

## Potensi Material Sampah *Combustible* pada Zona Pasif TPA Jatibarang Semarang sebagai Bahan Baku RDF (*Refuse Derived Fuel*)

Irma Natasya Hutabarat<sup>1</sup>, Ika Bagus Priyambada<sup>1</sup>, Ganjar Samudro<sup>1</sup>, Baskoro Lokahita<sup>2</sup>, Syafrudin<sup>1</sup>, Irawan Wisnu Wardhana<sup>1</sup>, Mochtar Hadiwidodo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang

<sup>2</sup>School Of Environment And Society, Tokyo Institute Of Technology, Japan

E-mail: irmanatasya1221@gmail.com

**Abstrak**--Peningkatan jumlah timbunan sampah menyebabkan meningkatnya kebutuhan lahan pada TPA Jatibarang. Untuk menghindari terjadinya kekurangan lahan perlu dilakukan penanganan pada sampah yakni dengan mengubah sampah menjadi sumber energi seperti bahan baku RDF (*Refused Derived Fuel*). RDF merupakan salah satu teknik penanganan sampah dengan mengubah sampah menjadi sesuatu yang bermanfaat yaitu bahan bakar. Sampah tersebut dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku RDF dengan cara menganalisis nilai kalor yang dihasilkan. Untuk menganalisis nilai kalor pada sampah *combustible* zona pasif TPA Jatibarang dapat dilakukan dengan cara pengujian sampel sebanyak 100 gram dengan alat bom kalorimeter. Sampel tersebut diambil pada kedalaman 0-3 m dengan metode random sampling. Kemudian akan didapat nilai kalor tinggi yang dihasilkan sampel tersebut. Nilai Kalor Tinggi yang dihasilkan sampel tersebut sebesar 5,25 kkal/ton pada kedalaman 0-1 m, 5,76 kkal/ton pada kedalaman 1-2 m dan 6,31 kkal/ton pada kedalaman 2-3 m. Nilai kalor tinggi yang dihasilkan sampah *combustible* tersebut menunjukkan bahwa semakin rendah kedalaman sampah maka akan semakin tinggi nilai kalor yang dihasilkan dan sampah tersebut berpotensi sebagai bahan baku RDF.

**Kata kunci:** RDF (*Refused Derived Fuel*), material sampah *combustible*, bom kalorimeter, Nilai Kalor Tinggi

**Abstract**--The increase of waste dump also causes the need of landfill in Jatibarang Landfill. In order to avoid land deficiency, the waste dump needs to be handled by converting waste into energy sources such as RDF (*Refused Derived Fuel*). RDF is one of waste handling technique by converting waste into something useful called fuel. The waste could be utilized into RDF raw material by analyzing the result of calorific value. Analyzing the calorific value on material *combustible* waste in passive zone Jatibarang landfill, could be done by sample examination as much as 100 gram with bomb calorimeter. The sample was taken in 0-3 m depth with random sampling method. The high calorific value that generated by the method will be obtained. The result of high calorific value from that sample were 5.25 kcal/ton in 0-1 m depth, 5.76 kcal/ton in 1-2 m depth and 6.31 kcal/ton in 2-3 m depth. The high calorific value that generated by *combustible* waste indicated that the lower of waste depth, the higher calorific value that would be generated and the waste had a potential as a RDF raw material.

**Keywords:** RDF (*Refused Derived Fuel*), *combustible* waste material, bomb calorimeter, High Heating Value

### 1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk Kota Semarang mengalami peningkatan jumlah jiwa setiap tahunnya. Jumlah penduduk di Kota Semarang pada tahun 2010 yaitu 1,5 juta jiwa mengalami peningkatan menjadi 1,7 juta jiwa pada tahun 2016 [1]. Jumlah penduduk yang meningkat berbanding lurus dengan meningkatnya timbunan sampah. Jumlah sampah yang masuk ke TPA Jatibarang pada tahun 2010 ialah 700 ton/hari dan meningkat pada tahun 2016 menjadi 850 ton/hari (Dinas Cipta Karya Kota Semarang, 2016). Timbunan sampah yang dihasilkan tersebut akan diangkut ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah.

Menurut Undang – Undang RI Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengolahan Sampah, Tempat

Pemrosesan Akhir (TPA) adalah tempat untuk memproses dan mengembalikan sampah ke media lingkungan secara aman bagi manusia dan. TPA Jatibarang terletak di Kota Semarang yang merupakan Ibukota Propinsi Jawa Tengah. TPA Jatibarang terdiri atas tiga zona yaitu zona aktif 1, zona aktif 2 dan zona pasif. Zona aktif dan zona pasif TPA Jatibarang memiliki perbedaan pada umur landfill dan komposisi sampah pada landfill. Peningkatan timbunan sampah akan menyebabkan meningkatnya kebutuhan lahan pada TPA Jatibarang untuk menampung sampah tersebut. Pada keadaan ini perlu dilakukan upaya pengurangan timbunan sampah sehingga kebutuhan lahan TPA Jatibarang tidak meningkat. Pemanfaatan sampah sebagai bahan bakar selain dapat berfungsi untuk mengurangi jumlah timbunan

sampah di TPA dapat juga sebagai alternatif dalam pengolahan sampah yang meningkatkan nilai ekonomis sampah.

RDF (*Refuse Derived Fuel*) adalah sampah yang mudah terbakar dan terpisahkan dari bagian yang sulit terbakar melalui proses pencacahan, pengayakan dan klasifikasi udara [9]. RDF (*Refuse Derived Fuel*) merupakan salah satu teknik penanganan sampah dengan mengubah sampah menjadi sesuatu yang bermanfaat yaitu bahan bakar. RDF dihasilkan dari pemisahan fraksi yang mudah terbakar (*combustible fraction*) dan fraksi sampah yang sulit dibakar (*non combustible fraction*) dari sampah secara mekanik [12]. Sampah yang ada pada zona pasif TPA Jatibarang dapat dimanfaatkan menjadi bahan bakar dengan cara menganalisis nilai kalor yang dihasilkan dari material sampah *combustible* yang berada pada TPA Jatibarang. Terdapat 2 terminologi nilai kalor yang biasa digunakan yaitu Nilai Kalor Tinggi dan Nilai Kalor Rendah. Nilai Kalor Tinggi, dimana keberadaan air dan hidrogen setelah pembakaran terjadi adalah pada keadaan terkondensasi pada produk. Sementara Nilai Kalor Rendah adalah nilai kalor dimana diasumsikan air dan hidrogen berada dalam fasa uap [4]. Untuk menganalisis nilai kalor yang terdapat pada material sampah *combustible* pada zona pasif dapat dilakukan dengan uji analisis proksimat, uji analisis ultimat, dan uji dengan alat bom kalorimeter. Potensi energi sampah di TPA Jatibarang perlu untuk ditinjau sehingga dapat digunakan sebagai salah satu strategi pengolahan sampah saat ini. Kajian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kalor yang terkandung pada material sampah *combustible* pada setiap kedalaman di Zona Pasif TPA Jatibarang dan mengetahui potensi material sampah *combustible* sebagai bahan baku RDF (*Refuse Derived Fuel*).

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Tahap Persiapan

Pada tahap ini dilakukan persiapan alat-alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian. Alat dan bahan yang akan digunakan peneliti dipersiapkan terlebih dahulu sesuai dengan kebutuhan. Alat yang dipersiapkan ialah alat yang akan digunakan untuk pengambilan sampel dan alat – alat yang berada di laboratorium. Bahan untuk analisis didapatkan dari zona pasif TPA Jatibarang. Bahan untuk pengujian laboratorium didapatkan dari laboratorium.

### 2.2 Tahap Pelaksanaan

Pengambilan sampel dilakukan di Zona Pasif TPA Jatibarang. Tahap pelaksanaan penelitian ialah pengambilan sampel. Sampel yang diambil merupakan sampah yang berada pada Zona Pasif TPA Jatibarang dengan kedalaman 0-3 meter. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *random sampling*. Dengan cara *random*, bias

pemilihan dapat diperkecil, sekecil mungkin. Ini merupakan salah satu usaha untuk mendapatkan sampel yang representatif [13]. Metode *random sampling* ialah metode pengambilan sampel yang dilakukan secara acak (*random*) karena setiap anggota populasi berkesempatan sama untuk menjadi sampel [3]. Sampel yang diambil tersebar di 3 titik pada Zona Pasif TPA Jatibarang, Semarang. Pengambilan sampel pada 2 titik dilakukan dengan menggunakan alat berat *excavator* yang memiliki berat kurang lebih 100 kg pada 3 kedalaman yaitu kedalaman 0 – 1 m, 1 – 2 m, dan 2 – 3 m. Sementara pada 1 titik lainnya dilakukan di pinggir zona pada 1 kedalaman saja yaitu 0 – 1 m dengan menggunakan sekop sebanyak kurang lebih 10 sekopan. Kordinat ketiga titik tersebut kemudian ditandai dengan menggunakan aplikasi GPS yang ada pada *smartphone*. Berikut merupakan kordinat ketiga titik pengambilan sampel yang ditandai dengan menggunakan GPS:

- Titik 1 : -7°1'29.10"S 110°21'40.04"T
- Titik 2 : -7°1'30.45"S 110°21'40.34"T
- Titik 3 : -7°1'28.97"S 110°21'38.88"T

Letak titik pengambilan sampel ditunjukkan seperti pada Gambar 2.1



**Gambar 2.1** Letak titik pengambilan sampel (Sumber: Google earth, 2017)

Pengambilan sampel dengan alat berat *excavator* dioperasikan oleh pihak TPA Jatibarang. Awalnya titik pengambilan sampel ditentukan terlebih dahulu, lalu kordinat titik tersebut akan dicatat sesuai dengan GPS. Lalu sampel akan diambil dengan alat berat *excavator* dengan berat kurang lebih 100 kg berdasarkan kedalamannya masing – masing. Lalu sampel akan diletakkan diatas terpal secara terpisah dengan sampel dari kedalaman yang lainnya. Sampah tersebut dicampur kemudian dibagi menjadi empat (metode kuadran). Kemudian kuadran I, II dan III dikembalikan ke lahan urug.

Pada kuadran IV sampel diambil ±500 gram untuk organik dan ±500 gram untuk plastik. Sampah dikeringkan menggunakan oven di

Laboratorium Teknik Lingkungan Undip Semarang pada suhu 105° C, sampah tersebut kemudian dicacah dan diambil sebanyak 100 gram untuk uji bom kalorimeter. Pengujian nilai kalor dengan alat bom kalorimeter dilakukan di Laboratorium Limbah Padat dan B3 ITS Surabaya.

**2.3 Tahap Analisis Data**

Data yang didapatkan dari pengujian di laboratorium, selanjutnya akan dianalisis menggunakan Program *Microsoft Office Word*, sehingga diperoleh analisis deskriptif, grafik, dan tabel yang menggambarkan keseluruhan hasil perlakuan selama penelitian.

Setelah diketahui nilai kalor dengan menggunakan alat bom kalorimeter, kemudian dilakukan koreksi terhadap komponen yang akan mengurangi nilai kalor yang sebenarnya, yaitu perhitungan Nilai Kalor Rendah. Perhitungan Nilai Kalor Rendah dapat dilakukan dengan memasukkan faktor kadar air, dengan mengabaikan keberadaan air hidrogen sebagai sumber air yang lain, yaitu melalui persamaan yang oleh [15]:

$$NKR = NKT (1-W) - 548,85 W \quad (2.1)$$

NKR : Nilai Kalor Rendah

NKT : Kalor Tinggi

548,85 = konstanta panas dari penguapan air pada kkal/kg pada suhu 250C

W : kadar air (fraksi berat sampah)

Standar pengujian untuk nilai kalori Bom kalorimeter adalah ASTM D 5865-7a.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1 Pengujian Nilai Kalor Sampah**

Nilai kalor di dapat dengan percobaan yang dilakukan di Laboratorium Limbah Padat dan B3 ITS Surabaya dengan menggunakan bom kalorimeter PARR 1261. Sampah yang akan dibakar awalnya berada pada kondisi basah. Bom kalorimeter memerlukan aliran listrik untuk membakar sampel dan akan menimbulkan panas dari hasil pembakaran tersebut. Panas ini akan memanaskan media penyerap yang terisolasi dengan baik agar panas tidak hilang dan dapat diukur dengan akurat oleh termometer. Pada termometer kenaikan satu derajat temperatur tiap satu gram air dinyatakan sebagai satu kalor. Nilai kalor dari pengukuran bom kalorimeter dinyatakan dalam kkal/kg kering atau disebut juga Nilai Kalor Tinggi, karena nilai kalor didapat dari sampel yang telah dikeringkan pada 105°C. Nilai Kalor Tinggi ini mengasumsikan bahwa air dan uap air setelah proses pembakaran berada dalam keadaan terkondensasi di dalam produk. Hasil pengujian nilai kalor tinggi pada sampah ditunjukkan pada Tabel 3.1 berikut.

**Tabel 3.1** Data analisis kalor cuplikan sampah

No.	Sampel	Nilai Kalor Tinggi (kkal/ton)
1.	Kedalaman 0 – 1 m	5,25
2.	Kedalaman 1 – 2 m	5,76
3.	Kedalaman 2 – 3 m	6,31

Sumber: Laboratorium Limbah Padat dan B3 ITS Surabaya, 2017

Nilai kalor yang diperoleh dengan bom kalorimeter perlu dikoreksi terhadap komponen yang akan mengurangi nilai kalor yang sebenarnya yaitu perhitungan Nilai Kalor Rendah. Pada Nilai Kalor Tinggi, air dan hidrogen diasumsikan berada pada keadaan terkondensasi. Bila dianggap berada dalam keadaan uap, dibutuhkan suatu besaran panas yang digunakan untuk menguapkan air dan hidrogen tersebut, disebut dengan nilai kalor penguapan. Pengurangan Nilai Kalor Tinggi dengan nilai kalor penguapan ini adalah Nilai Kalor Rendah. Perhitungan nilai kalor Nilai Kalor Rendah dilakukan dengan menggunakan persamaan yang diunduh dari [15] yaitu:

$$NKR = NKT (1 - W) - 584,85 W \quad (3.1)$$

NKR : Nilai Kalor Rendah

NKT : Nilai Kalor Tinggi

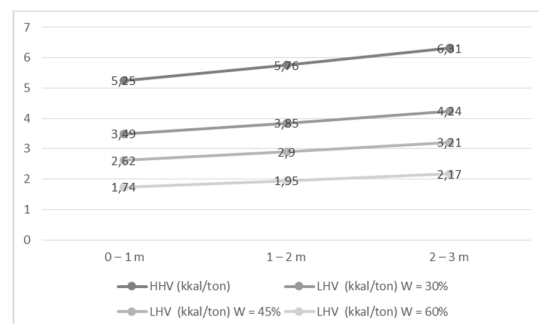
W = kadar air (30% ; 45% ; 60%)

584,85 = konstanta panas dari penguapan air pada kkal/kg pada suhu 250C

Perhitungan Nilai Kalor Rendah dilakukan bila kadar air sampah berturut – turut 30%, 45%, 60% sehingga akan diperoleh hasil seperti pada Tabel 3.2. Dan Gambar 3.1

**Tabel 3.2** Nilai kalor NKR bom kalorimeter

No	Sampel	NKR (kkal/ton)		
		W = 30%	W = 45%	W = 60%
1.	Kedalaman 0 – 1 m	3,49	2,62	1,74
2.	Kedalaman 1 – 2 m	3,85	2,90	1,95
3.	Kedalaman 2 – 3 m	4,24	3,21	2,17



**Gambar 3.1** Diagram perbandingan nilai kalor tinggi dan nilai kalor rendah sampel

Pengukuran secara ekperimental di laboratorium menggunakan bom kalorimeter dilakukan dengan menggunakan sampel yang sedikit. Sampel ini tidak cukup untuk mewakili variasi yang sangat banyak dari komposisi sampah perkotaan [14]. Oleh karena itu dilakukan juga perhitungan dengan menggunakan model matematik untuk menghindari ketergantungan terhadap pengukuran di laboratorium yang memakan waktu [11]. Perhitungan matematik dilakukan dengan persamaan analisis proksimat dan analisis ultimat. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa nilai kalor Nilai Kalor Tinggi berbanding lurus dengan Nilai Kalor Rendah. Semakin tinggi kadar air sampah maka semakin rendah Nilai Kalor Rendah yang diperoleh [5].

### 3.2 Analisis Potensi Sampah Sebagai Bahan Baku RDF

RDF dikenal sebagai bahan bakar alternatif yang dihasilkan dari sampah mudah terbakar, seperti sampah plastik, karet dan kulit, tekstil, kayu, kertas, resin sintesis, lumpur pengolahan air limbah dan lumpur olahan [2]. Pengolahan sampah perkotaan dengan energi panas meliputi insinerasi, pirolisis, dan gasifikasi [7].

Insinerasi dilakukan dengan menggunakan sebuah sistem recovery energi [8]. Energi yang ditimbulkan dihitung berdasarkan nilai kalor/panas sampah yang lebih rendah (*Lower Heating Value/LHV*) yang diasumsikan untuk efisiensi energi dan penggunaan energi internal adalah 18% dan 15% dari energi listrik yang dihasilkan. Teknologi RDF telah diterapkan oleh bangsa Eropa, Amerika dan begitu juga Jepang [6].

Kalor minimal untuk menjadikan suatu bahan menjadi bahan bakar atau sebagai sumber panas, maka bahan tersebut harus memiliki kalor minimal 2 – 2,5 kkal/ton, sehingga cuplikan sampah tersebut dapat memenuhi kalor minimal untuk menjadikan suatu bahan menjadi bahan bakar atau sebagai sumber panas (Damanhuri, 2016).

Dari data hasil pengujian nilai kalor sampel sampah *combustible* Zona Pasif TPA Jatibarang Semarang pada Tabel 3.1 menunjukkan bahwa sampel tersebut memiliki potensi untuk dijadikan sebagai bahan baku RDF karena telah melewati batas nilai kalor minimal untuk dijadikan bahan baku RDF. Tetapi untuk Nilai Kalor Rendah pada nilai kadar air dengan 60% pada kedalaman 0 – 1 m dan 1 – 2 m tidak memenuhi kalor minimal untuk dijadikan sebagai bahan baku RDF. Sedangkan sampel pada kedalaman 2 – 3 m memenuhi kalor minimal untuk dijadikan sebagai bahan baku RDF. Untuk meningkatkan nilai kalor sampah tersebut dapat dilakukan dengan upaya pengeringan sehingga kandungan air yang terdapat pada sampel menjadi berkurang.

RDF berkualitas baik adalah RDF yang memiliki nilai kalor yang tinggi dan konsentrasi senyawa toxic yang rendah, dalam hal ini logam

berat dan klorin. Aspek kualitas tersebut dipengaruhi oleh beberapa pihak, seperti; produsen RDF, pengguna RDF, dan peraturan terkait. Akibat dari perbedaan pendapat satu sama lain, kualitas RDF yang diminta berbeda satu sama lain [10].

## 4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

- a. Nilai Kalor Tinggi yang dihasilkan oleh sampel sampah *combustible* Zona Pasif TPA Jatibarang Semarang pada pengujian dengan menggunakan bom kalorimeter ialah sebesar 5,25 kkal/ton sampai dengan 6,31 kkal/ton.
- b. Berdasarkan hasil pengujian Nilai Kalor Tinggi sampel sampah *combustible* Zona Pasif TPA Jatibarang Semarang menunjukkan bahwa nilai kalor tersebut berpotensi dijadikan sebagai bahan baku RDF.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Badan Pusat Statistik. (2016). St Tistik Daerah St.
- [2]. Chiemchaisri, C., Charnnok, B., & Visvanathan, C. (2010). Recovery of plastic wastes from dumpsite as refuse-derived fuel and its utilization in small gasification system. *Bioresource Technology*, 101(5), 1522–1527.
- [3]. Damanhuri, E. (2007). Metode pengukuran timbulan kompos sampah kota, 2, 2–4.
- [4]. Damanhuri, E., & Padmi, T. (2010). Pengelolaan sampah. Diktat Program Studi Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung, 30.
- [5]. Damanhuri, E., dan Padmi, T.,. 2016. Pengelolaan Sampah Terpadu. Bandung: Program Studi Teknik Lingkungan ITB.
- [6]. Fu, Z.M., Li, X.R., Koseki, H. (2005). "Heat generation of refuse derived fuel with water", *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 18 (1), 27–33.
- [7]. Gentil, E.C., Damgaard, A., Hauschild, M., Finnveden, G. (2010). "Models for waste life cycle assessment: Review of technical assumptions", *Journal of Waste Management*, 30 (2010) 2636–2648. October 17, 2011.
- [8]. Gunamantha, Made., Sarto. (2012). "Life cycle assessment of municipal solid waste treatment to energy options: Case study of KARTAMANTUL region, Yogyakarta", *Journal of Renewable Energy*, 41 (2012) 277-284. June 11, 2012.
- [9]. Liu, J.-l., Paode, R. D., & Holsen, T. M. (1996). Modeling the Energy Content of Municipal Solid Waste Using Multiple Regression Analysis. *Journal of the Air &*

- Waste Management Association, 46(7), 650–656.
- [10]. Lokahita, Baskoro dan Damanhuri, E. (2013). Potensi Sampah Combustible pada Titik Transfer di Kota Bandung untuk Bahan Baku Refused Derived Fuel (RDF), 1–11.
- [11]. Kathiravale S, Muhd Yunus MN (2008) Waste to wealth. *Asia Europe Journal* 6(2):359–371
- [12]. McDougall, F., White, P., Franke, M., & Hindle, P. (2008). Integrated solid waste management: a life cycle inventory. *Chemistry & ....* <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2369-7>
- [13]. Nasution, R. (2003). "Populasi Infinit," 1–7.
- [14]. Novita, D. M. (2010). Dalam Konsep Waste To Energy Heating Value Based on Composition and Characteristics of Municipal Solid Waste in, 16(2), 103–114.
- [15]. Sokhansanj, S. (2011). The Effect of Moisture on Heating Values. *Biomass Energy Data Book*. Retrieved from <http://cta.ornl.gov/bedb>
- [16]. Anonim. 2012. Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengolahan Sampah. Jakarta
- [17]. Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman Dirjen Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum. 2011.