moisture content*. Hasil perhitungan nilai kalor aktual (*include moisture content*) dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7
Hasil analisis nilai kalor aktual (include moisture content)

No	Reaktor	Nilai Kalor (Cal/gram)
1	R1	3560
2	R2	3358
3	R3	757,4
4	R4	1271
5	R5	706
6	R6	551



Gambar. 6. Grafik perbandingan nilai kalor aktual (include moisture content) dengan nilai kalor kering pada reaktor dengan air flow rate 25 liter/menit



Gambar. 7. Grafik perbandingan nilai kalor aktual (include moisture content) dengan nilai kalor kering pada reaktor dengan air flow rate 15 liter/menit

Grafik perbandingan antara nilai kalor aktual (*include moisture content*) dengan nilai kalor kering hasil uji laboratorium dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.

Berdasarkan Gambar 6 dan 7 kadar air yang terkandung dalam produk akhir *biodrying* sangat mempengaruhi nilai kalor yang terkandung. Pada nilai kalor kering hasil uji laboratorium tren grafik mengalami penurunan, sedangkan pada nilai kalor aktual (*include moisture content*) tren grafik mengalami peningkatan. Tren peningkatan nilai kalor pada reaktor dengan *air flow rate* 25 liter/menit lebih tinggi dibandingkan pada reaktor dengan *air flow rate* 15 liter/menit, karena kadar air pada reaktor dengan *air flow rate* 25 liter/menit lebih rendah.

Dari Gambar 6 dapat diketahui waktu detensi optimum dimana nilai kalor aktual mencapai maksimal, dengan cara mencari titik puncak dari kurva tersebut. Nilai kalor maksimal 3767,28 cal/gram diperoleh dengan waktu detensi 18 hari, *air flow rate* yang diberikan 25 liter/menit.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka kesimpulan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Dalam penelitian ini belum dicapai suhu optimum *biodrying*. Pencapaian suhu optimum selain untuk pengeringan limbah, juga berpengaruh pada sanitasi yaitu untuk mereduksi bau, pengurangan jumlah lindi dan pengurangan timbulnya belatung.
2. Besarnya *air flow rate* dan lamanya waktu detensi sangat berpengaruh pada penurunan kadar air, nilai karbon, volatil solid dan nilai kalor.
3. Penurunan kadar air tertinggi terdapat reaktor dengan pemberian *air flow rate* 25 liter / menit. Dengan jumlah kadar air pada reaktor 3 sebesar 80,95%; reaktor 2 sebesar 13,65%; dan reaktor 1 sebesar 10,53%.
4. Nilai karbon dan volatil solid tertinggi terdapat reaktor dengan pemberian *air flow rate* 25 liter / menit. Dengan nilai karbon dan volatil solid pada reaktor 1 sebesar 38,91% dan 70,03%; reaktor 2 sebesar 39,76% dan 71,56%; dan reaktor 3 sebesar 40,40% dan 72,72%.
5. Kadar air sangat berpengaruh pada nilai kalor. Semakin banyak kandungan air yang masih terkandung dalam matrik limbah, maka akan semakin mengurangi nilai kalor limbah tersebut.
6. Berdasarkan nilai kalor aktual (*include moisture content*) yang tertinggi, waktu detensi optimum diperoleh selama 18 hari dengan *air flow rate* 25 liter/menit tiap 0,23 kg berat kering atau setara dengan 6,52 m³ jam⁻¹ kg⁻¹. Pada kondisi tersebut nilai kalor aktual sebesar 3767,28 cal/gram.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zhang, D.Q., He, P.J., Yu, L.Z., Shao, L.M., 2009. "Effect of Inoculation Time on the Bio-Drying Performance of Combined Hydrolytic-aerobic Process." *Bioresour. Technol.* 100, 1087-1093.
- [2] Adani, F., Baido, D., Calcaterra, E., Genevini, P., 2002. "The influence of biomass temperature on biostabilization-*biodrying* of municipal solid waste." *Bioresour. Technol.* 83, 173-179.
- [3] Velis, C.A., Longhurst, P.J., Drew, G.H., Smith, R., Pollard, V., 2009. "*Biodrying* for Mechanical-Biological Treatment of Wastes: A Review of Process Science and Engineering." *Bioresour. Technol.* 100, 2747-2761.
- [4] Huang, R.T., 1986. "Composting Process Design Criteria, Part 3-Aeration." *Biocycle* (October), 53-57.
- [5] Navaee-Ardeh, S., Bertrand, F., Stuart, P.R., 2010. "Key Variables Analysis of a Novel Continuous *Biodrying* Process for Drying Mixed Sludge." *Bioresour. Technol.* 101, 3379-3387.