

Potensi Sampah *Landfill Mining* Di Tpst Bantargebang Sebagai Bahan Baku Alternatif *Refused Derived Fuel* (RDF)

Potential Of Landfill Mining Waste In Bantargebang Tpst As Alternative Raw Material For Refused Derived Fuel (RDF)

Imam Rifa'i¹, Dodit Ardiatma²

^{1,2}Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa

¹imamrifai757@gmail.com, ²doditardiatma@pelitabangsa.ac.id

Abstract

Landfills contain materials that can be taken for recycling or used as an energy source. The purpose of this study was to characterize waste that has long been buried in the landfill which includes composition analysis, proximate analysis, and ultimate analysis. Then the waste is analyzed for its use as recycled material and an energy source. The research was conducted at the Bantargebang TPST. Sampling was carried out on waste that had been buried in landfills by digging at a depth of up to 5 m using an excavator. The samples were then dried in the sun, sieved through a rotary screen, and sorted manually. Some samples were taken by the quartering method for later analysis in the laboratory. The results of the research and analysis show that (i) TPST excavated waste is dominated by compostable materials (31%) and plastic combustible materials (32%) and non-plastic combustibles (26%); (ii) -shaped material such as compost has potential as a substitute for soil cover for landfill and as a soil conditioner; (iii) potentially recyclable materials such as plastic waste need intensive sorting and cleaning; (iv) TPST excavated waste has the potential to be used as an energy source or RDF (refuse-derived fuels) with a calorific value between 7.31 MJ/kg; (v) TPST excavated waste has the potential to be used as fuel for PLTSA incinerators; (vi) the utilization of TPST excavated waste for the cement industry still faces several obstacles, such as the high chlorine content and water content.

Keywords: *Landfill, Waste Characterization, Composition, Proximate, Ultimate*

Abstrak

TPST mengandung material yang dapat diambil untuk didaur ulang atau dimanfaatkan sebagai sumber energi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan karakterisasi sampah yang telah lama tertimbun di TPST yang meliputi analisis komposisi, analisis proksimat, dan analisis ultimat. Kemudian sampah tersebut dilakukan analisis pemanfaatannya sebagai bahan daur ulang dan sumber energi. Penelitian dilakukan di TPST Bantargebang. Pengambilan sampel dilakukan terhadap sampah yang sudah tertimbun di *landfill* dengan cara menggali pada kedalaman hingga 5 m menggunakan *excavator*. Selanjutnya sampel dijemur, diayak dengan penyaring berputar (*rotary screen*), dan dipilah secara manual. Sebagian sampel diambil dengan metode perempatan (*quartering*) untuk kemudian dianalisa di laboratorium. Hasil dari penelitian dan analisisnya memperlihatkan bahwa (i) sampah galian TPST didominasi oleh material kompos (31%) dan material *combustible* plastik (32%) serta *combustible* nonplastik (26%); (ii) material berbentuk seperti kompos memiliki potensi sebagai pengganti *soil cover* TPST dan sebagai material pembenah tanah (*soil conditioner*); (iii) material yang potensial didaur ulang seperti sampah plastik perlu pemilahan dan pembersihan yang intensif; (iv) sampah galian TPST potensial dimanfaatkan sebagai sumber energi atau RDF (*refuse-derived fuels*) dengan nilai kalor antara 7,31 MJ/kg; (v) sampah galian TPST berpotensi digunakan sebagai bahan bakar insinerator PLTSA; (vi) pemanfaatan sampah galian TPST untuk industri semen masih menghadapi beberapa kendala seperti tingginya kandungan klorin dan kadar air.

Kata Kunci: *Landfill, Karakterisasi Sampah, Komposisi, Proksimat, Ultimat*

Pendahuluan

Landfill mining adalah ekskavasi dan pemindahan material dari tempat pemrosesan akhir sampah (TPST) untuk tujuan daur ulang dan pengomposan[1]. *Landfill mining* bertujuan merehabilitasi lahan TPST sebagai upaya penanganan pencemaran pasca penutupan TPST [2][3]. Melalui penambangan (*mining*), TPST ditransformasi menjadi tempat penampungan sampah temporer [4]. Dengan demikian, konsep *landfill mining* memungkinkan lokasi TPST dapat digunakan secara berulang-ulang.

Dalam sistem yang terintegrasi, *landfill mining* memerlukan berbagai aspek pendukung agar bisa dilaksanakan dengan baik seperti aspek teknologi, regulasi dan pemasaran. Ketiga aspek tersebut menentukan performansi ekonomi dan keberlanjutan *landfill mining*. Aspek teknologi meliputi dua hal pokok yaitu teknologi untuk *me-recovery* material dan *me-recovery* energi. Aspek regulasi antara lain meliputi perijinan, subsidi, pajak, dan sebagainya. Sementara itu, aspek pemasaran meliputi kebutuhan pasar, harga material, biaya input, dan energi[5].

Operasi *landfill mining* tergantung dari parameter intrinsik dan ekstrinsik *landfill*. Yang dimaksud dengan parameter intrinsik adalah kondisi internal *landfill* seperti luas, lokasi, umur, tipe, dan komposisi sampahnya. Sementara itu, parameter ekstrinsik adalah kondisi eksternal seperti ketersediaan teknologi yang cocok, batasan ekonomi dan kondisi sosial[6]. Kedua parameter tersebut saling mempengaruhi dan sama pentingnya.

Dalam *landfill mining*, material yang diekskavasi kemudian dipilah dengan tujuan untuk memisahkan material menurut ukuran dan jenisnya[7]. Pemilahan dilakukan secara bertahap sehingga didapatkan material yang dapat didaur ulang (*recyclable materials*) seperti material logam besi dan non besi, plastik, kaca, dan sebagainya. Material tersebut merupakan sumberdaya sekunder yang bermanfaat untuk mensubstitusi sumber daya primer. Hal tersebut dikenal sebagai konsep "limbah menjadi materi" (*waste to material*)[8].

Sementara itu, secara konsep, material lainnya yang tidak dapat langsung dimanfaatkan sebagai sumberdaya sekunder diproses lebih lanjut dengan teknologi transformasi[9]. Dari proses ini akan didapatkan material siap di daur ulang, siap dikonversikan secara termal menjadi energi (*waste to energy*), kompos, dan residu material yang secara teknis saat ini belum bisa di-*recovery* atau kelayakan ekonominya belum sesuai dengan yang diharapkan[10]. Penggunaan kembali TPST merupakan opsi penting bagi solusi permasalahan langkanya lahan untuk TPST baru di perkotaan. Dalam upaya menggunakan kembali lahan TPST, kegiatan *landfill mining* merupakan kegiatan inti yang melibatkan integrasi sistem teknologi, sosial, dan lingkungan. *Landfill mining* selain penting dalam keberlanjutan pengelolaan sampah, juga sangat penting dalam kerangka efisiensi sumber daya yakni dalam *recovery* material dan energi. Informasi tentang komposisi material sampah dan nilai kalornya sangat bermanfaat dalam upaya pemanfaatan sampah menjadi material untuk didaur ulang dan energi[11].

Dalam ekskavasi material TPST yang merupakan salah satu proses dalam *landfill mining* dilakukan dengan memobilisasi alat berat seperti *excavator*, *rotary screen*, *wheel loader*, dan truk. Selanjutnya material ekskavasi dipilah berdasarkan ukuran fraksinya. Menurut Hoogland[12], ukuran lubang saringan mempunyai hubungan erat dengan komposisi dan karakteristik material sampah[13].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan karakterisasi sampah yang telah lama tertimbun di TPST mulai dari analisis komposisi, analisis proksimat hingga analisis ultimat dan kemudian menganalisis potensi pemanfaatannya sebagai bahan baku daur ulang dan sumber energi.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan Di TPST Bantargebang (Bekasi) pada Juli 2022. sampel diambil dari lokasi pembangunan *pilot project* PLTSA yang digali hingga kedalaman 5 m. Lokasi tersebut adalah tempat penimbunan sampah yang memiliki umur lebih dari 10 tahun. Material galian sampah tersebut kemudian ditimbun di tempat terbuka. Dari gunung sampah tersebut kemudian diambil secara *random* sampah sebanyak 350 kg. Sampah tersebut kemudian disaring dengan *rotary screen*. Sampah yang telah disaring selanjutnya dipilah secara manual menjadi beberapa jenis sampah (sampah plastik, kayu, kain, karet/kulit, logam, kaca, dan lainnya). Sampah yang telah terpilah diukur berat dan volumenya. Kemudian dari sampah galian TPST Bantargebang juga diambil sekitar 100 kg dan dengan metode *quartering* diambil 2 Kg sampel

untuk analisis proksimat untuk menentukan kadar air, kadar abu, *volatile matter*, *fixed carbon* dan nilai kalornya dan analisis ultimat untuk menentukan kadar C, H, O, N, S, dan Cl.

Hasil dan Pembahasan

Proses Penelitian Melalui Metode *Landfill Mining*

Rangkaian kegiatan penelitian ini meliputi proses yang diawali dengan proses ekskavasi material sampah, kemudian dilanjutkan dengan penjemuran, penyaringan, dan pemilahan sampah. Kegiatan ekskavasi dilakukan pada bagian lokasi TPST Bantargebang yang umurnya telah lama (lebih dari 10 tahun) dan tidak dioperasikan lagi untuk menghindari bahaya ekspos *landfill gas* yang berbau dan dapat menimbulkan ledakan. ekskavasi sampah di TPST Bantargebang dilakukan sampai kedalaman 5 meter, namun hasil ekskavasi tidak dikelompokkan berdasarkan level kedalamannya

Proses ekskavasi sampah TPST Bantargebang dilakukan pada saat musim kemarau. Seandainya proses ekskavasi dilakukan pada musim hujan, maka proses ekskavasi sampah kemungkinan akan terganggu karena sampah yang digali akan basah dan timbul genangan air di permukaan area ekskavasi yang akan mengganggu kegiatan *mining*.

Hasil galian sampah kemudian digelar dan dijemur di atas terpal dipermukaan TPST di bawah sinar matahari selama 4 bulan di atas TPST. Material yang telah dijemur atau disimpan kemudian disaring dengan alat *rotary screen* untuk memisahkan material berukuran lebih kecil dari 10 mm. Material kecil berukuran dibawah 10 mm lolos melalui saringan, sedangkan material yang memiliki ukuran di atas 10 mm tidak lolos saringan. Selanjutnya, material yang tidak lolos saringan dipilah secara manual sesuai dengan jenisnya yaitu sampah plastik, kayu, kain, karet, kaca, logam, sisa bongkaran bangunan, dan sebagainya.

Dalam memenuhi keperluan pemanfaatan sampah sebagai sumber energi, material terpilah tersebut dikelompokkan menjadi sampah yang dapat terbakar (*combustible*) baik yang berasal dari material plastik maupun non-plastik (kayu, kain, karet, dan kulit), serta material tidak/sulit terbakar (*uncombustible*) seperti kaca, logam, batu, keramik, dan sebagainya[14].



Gambar 1 Proses ekskavasi, penjemuran, penyaringan, dan pemilahan sampah galian TPST

Komposisi Sampah Galian TPST dan Potensi *Recovery Material*

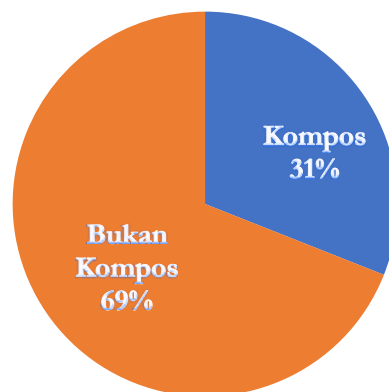
Pasca proses penjemuran atau penyimpanan, sampah kemudian disaring. Pemisahan sampah dengan alat penyaring *rotary screen* memisahkan material berukuran di bawah dan di atas 10 mm. Material yang lolos saringan (fraksi dengan ukuran di bawah 10 mm) berupa material seperti tanah/kompos. Sementara itu, material yang tidak lolos saringan (fraksi dengan ukuran lebih dari 10 mm) berupa material plastik, kain, kaca, karet, batu, dan sebagainya.

Material Kompos

Penyaringan sampah yang digali dari TPST Bantargebang didapatkan material seperti tanah atau kompos yang jumlahnya relatif banyak. Dari TPST Bantargebang didapatkan material kompos sebanyak 31% seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2. Besarnya kandungan material kompos dari hasil galian TPST kemungkinan disebabkan oleh banyaknya sampah organik yang masuk ke TPST dan intensitas pelapisan tanah pada saat operasi timbunan sampah di TPST. Melalui proses penyaringan, sebagian material kompos

yang di dalamnya mengandung tanah, pasir dan fraksi kecil lainnya masih menempel pada material yang tidak lolos saringan.

Material kompos dari TPST Bantargebang berat jenisnya 0,66. Material kompos dari TPST merupakan material yang dapat digunakan kembali di TPST sebagai pengganti *soil cover* atau dimanfaatkan sebagai pembenah tanah (*soil conditioner*) pada pemupukan tanaman (non-tanaman pangan), rehabilitasi lahan kritis, dan rehabilitasi lahan bekas pertambangan[15].



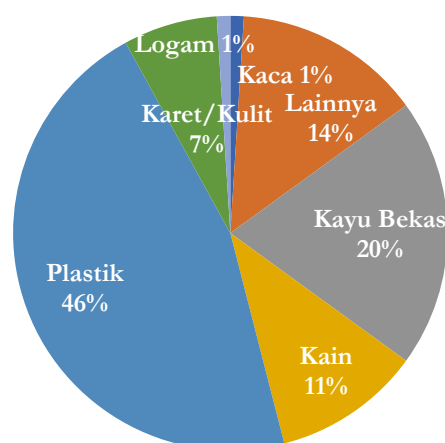
Gambar 2 Komposisi kompos dari sampah TPST Bantargebang

Material Potensial Daur Ulang

Selanjutnya, material lain yang tidak lolos saringan, memiliki kandungan jenis sampah yang beragam. Melalui proses pemilahan manual, dari sampah galian TPST Bantargebang didapatkan material plastik (sebanyak 46%), kayu bekas (20%), kain (11%), karet/kulit (7%), logam (1%), kaca (1%) dan material lainnya seperti batu, keramik, dan sebagainya (14%). Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.

Material seperti plastik, karet, logam dan kaca memiliki potensi untuk di-*recovery* menjadi bahan baku sekunder pada industri daur ulang. Namun nilai potensinya menjadi rendah karena masih tercampur dengan material pengotor (*impurities*) yang menempel seperti kompos, tanah, pasir dan sebagainya. Zhou *et al.* (2014), dalam penelitiannya terhadap sampah galian TPST di Tiongkok, menyebutkan bahwa kandungan pengotor dalam sampah plastik mencapai 71%(10). Pengotor tersebut secara normal sulit dibersihkan karena menempel kuat di permukaan plastik. Proses pembersihan kotoran atau pencucian memerlukan biaya operasi yang diperkirakan tinggi sehingga akan membebani biaya daur ulang. Dalam kondisi tersebut, kegiatan daur ulang dapat menjadi tidak ekonomis.

Namun di masa depan, sejalan dengan kemajuan teknologi, kemungkinan akan ditemukan teknologi yang mampu membersihkan dan mendaurulang secara efisien sehingga *recovery* material hasil galian TPST layak secara ekonomi



Gambar 3 Komposisi sampah TPST Bantargebang setelah komposnya disisihkan



Gambar 4 Contoh beberapa jenis sampah hasil pemilahan TPST Bantargebang

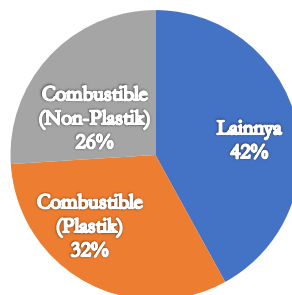
Material Lainnya

Selain material yang berpotensi didaur ulang, terdapat pula material lain seperti batu, keramik, batu-bata dan sebagainya. Material tersebut berpotensi untuk digunakan sebagai material urugan lahan.

Karakteristik Sampah Galian TPST dan Potensi *Recovery Energi*

Sampah galian TPST potensial dimanfaatkan sebagai sumber energi atau RDF (*refuse-derived fuels*) karena didominasi oleh material sampah yang dapat dibakar (*combustible*) dan memiliki nilai kalor yang relatif tinggi.

Material *combustible* dari TPST Bantargebang, komposisinya antara 55-58% seperti terlihat pada Gambar 5,. Sebagian besar sampah *combustible* adalah material plastik (32-43%). Material *combustible* lainnya adalah *combustible* non-plastik seperti kayu, kain, karet, dan kulit (13-26%).



Gambar 5. Komposisi sampah dari TPST Bantargebang

Ditinjau dari nilai kalornya (*lower heating value*), sampah *combustible* memiliki nilai kalor di atas 1700 kkal/kg atau di atas 7 MJ/kg, dengan kadar air yang relatif beragam. Nilai kalor sampah TPST Bantargebang adalah 1.747 kkal/kg (7,31 MJ/kg) dengan kadar air 31,8%. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil analisa proksimat dan ultimat sampah galian TPST Bantargebang

No	Parameter	Nilai
Analisis Proksimat		
1	Kadar Air (%)	31,8
2	Kadar Abu (%)	43,32
3	<i>Volatile Matter</i> (%)	30,39
4	<i>Fixed carbon</i> (%)	15,41
5	Nilai Kalor (kkal/kg)	1.747
6	Nilai Kalor (MJ/kg)	7,31
Analisis Ultimat		
8	C (%)	49,215
9	H (%)	7,835
10	O (%)	30,550
11	N (%)	1,485
12	S (%)	0,260
13	Klorin (%)	0,885

Potensi Sampah Galian TPST untuk Bahan Bakar Insinerator PLTSa

Potensi sampah *combustible* sebagai bahan bakar tergantung dari nilai kalornya. Menurut Laporan Pedoman Teknis *World Bank* tentang Insinerator Sampah Kota (1999), batasan teknis nilai kalor sampah untuk insinerator PLTSa (Pembangkit Listrik Tenaga Sampah) adalah rata-rata nilai kalor minimal 7 MJ/kg. Pengukuran nilai kalor terhadap material sampah dari hasil landfill mining di TPST Bantargebang menunjukkan angka di atas nilai rata-rata yang dipersyaratkan yaitu berturut turut 7,31 MJ/kg.

Jika nilai kalor lebih rendah dari yang dipersyaratkan, sampah akan sulit terbakar, temperatur tungku insinerator akan turun, dan stabilitas pembakaran akan terganggu. Nilai kalor sampah, secara teoritis tergantung dari karakteristik sampah yakni kadar air, *volatile matter* (zat terbang), dan abu. Apabila karakteristik sampah memiliki kadar air lebih kecil dari 50%, kadar abu lebih kecil dari 40%, dan *volatile matter* lebih besar dari 25%, seperti yang tergambarkan dalam Segitiga *Tanner*, maka secara teoritis sampah berada pada posisi sebagai material yang dapat terbakar tanpa bahan bakar tambahan.

Namun pada kenyataannya, material *combustible* yang berasal dari TPST Bantargebang, walaupun dari aspek kadar air, kadar abu, dan *volatile matter* sebagian tidak memenuhi syarat, nilai kalornya masih di atas 7 MJ/kg sehingga masih dapat dibakar tanpa bahan bakar tambahan. Hal itu mungkin disebabkan oleh dominansi kandungan sampah plastik dan sampah lainnya yang memiliki nilai kalor tinggi.

Walaupun upaya untuk mengurangi kadar air telah dilakukan dengan cara menjemurnya selama 4 bulan di atas TPST kadar air sampah dari TPST Bantargebang masih sesuai dengan batasan teknis, yakni 31,8%.

Sementara itu, kandungan *volatile matter* sampah galian dari TPST Bantargebang nilainya lebih besar dari batasan teknis kandungan *volatile matter* *World Bank* (25%). *Volatile matter* merupakan senyawa yang mudah menguap yang akan mengalami penguraian termal dan menciptakan api. Komponen dasar zat terbang meliputi karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, dan sulfur (seperti pada Tabel 2). Selanjutnya, sampah *combustible* galian TPST Bantargebang kadar abunya 43,32%. Abu merupakan komponen yang tidak ikut bereaksi dalam reaksi oksidasi (pembakaran) sehingga tidak menyumbangkan nilai kalor pada sampah. Semakin tinggi kadar abu, umumnya nilai kalor akan menurun. Kadar abu sampah dari kedua TPST sebagian melebihi batasan teknis *World Bank* (lebih kecil dari 40%).

Guna melihat potensi sampah galian TPST sebagai bahan bakar di insinerator, Profesor Peter Quicker dari Aachen University – Jerman, telah melakukan uji pembakaran sampah galian TPST *Poblsche Heide* (Jerman) di insinerator Bernburg. Hasil ujicoba menyimpulkan bahwa penggunaan sampah galian TPST untuk bahan bakar insinerator dapat dengan mudah dioperasikan dan produksi uap panasnya stabil. Hanya saja, dibandingkan dengan pembakaran sampah segar, pembakaran sampah galian TPST meningkatkan kandungan HCl pada gas buangnya, yakni 2 sampai 3 kalinya. Konsekuensinya, penggunaan *sodium bicarbonate* untuk menetralkannya meningkat 2 sampai 3 kalinya juga.

Selaras dengan tingginya kadar abu dari sampah galian TPST, penggunaannya dalam insinerator diperkirakan akan berakibat pada meningkatnya produksi abu baik *fly ash* (abu terbang) maupun *bottom ash* (abu dasar). Hal ini perlu diperhatikan karena penanganan abunya juga akan semakin meningkat.

Uraian di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa sampah galian TPST layak untuk dijadikan sebagai bahan bakar insinerator PLTSa dengan tetap memperhatikan beberapa hal seperti perlunya proses pengurangan kadar air, proses pengayakan dan proses pemilahan material sampah. Namun demikian, tingginya produksi abu harus mendapatkan perhatian karena akan berakibat pada semakin besarnya kapasitas penanganan abu yang diperlukan.

Potensi Sampah Galian TPST untuk Bahan Baku Industri Semen

Selain untuk bahan bakar insinerator PLTSa, material *combustible* dari galian TPST berpotensi untuk ko-insinerasi pada industri semen untuk dimanfaatkan energinya. Namun berdasarkan Pedoman Spesifikasi Teknis RDF untuk Industri Semen (2017), karakteristik sampah hasil galian TPST Bantargebang masih belum memenuhi syarat sebagai RDF pada beberapa kriteria seperti nilai kalor, ukuran partikel, dan kadar abu. Menurut Pedoman tersebut, standar RDF untuk *cement kiln* pada nilai kalor, ukuran partikel, kandungan klorin (Cl), dan kadar abu secara berturut-turut adalah 20-25 MJ/kg; <10-30 mm; <1,0-0,8 %; dan <10% seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Standar RDF dan karakteristik sampah galian

No	Parameter	Standar RDF untuk <i>Cement Kiln</i> *	Karakteristik Sampah Galian TPST Bantargebang
1	Nilai Kalor (kkal/kg) atau (MJ/kg)	4,778- 5.973 20-25	1.747 7,31
2	Ukuran prtikel (mm)	<10 - 30	Sebagian di atas 30 mm
3	Kadar Klorin (%)	<1,0 – 0,8	0,885
4	Kadar Abu (%)	<10	43,32

Keterangan *: Berdasarkan Pedoman Spesifikasi Teknis RDF (2017)

Nilai kalor material combustible dari galian TPST Bantargebang jauh di bawah standar yaitu 7,31MJ/kg (1.747 kkal/kg) Kualitas nilai kalor tersebut kemungkinan disebabkan oleh kotornya material dan tingginya kadar air. mengurangi material pengotor yang menempel pada sampah combustible hasil galian TPST, diperlukan proses penanganan yang meliputi pengeringan, pencacahan, pegayakan dan dilanjutkan dengan teknik pembersihan yang efektif(10). Bersihnya sampah combustible dari material pengotor, juga akan mengurangi tingginya kandungan abu pada material combustible dari TPST Bantargebang yang nilainya 43,32 %. Ukuran partikel material combustible dari TPST Bantargebang beragam dan sebagian berukuran di atas 30 mm. Untuk memperkecil ukuran agar sesuai standar dapat dilakukan proses pencacahan. Proses pencacahan, selain dapat memperkecil ukuran material juga dapat mengurangi kadar air, meningkatkan nilai kalor dan membantu membersihkannya dari material pengotor.

Penelitian Lopes et al. (2017) terhadap sampah galian TPST dengan cara dicacah terlebih dahulu hingga fraksinya berukuran 10-40 cm, menghasilkan nilai kalor yang tinggi yaitu 25,01 – 32,56 MJ/kg (5.975 – 7.780 kkal/kg) dengan kelembapan yang rendah yaitu antara 17-20%(7). Sementara itu, Zhou et al. (2014) menyebutkan sampah *combustible* plastik dari galian TPST di Tiongkok bagian tengah memiliki nilai kalor sebesar 43,18 MJ/kg (10.317 kKal/kg) dengan kadar air 19,9%(10).

Terhadap standar kandungan klorin (Cl), kandungan klorin dalam sampah galian TPST Bantargebang masih dalam ambang batas yaitu 0,885%. Klorin tidak diinginkan dalam RDF karena menyebabkan korosi. Potensi RDF sampah galian TPST sebagai sumber energi di industri semen juga dilakukan oleh Profesor Peter Quicker, seperti halnya uji yang dilakukannya terhadap insinerator. Hasil ujicoba menyimpulkan bahwa penggunaan RDF sampah galian TPST Pohlsche Heide untuk industri semen tidak mungkin atau tidak layak karena beberapa hal, yakni: menghasilkan emisi klorin dalam kadar yang tinggi (2,45%); kandungan logam berat di atas ambang batas; masalah berupa kecenderungan penggumpalan dan terjadinya penyumbatan pada sistem *rotary valve*; serta perlunya proses *drying*(12).

Walaupun saat ini dinyatakan tidak layak, penggunaan RDF galian sampah TPST sebagai bahan bakar cement kiln di masa depan masih terbuka kemungkinannya sejalan dengan perkembangan teknologi di masa depan baik itu teknologi pembuatan RDF maupun sistem pembakaran *cement kiln* dan kontrol polusi udaranya.

Potensi Mendapatkan Lahan Baru

TPST Bantargebang memiliki kondisi yang serupa yaitu kapasitasnya hampir penuh. Sejalan dengan semakin menyempitnya lahan di wilayah perkotaan, untuk mencari lokasi baru TPST demikian sulitnya. Namun demikian, untuk mendapatkan lahan TPST baru, dapat diupayakan dengan melakukan upaya *landfill mining* terhadap bagian TPST yang sudah ditutup. Berdasarkan hasil pengamatan terlihat bahwa lokasi pengambilan sampel merupakan bagian TPST yang sudah relatif aman untuk dilakukan penambangan. Sampahnya sudah relatif stabil, dan produksi gasnya secara visual dan pembauan (pada saat penggalian) sudah tidak aktif lagi.

Namun demikian, sebelum melakukan *landfill mining* perlu direncanakan secara matang manajemen material output galian sampahnya. Material seperti kompos, material *recyclable* (yang potensial didaur ulang), material *combustible*, dan material lainnya perlu jelas penanganannya. Penanganan yang intensif perlu dilakukan sebelum memanfaatkan material tersebut di industri daur ulang dan dimanfaatkan energinya pada industri semen dan insinerator PLTSa. Penanganan yang intensif dapat berupa pencacahan (*crushing*), pemisahan berbagai ukuran fraksi (*fractioning*), pemisahan logam, dan pengeringan (*drying*).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat ditarik beberapa kesimpulan bahwa Sampah galian TPST didominasi oleh material kompos (31%) dan material *combustible* plastik (32%). serta *combustible* nonplastik (26%). Material seperti kompos dari sampah galian TPST jumlahnya relatif besar dan memiliki potensi sebagai pengganti soil cover TPST dan sebagai material pembenah tanah (*soil conditioner*). Sampah galian TPST mengandung beberapa material yang berpotensi didaur ulang seperti sampah plastik. Namun kondisinya kotor dan masih bercampur sehingga perlu kegiatan lanjutan sebelum didaur ulang seperti kegiatan pemilahan dan pembersihan yang intensif. Sampah galian TPST potensial dimanfaatkan sebagai sumber energi atau RDF (*refuse-derived fuels*) karena didominasi oleh material sampah yang dapat dibakar (*combustible*) dan memiliki nilai kalor yang relatif tinggi (7,31MJ/kg). Sampah galian TPST berpotensi dan layak digunakan sebagai bahan bakar insinerator PLT'Sa. Namun dalam penerapannya masih memerlukan pre-treatment seperti pengeringan, pencacahan, pengayakan, dan pemilahan. Dan sampah galian TPST berpotensi digunakan sebagai bahan bakar di industri semen. Namun saat ini pemanfaatannya masih menghadapi beberapa kendala seperti tingginya kandungan klorin dan kadar air.

Ucapan Terima Kasih

Proses pengambilan sampel sampah di TPST Bantargebang memerlukan bantuan tenaga kerja, alat berat dan peralatan pemilah sampah. Terimakasih disampaikan kepada Dinas Lingkungan Hidup (DLH) DKI Jakarta yang telah membantu menyediakan sarana tersebut.

Daftar Rujukan

- [1] Hogland, W. *Landfill Mining/Mining pa deponi*. Program for Temamøte Grunnforurensning-spredning, utlekkning og opprydding. *Miljøringen nettverk for forurenset grunn og sedimenter*, 2 Oktober 2011. 2011.
- [2] Prechthai, T., Padmasri, M., dan . Visvanathan, C. Quality Assessment of Mined MSW from an Open Dumpsite for Recycling Potential. *Resources, Conservation and Recycling*, 53, (1), 70 - 78, 2008.
- [3] Van der Zee, D.J., Achterkamp, M.C., dan de Visser, B.J., Assessing the Market Opportunities of Landfill Mining. *Waste Management*, 24, (8), 795–804, 2004.
- [4] Mathlener, R.A. Proceedings Sardinia 99, Seventh International Waste Management and Landfill Symposium. Padova, Italy: *CISA Publishers*, 1999, pp. 251–260.
- [5] Van Passel, S., De Gheldere, S., Dubois, M., Eyckmans, J., Vdan an Acker, K. Exploring the Socio-Economics of Enhanced Landfill Mining. *1st International Symposium on Enhanced Landfill Mining, Houthalen-Helchteren*, 4 – 6 Oktober 2010. 2010.
- [6] Jones, P.T., Geysen, D., Rossy, A. Bienge, K. Enhanced landfill mining (ELFM) and Enhanced Waste Management (EWM): essential components for the transition to Sustainable Materials Management (SMM). 2011. <https://www.researchgate.net/publication/228572171>
- [7] Lopez, G.C., Clausen, A., dan Pretz, T. Landfill Mining: A Case Study on Sampling, Processing and Characterization of Excavated Waste From An Austrian Landfill. *Sixteenth International Waste Management And Landfill Symposium, Sardinia*, 2 - 6 October 2017. 2017.
- [8] Frandegard, P., Krook, J., Svensson, N., dan Eklund, M. Resource and Climate Implications of Landfill Mining A Case Study of Sweden. *Journal of Industrial Ecology*, (17), 5, 742-755, 2013.
- [9] Pastre, G., Griffiths, Z., Val, J., Tasiu, A.M., Camachodominguez, E.V., Wagland, S., dan Coulon, F. A Decision Support Tool for Enhanced Landfill Mining. *Proceedings Sardinia 2017/Sixteenth International Waste Management and Landfill Symposium*, 2 - 6 October 2017. 2017.
- [10] Zhou, C., Fang, W., Xu, W., Cao, A., dan Wang, R. Characteristics and the Recovery Potential of Plastic Wastes Obtained from Landfill Mining. *Journal of Cleaner Production* (80), 80-86, 2014.
- [11] World Bank. Technical Guidance Report Municipal Solid Waste Incineration. The International Bank for Reconstruction and Development, *World Bank, Washington, D.C.* 1999.
- [12] Quicker, P. Landfill Mining: An Option to Trigger Resources? 8thCEWEP Waste-to-Energy Congress 2016, Circular Economy Meets Energy Union, *Rotterdam*, 16-17 Juni 2016. 2016.
- [13] Pedoman Spesifikasi Teknis Refuse Derived Fuel (RDF) sebagai Alternatif Bahan Bakar di Industri Semen. Pusat Penelitian dan Pengembangan Industri Hijau dan Lingkungan Hidup, *Badan Penelitian dan Pengembangan Industri, Kementerian Perindustrian*. 2017.
- [14] UPST 2022. “Unit Pengelola Sampah Terpadu” Temuan di : <https://upst.dlh.jakarta.go.id/tpst/index> (Diakses tanggal 18 Juni 2022). 2022.
- [15] Yosafaat, M. Study Pemanfaatan Limbah Fly Ash Dan Bottom Ash Di Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLT'Sa) Merah Putih Bantar Gebang, (*Universitas Pertamina, Bekasi*, 2021). 2021.