

TIMBULAN LEACHATE DARI LANDFILL LYSIMETER DENGAN LAPISAN PENUTUP BERBAHAN DASAR LIMBAH ABU SEKAM PADI

Andy Mizwar

Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin
e-mail: andy.mizwar@gmail.com

Abstract

The purpose of this study was to determine the effect of the use of rice husk ash as a landfill cover on the quantity and characteristics of leachate generated from landfill lysimeter. Three lysimeters with diameter and height of 0,15 and 2 m, respectively, were prepared. Two lysimeters were filled with municipal waste and two different cover types i.e. soil (lysimeter A) and rice husk ash (lysimeter B) while another lysimeter was filled solely with municipal waste (lysimeter C). Leachate quantities and characteristics were measured and determined once a week. The cumulative leachate quantity from the lysimeter B was found to 69,33% and 43,93% less than the lysimeter C and A respectively. There were no any differences of the pH value of the leachate generated from all lysimeters. The comparison of the leachate characteristics showed that the lysimeter B generate the TSS concentrations 45,95% and 52,93% less than the lysimeter C and A respectively, however the TDS concentrations were 130,73% and 60,91% more than lysimeter C and A respectively. In addition, the use of rice husk ash as a landfill cover could reduce \pm 85% of organic matter in the leachate generated.

Keywords: landfill cover, leachate, lysimeter, rice husk ash

1. Pendahuluan

Abu sekam padi merupakan hasil sisa dari proses pembakaran sekam padi. Sekitar 0,23 ton sekam padi dihasilkan dari setiap ton padi yang digiling (Jain et al., 1996) dan 0,20 ton abu sekam padi dihasilkan dari setiap ton sekam padi yang dibakar (Zemke and Woods, 2009). Tidak kurang dari 20 juta ton abu sekam padi dihasilkan setiap tahun dari berbagai kegiatan pemanfaatan sekam padi sebagai bahan bakar mesin tenaga uap, industri pembuatan batu bata dan pembangkit listrik (Zemke and Woods, 2009; Prasad and Pandey, 2012). Di Indonesia, dengan rata-rata produksi padi sebesar 60,13 juta ton/tahun (BPS, 2012) dapat diestimasi jumlah timbulan abu sekam padi sekitar 3 juta ton/tahun. Walaupun abu sekam padi telah banyak dimanfaatkan untuk berbagai aplikasi, seperti pembuatan batu bata, semen portland, stabilisasi limbah dan pengolahan air limbah, namun hanya sekitar 25% dari total abu tersebut yang digunakan dan sisanya dibiarkan di lingkungan atau di timbun di tempat pemrosesan akhir (TPA) sampah

(Kartini et al., 2011; Nagrale et al., 2012). Kondisi ini tentunya akan menyebabkan peningkatan beban pengolahan dan mengurangi daya tampung TPA. Untuk itu perlu diupayakan pemanfaatan abu sekam tersebut di TPA.

Di sisi lain, konsekuensi dari pemberlakuan UU No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah yang melarang penanganan sampah dengan pembuangan terbuka (open dumping) di TPA, mengakibatkan setidaknya 300 TPA bersistem sanitary landfill harus dibangun untuk memenuhi ketentuan tersebut (Dirjen Cipta Karya, 2010). Salah satu komponen penting dalam pengoperasian sanitary landfill adalah lapisan penutup TPA yang berfungsi untuk meminimalisir sebaran leachate (air lindi sampah), bau dan gas landfill. Material yang paling umum digunakan sebagai lapisan penutup TPA adalah tanah yang memiliki persentase perbandingan antara pasir (sand), lempung (clay), dan lanau (silt) yang hampir sama (Damanhuri, 2008) atau tanah bertekstur geluh berpasir (sandy loam) (Karnchanawong and

Yongpialpop, 2009). Kebutuhan material untuk lapisan penutup TPA tersebut berkisar antara 15% – 25% dari volume timbunan sampah di TPA (Tchobanoglous et al., 1993; Ng and Lo, 2007; Damanhuri, 2008). Permasalahannya adalah ketersediaan tanah yang memenuhi syarat sebagai lapisan penutup TPA tersebut sangat terbatas sehingga dapat menyebabkan penyediaannya menjadi terhambat dan mengganggu operasional TPA.

Oleh karena itu, daripada menimbun abu sekam padi di TPA, memanfaatkannya menjadi bahan alternatif material lapisan penutup TPA (lapisan penutup harian maupun lapisan penutup antara), diharapkan dapat mengatasi masalah keterbatasan lapisan penutup TPA, menghemat sumber daya alam dan akan menimbulkan keuntungan ekonomis. Selain itu, abu sekam padi telah banyak digunakan sebagai adsorben dalam pengolahan air (Gidde et al., 2009; Wongjunda and Saueprasearsit, 2010; Yulianti dan Susanto, 2011; Syuhadah and Rohasliney, 2012), sehingga berpotensi untuk dapat mengurangi konsentrasi polutan dalam leachate.

Pada penelitian ini, simulasi penggunaan abu sekam padi sebagai bahan alternatif material lapisan penutup TPA dilakukan dalam lysimeter yang telah digunakan secara luas untuk mensimulasikan kondisi TPA, karena dapat menghindari kompleksitas lapangan dan memiliki kontrol lebih baik pada kondisi operasional (Trankler et al., 2005). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan pengaruh dari penggunaan abu sekam padi sebagai bahan alternatif material lapisan penutup TPA terhadap kuantitas dan karakteristik leachate yang dihasilkan dari lysimeter.

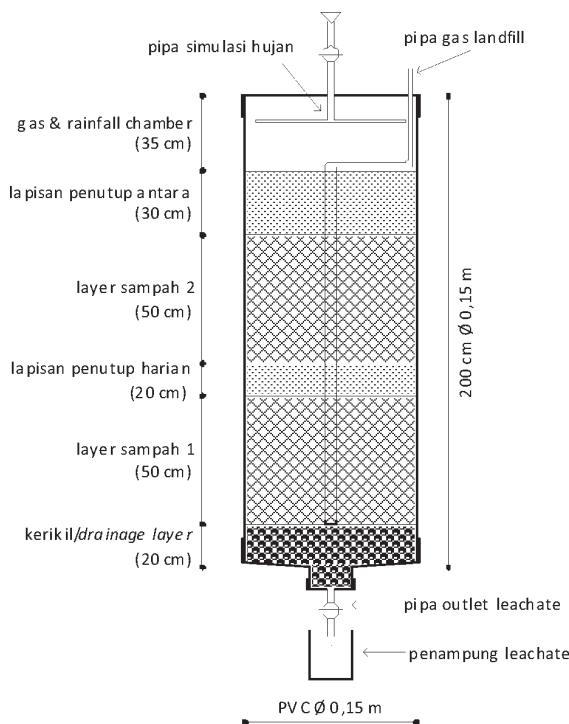
2. Bahan dan Metode

2.1. Unit Lysimeter

Pada penelitian ini digunakan tiga unit lysimeter yang terbuat dari pipa PVC dengan diameter 0,15 m dan tinggi 2 m. Penampang lysimeter ditunjukkan pada Gambar 1. Bagian atas setiap lysimeter dilengkapi dengan pipa berlubang untuk melakukan simulasi hujan, sedangkan di bagian bawah dilengkapi dengan lapisan kerikil (sebagai drainage layer) setebal 20 cm dan pipa outlet leachate. Dua lysimeter diisi dengan sampah dan lapisan penutup, yaitu; tanah (lysimeter A) dan abu sekam padi (lysimeter B), sedangkan satu lysimeter yang tersisa hanya diisi dengan sampah sebagai kontrol (lysimeter C).

2.2. Tanah, Abu Sekam Padi dan Sampel Sampah

Karakteristik tanah dan abu sekam padi yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1. Analisis karakteristik tanah dan abu sekam padi dilakukan berdasarkan ASTM Standards (ASTM, 1989), sedangkan klasifikasi tekstur berdasarkan klasifikasi USDA (Suripin, 2004). Lapisan tanah maupun abu sekam padi di dalam lysimeter setebal 20 cm (lapisan penutup harian) dan 30 cm (lapisan penutup antara).



Gambar 1. Penampang Unit Lysimeter

Tabel 1. Karakteristik Tanah dan Abu Sekam Padi

Karakteristik	Tanah	Abu Sekam
Kadar air (%)	15,73	10,65
pH	4,89	8,58
Bulk density (gr/cm ³)	1,63	0,42
Tekstur	Liat Berpasir	Debu
Permeabilitas (cm/jam)	1,18	4,40

Tabel 2. Komposisi Sampah Kota Banjarmasin

Jenis Sampah	% Berat
Sisa makanan	53
Plastik	7
Kertas	11
Sampah taman	3
Tekstil	2
Logam dan kaca	2
Kayu	1
Lain-lain	21

Sumber : DKP Kota Banjarmasin, 2010

Komposisi sampah yang dimasukkan ke dalam unit lysimeter mengacu pada komposisi timbulan sampah Kota Banjarmasin Kalimantan Selatan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2. Untuk mendapatkan sampel sampah yang representatif, sebelum dimasukkan ke dalam unit lysimeter masing-masing komponen sampah dicacah sampai berukuran ± 2 cm kemudian dicampur berdasarkan komposisi masing-masing dan diaduk sampai merata. Dua lapisan sampel sampah dengan tebal masing-masing 50 cm dimasukkan ke dalam lysimeter A dan B, sedangkan ke dalam lysimeter C dimasukkan satu lapisan sampel sampah setebal 100 cm. Kepadatan masing-masing lapisan sampel sampah ± 300 kg/m³.

2.3. Simulasi Hujan dan Analisis Leachate

Pelaksanaan simulasi hujan berfokus pada periode 3 bulan curah hujan tertinggi di Kota Banjarmasin, dengan asumsi bahwa jumlah leachate terbanyak akan dihasilkan pada saat terjadinya periode curah hujan tertinggi tersebut (Karnchanawong and Yongpialpop, 2009). Dari data curah hujan harian Kota Banjarmasin tahun 2007 – 2011, curah hujan harian periode bulan Februari – April 2007 dengan jumlah curah hujan 1492,60 mm dan 69 hari hujan, dipilih sebagai dasar penentuan simulasi hujan pada penelitian ini. Untuk mensimulasikan infiltrasi aktual yang melalui timbulan sampah di TPA, digunakan nilai koefisien run-off sebesar 0,22 untuk tanah yang dipadatkan dengan kemiringan 3% (Karnchanawong and Yongpialpop, 2009) dan tingkat penguapan rata-rata tahunan di wilayah Banjarmasin sebesar 53% (Ritzema and Wösten, 2002), sehingga nilai infiltrasi aktual adalah

sebesar 25% dari curah hujan harian. Untuk itu, pada penelitian ini, air suling (aquadest) sebanyak 25% dari curah hujan harian periode bulan Februari – April 2007 tersebut dimasukkan setiap pagi berdasarkan hari terjadinya hujan ke dalam masing-masing unit lysimeter sebagai pelaksanaan simulasi hujan selama penelitian.

Kuantitas dan karakteristik leachate (pH, TSS, TDS, BOD, dan COD) yang dihasilkan dari masing-masing lysimeter diukur dan dianalisis setiap minggu. Pengukuran kuantitas leachate dilakukan dengan menggunakan gelas ukur. Sedangkan analisis karakteristik leachate dilakukan berdasarkan Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA and WPCF, 1995).

3. Hasil dan Pembahasan

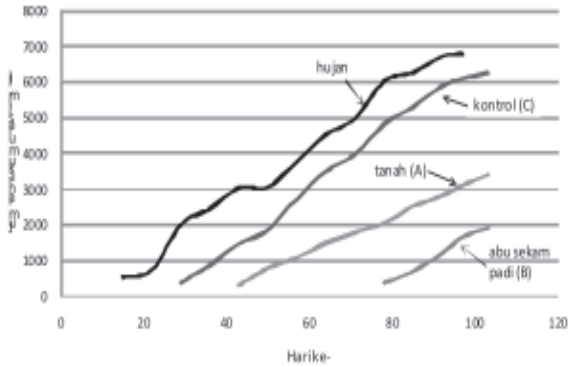
3.1. Timbulan Leachate

Jumlah timbulan leachate yang dihasilkan selama penelitian disajikan pada Gambar 2. Jumlah kumulatif simulasi hujan yang ditambahkan ke dalam masing-masing unit lysimeter adalah sebanyak 6,80 liter, sedangkan leachate yang dihasilkan dari lysimeter A sebanyak 3,42 liter, lysimeter B sebanyak 1,92 liter dan lysimeter C sebanyak 6,25 liter. Kondisi ini menunjukkan bahwa lysimeter dengan lapisan penutup tanah (lysimeter A) dan abu sekam padi (lysimeter B) mampu mereduksi 49,72% dan 71,81% volume air simulasi hujan yang ditambahkan pada masing-masing lysimeter, sedangkan pada lysimeter C hanya mampu mereduksi 8,09% volume air simulasi hujan. Tingginya penyerapan air oleh lapisan penutup tanah maupun abu sekam padi ini disebabkan oleh besarnya nilai void ratio dan rendahnya kadar air dari masing-masing material tersebut (Nema et.al., 2004). Hal ini didukung hasil penelitian yang menunjukkan bahwa cairan leachate keluar dari lysimeter A mulai minggu ke-6 (hari ke-43 penelitian), sedangkan pada lysimeter B mulai minggu ke-11 (hari ke-78 penelitian) dan pada lysimeter C mulai minggu ke-4 (hari ke-28 penelitian), yang menandakan bahwa lapisan penutup tanah maupun abu sekam padi dapat menahan leachate lebih lama di dalam landfill. Hal yang menarik adalah lapisan penutup abu sekam padi dapat menahan leachate lebih lama daripada lapisan penutup tanah, padahal nilai permeabilitas abu sekam padi lebih besar daripada tanah. Hal ini terjadi karena

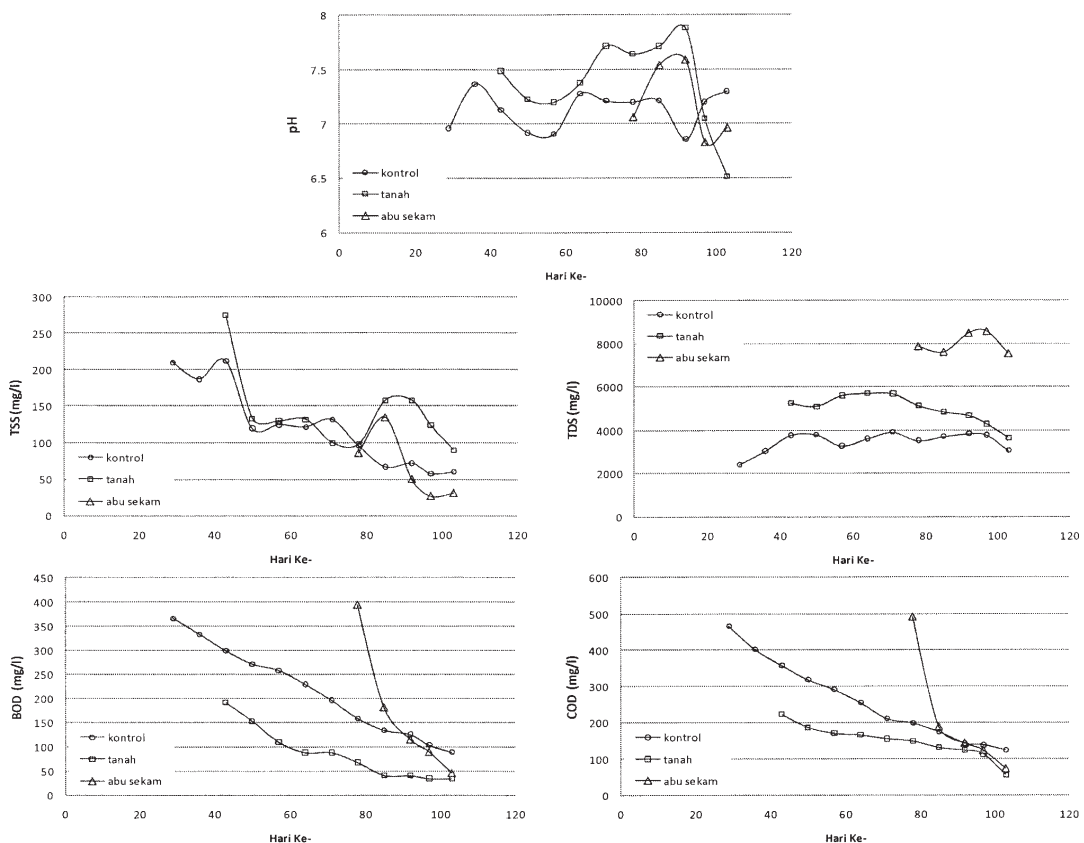
abu sekam padi sebagai bahan pozzolan yang mengandung silikat tinggi dapat bersifat sementasi jika bereaksi dengan air, sehingga kemudian dapat mengurangi tingkat permeabilitasnya (Bakri dan Baharuddin, 2008).

3.2. Karakteristik Leachate

Dinamika pH, TSS, TDS, BOD, dan COD pada leachate yang dihasilkan dari masing-masing lysimeter disajikan pada Gambar 3, sedangkan konsentrasi rata-rata dari masing-masing parameter tersebut disajikan pada Tabel 3. Hasil pengukuran pH menunjukkan bahwa perbedaan rata-rata nilai pH leachate yang dihasilkan dari masing-masing lysimeter tidak terlalu signifikan. Nilai rata-rata pH leachate pada lysimeter A, B, dan C secara berturut-turut adalah 7,38; 7,19 dan 7,12. Nilai pH tersebut sesuai dengan yang dikemukakan oleh Tchobanalous et.al. (1993) yang menyatakan bahwa salah satu indikator terjadinya proses degradasi sampah secara optimal adalah nilai pH leachate yang relatif netral (6,5 - 7,5). Hal ini diperkuat oleh hasil pengukuran pH sampah selama penelitian yang menunjukkan rata-rata nilai pH sampah pada lysimeter A, B, dan C secara berturut-turut adalah 6,30; 6,24 dan 6,09, yang oleh Tchobanalous et.al. (1993) dikemukakan sebagai kondisi optimum untuk perkembangan bakteri pendegradasi sampah.



Gambar 2. Jumlah Kumulatif Simulasi Hujan dan Timbulan Leachate



Gambar 3. Karakteristik Leachate

Tabel 3. Konsentrasi Rata-rata Polutan dalam Leachate

Parameter	satuan	Lysimeter A (tanah)	Lysimeter B (abu sekam)	Lysimeter C (kontrol)
pH	-	7,38	7,20	7,13
TSS	mg/l	139,80	65,80	121,75
TDS	mg/l	4986,90	8024,40	3477,67
BOD	mg/l	85,24	164,88	214,19
COD	mg/l	147,17	204,80	256,51

TSS (Total Suspended Solid) merupakan padatan tersuspensi di dalam air yang dapat disaring dengan kertas saring millipore dengan ukuran pori 0,45 μ m. Berdasarkan hasil pengukuran TSS leachate yang dihasilkan dari masing-masing lysimeter dapat diketahui bahwa konsentrasi TSS terendah pada penelitian ini adalah 27 mg/l (lysimeter B hari ke-97), sedangkan yang tertinggi adalah 275 mg/l (lysimeter A hari ke-43) dengan konsentrasi rata-rata TSS dari lysimeter A, B, dan C secara berturut-turut adalah 139,80 mg/l; 65,80 mg/l dan 121,75 mg/l. Tingginya konsentrasi TSS pada lysimeter A (14,83% lebih besar daripada kontrol) kemungkinan disebabkan oleh turut terbawanya partikel tanah penutup (ukuran partikel > 0,45 μ m) keluar dari lysimeter bersamaan dengan cairan leachate yang dihasilkan. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Karnchanawong dan Yongpisalpop (2009), yang menunjukkan bahwa penggunaan tanah sebagai lapisan penutup TPA mengakibatkan peningkatan konsentrasi TSS leachate (14,79% – 21,97% lebih besar daripada kontrol). Sedangkan rendahnya konsentrasi TSS pada lysimeter C (45,95% lebih kecil daripada kontrol) menunjukkan bahwa abu sekam padi sebagai lapisan penutup berfungsi efektif untuk menyaring partikel padatan tersuspensi pada leachate yang dihasilkan.

TDS (Total Dissolved solid) merupakan padatan terlarut di dalam air yang lolos kertas saring millipore dengan ukuran pori 0,45 μ m. Berdasarkan hasil pengukuran TDS leachate yang dihasilkan dari masing-masing lysimeter dapat diketahui bahwa konsentrasi TDS terendah pada penelitian ini adalah 2.400 mg/l (lysimeter C hari ke-29), sedangkan yang tertinggi adalah 8.493 mg/l (lysimeter B hari ke-97) dengan konsentrasi rata-rata TDS dari lysimeter A, B, dan C secara berturut-turut adalah 4.986,90 mg/l; 8.024,40 mg/l dan 3.477,67 mg/l. Seperti halnya pada TSS, tingginya konsentrasi TDS pada lysimeter A (43,40% lebih besar daripada kontrol) maupun pada

lysimeter B (130,75% lebih besar daripada kontrol) kemungkinan disebabkan oleh turut terbawanya fraksi debu dari partikel tanah penutup maupun partikel abu sekam padi (ukuran partikel < 0,45 μ m) keluar dari lysimeter bersamaan dengan cairan leachate yang dihasilkan. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Karnchanawong dan Yongpisalpop (2009), yang menunjukkan bahwa penggunaan tanah sebagai lapisan penutup TPA mengakibatkan peningkatan konsentrasi TDS leachate (14,04% – 33,43% lebih besar daripada kontrol).

Untuk parameter BOD (Biological Oxygen Demand) dan COD (Chemical Oxygen Demand), hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai BOD terendah adalah 34,56 mg/l (lysimeter A hari ke-103) dan yang tertinggi adalah 394,19 mg/l (lysimeter B hari ke-78), sedangkan nilai COD terendah adalah 56,78 mg/l (lysimeter A hari ke-103) dan yang tertinggi adalah 493,52 mg/l (lysimeter B hari ke-78). Nilai rata-rata BOD dari lysimeter A, B, dan C secara berturut-turut adalah 85,24 mg/l; 164,88 mg/l dan 214,19 mg/l, sedangkan nilai rata-rata COD adalah 147,17 mg/l; 204,80 mg/l dan 256,51 mg/l. Walaupun nilai rata-rata BOD dan COD pada lysimeter B lebih tinggi daripada lysimeter A, namun apabila dilihat dari akumulasi BOD dan COD yang direduksi, maka pada lysimeter B diketahui BOD yang direduksi sebesar 348,78 mg/l dan COD sebesar 419,40 mg/l, sedangkan pada lysimeter A diketahui BOD yang direduksi sebesar 156,19 mg/l dan COD sebesar 164,32 mg/l. Kondisi ini menunjukkan bahwa penggunaan abu sekam padi sebagai lapisan penutup TPA dapat menyerap (adsorpsi) bahan organik yang ada di dalam cairan leachate. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Gidde et.al., (2009); Wongjunda and Saueprasearsit, (2010); Yuliati dan Susanto, (2011); dan Syuhadah and Rohasliney, (2012), yang menyatakan bahwa abu sekam padi sangat efektif digunakan untuk mengadsorpsi bahan organik dalam air.

4. Simpulan dan Saran

Penelitian ini telah mengkaji pengaruh penggunaan abu sekam padi sebagai bahan alternatif material lapisan penutup TPA terhadap kuantitas dan karakteristik leachate yang dihasilkan dari landfill lysimeter. Potensi utama dari penggunaan abu sekam padi sebagai bahan alternatif material lapisan penutup TPA adalah pada kemampuannya dalam mereduksi 71,81% volume air simulasi hujan yang ditambahkan ke dalam lysimeter, sehingga volume leachate yang dihasilkan hanya sebesar 1,92 liter atau 69,33% lebih sedikit daripada leachate yang dihasilkan dari lysimeter kontrol. Selain itu, abu sekam padi berfungsi efektif untuk menyaring partikel padatan tersuspensi pada leachate yang dihasilkan (konsentrasi TSS 45,95% lebih kecil daripada kontrol) dan mampu mereduksi \pm 85% bahan organik pada leachate yang dihasilkan (15% lebih besar daripada reduksi bahan organik pada lysimeter kontrol). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa abu sekam padi berpotensi untuk dapat digunakan sebagai bahan alternatif material lapisan penutup TPA.

Hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan abu sekam padi sebagai bahan alternatif material lapisan penutup TPA adalah kemungkinan turut terbawanya partikel abu sekam padi (ukuran partikel $< 0,45 \mu\text{m}$) keluar dari lysimeter bersamaan dengan cairan leachate yang dihasilkan (konsentrasi TDS 130,75% lebih besar daripada kontrol). Untuk itu, perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengurangi resiko pencemaran dari partikel abu sekam padi tersebut.

Daftar Pustaka

- APHA, AWWA and WPCF. 1995. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 19th ed., New York: American Public Health Association Inc.
- ASTM. 1989. American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Section 4, Construction, Vol. 04.08, Soil and Rock Building Stones; Geotextiles, Philadelphia, Pa.
- Badan Pusat Statistik. 2012. Berita Resmi Statistik No. 43/07/Th. XV, 2 Juli 2012. (http://www.bps.go.id/brs_file/aram_2jul12.pdf) diakses tanggal 18 Juli 2012.
- Bakri dan Baharuddin. 2008. "Absorpsi Air Komposit Semen Sekam Padi Dengan Penambahan Pozzolan Abu Sekam Padi dan Kapur Pada Matriks Semen". *Jurnal Perennial*, 6(2). 70-78.
- Damanhuri, E. 2008. Diktat Landfilling Limbah. ITB Bandung.
- Direktorat Jendral Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum. (2010). Rencana Strategis Direktorat Jendral Cipta Karya. Jakarta.
- Gidde, M.R., Dutta, J. and Jadhav, S. 2009. "Comparative Adsorption Studies On Activated Rice Husk And Rice Husk Ash By Using Methylene Blue As Dye". *International Congress On Environmental Research*, Bits Pilani Goa, Thailand.
- Jain, A. K., Sharma, S. K. and Singh, D. 1996. "Reaction Kinetics of Paddy Husk Thermal Decomposition", *Proceedings 31th Intersociety of Energy Conversion Engineering Conference*, 4. 2274-2279.
- Karnchanawong, S. and Yongpaisalpop, P. 2009. "Leachate Generation from Landfill Lysimeter using Different Types of Soil Cover". *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, 1(3). 126-130.
- Kartini, K., Mahmud, H.B. and Hamidah, M.S. 2010. "Absorption And Permeability Performance Of Selangor Rice Husk Ash Blended Grade 30 Concrete". *Journal of Engineering Science and Technology*, 5(1). 1-16.
- Nagrале, S. D., Hajare, H. and Modak, P.R. 2012. "Utilization Of Rice Husk Ash". *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, 2(4). 1-5.
- Nema, P., Chelani, A., Ojha, C., Kumar, A., and Khanna, P. 2004. "Utility of Column Lysimeter for Design of Soil Aquifer Treatment System for Wastewater Renovation Using Artificial Neural Networks". *Journal of Environmental Engineering*, 130(12). 1534-1542.
- Ng, K.T.W. and Lo, I.M.C. 2007. "Engineering Properties of MSW Landfill Daily Covers Using Waste Tire Chips and Paper Sludge". *Proceedings Eleventh International Waste Management and Landfill Symposium*, Cagliari, Italy; 1 - 5 October 2007.

- Prasad, R. and Pandey, M. 2012. "Rice Husk Ash As A Renewable Source For The Production Of Value Added Silica Gel And Its Application: An Overview". Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis, Article In Press.
- Ritzema, H. and Wösten, H. 2002. Hydrology Of Borneo's Peat Swamps. STRAPEAT – Status Report Hydrology.
- Suripin. 2004. Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Syuhadah, S. and Rohasliney, H. 2012. "Rice Husk Ash As Biosorbent: A Review". Health and the Environment Journal, 3(1). 89-95.
- Tchobanolous, G., Theisen, H. and Vigil, S. A. 1993. Integrated Solid Waste Management, Engineering Principles and Management Issues, McGraw-Hill International Editions, New York.
- Trankler, J., Visvanathan, C., Kuruparan, P. and Tubtimthai, O. 2005. "Influence of Tropical Seasonal Variations on Landfill Leachate Characteristics-Results for Lysimeter Studies". Waste Management, 25. 1013-1020.
- Wongjunda, J. and Saueprasearsit, P. 2010. "Biosorption Of Chromium (VI) Using Rice Husk Ash and Modified Rice Husk Ash". Environmental Research Journal, 4(3). 244-250.
- Yuliati, F. dan Susanto, H. 2011. "Kajian Pemanfaatan Arang Sekam Padi Aktif Sebagai Pengolah Air Limbah Gasifikasi". Jurnal Teknik Kimia Indonesia, 10(1). 9-17.
- Zemke, N. and Woods, E. 2009. Rice Husk Ash. California Polytechnic State University. USA.