

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

Lucy Amena Sembiring<sup>1</sup>, Ika Bagus Priyambada<sup>1</sup>, Ganjar Samudro<sup>1</sup>, Baskoro Lokahita<sup>2</sup>, Irawan Wisnu Wardhana<sup>1</sup>, Mochtar Hadiwidodo<sup>1</sup>, Syafrudin<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: lucyamenasembiring@gmail.com

**Abstrak**--Jumlah penduduk yang meningkat juga meningkatkan jumlah kebutuhan energi. Namun, sumber daya yang tersedia juga semakin berkurang. Sehingga perlu digantikan dengan energi yang baru. Sampah yang meningkat dan pengolahan yang sangat sedikit dapat dijadikan sumber energi yang baru bagi masyarakat dengan konsep waste to energy (WTE). Salah satunya yaitu dengan mengubah sampah menjadi bahan baku RDF (*refuse-derived fuel*). RDF merupakan salah satu teknik penanganan sampah dengan mengubah sampah menjadi sesuatu yang bermanfaat yaitu bahan bakar. Sampah sangat berpotensi menjadi bahan baku RDF terutama organik dan plastik sebagai sampah yang mudah terbakar (*combustible*). Sampah tersebut dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku RDF dengan cara menganalisis nilai kalor yang dihasilkan. Untuk menganalisis nilai kalor pada sampah *combustible* zona aktif II 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 5,69 kkal/ton pada kedalaman 0-1 m, 6,07 kkal/ton pada kedalaman 1-2 m dan 5,94 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:** *Pertambahan penduduk, waste to energy, bom kalorimeter, RDF (refuse derived fuel), nilai kalor tinggi, nilai kalor rendah*

**Abstract**--The growth of population also increases the amount of energy demand. However, the available resources are also decreasing. So it needs to be replaced with new energy. Increased waste and very little processing can be used as a new energy source for society with the concept of waste to energy (WTE). One of new energy source for society with the concept of waste to energy is to convert waste into raw materials RDF (*refuse derived fuel*). RDF is one of the techniques of handling waste by converting waste into something useful that is fuel. Waste has potential to be a raw materials of RDF, especially organic and plastic as *combustible waste*. The waste can be utilized as RDF raw material by analyzing the calorific value. Analyzing the calorific value in material *combustible waste* in active zone II Jatibarang landfill can be done by testing the sample as much as 100 grams with bomb calorimeter. The sample was taken at a depth of 0-3 m by *random sampling* method. Then it produced high heating value. The results of High Heating Value of the sample is 5.69 kcal/ton at a depth of 0-1 m, 6.07 kcal/ton at a depth of 1-2 m and 5.94 kcal/ton at a depth of 2-3 m. The high heating value produced by *combustible waste* shows that the lower the depth of waste, the higher the heating value produced and the waste is potential as RDF raw materials.

**Keywords:** *Growth of population, waste to energy, bomb calorimeter, RDF (refuse-derived fuel), high heating value, low heating value*

### 1. PENDAHULUAN

Pada UU RI No.18/2008 tentang pengelolaan sampah, dinyatakan bahwa dengan adanya pertambahan penduduk dan pola konsumsi masyarakat mengakibatkan bertambahnya volume, jenis, dan karakteristik sampah yang semakin beragam. Tahun 2010 jumlah penduduk Indonesia mencapai 237 juta orang dan mengalami kenaikan 1,38% hingga tahun 2015, sehingga jumlah penduduk Indonesia diperkirakan sudah mencapai 257,6 juta orang [1].

Pertambahan penduduk terjadi di setiap daerah, tidak terkecuali kota Semarang. Peningkatan penduduk di kota Semarang juga menaikkan volume sampah yang masuk ke TPA. Sampah yang masuk ke TPA Jatibarang pada tahun 2010 adalah 700 ton/hari dengan jumlah penduduk 1,5 juta jiwa dan mengalami peningkatan hingga 850 ton/hari dengan jumlah penduduk 1,7 juta jiwa di Tahun 2016 [2]. Laju timbunan sampah dipengaruhi oleh pertumbuhan sosial-ekonomi, tingkat industrialisasi dan iklim. Ditambah dengan adanya faktor eksternal seperti lokasi geografi,

standar hidup masyarakat, sumber energi dan cuaca, juga mempengaruhi komposisi sampah yang dihasilkan [5]. Fenomena peningkatan timbulan sampah dan semakin beragamnya karakteristik sampah ini perlu diimbangi dengan peningkatan kemampuan sistem pengelolaan sampah yang ada. Salah satu komponen dari sistem tersebut adalah teknologi pengolahan sampah.

Pertambahan jumlah penduduk ini, selain meningkatkan jumlah volume timbulan sampah juga meningkatkan kebutuhan akan energi. Kebutuhan akan energi semakin tinggi, namun sumber daya yang tersedia semakin berkurang [6]. Dibutuhkan energi alternatif yang dapat menggantikan sumber daya tidak terbarukan seperti bahan bakar fosil. Energi ini dapat digantikan oleh energi yang terkandung di dalam sampah, dikenal dengan konsep *waste to energy*. Proses *waste to energy* (WTE) adalah proses recovery energi dari limbah melalui pembakaran langsung (insinerasi, pirolisis, dan gasifikasi), atau dengan produksi bahan bakar dalam bentuk metan, hidrogen, dan bahan bakar sintetik lainnya (*anaerobic digestion, mechanical biological treatment, refuserived fuel*) [4]. Karena kaitannya dengan energi, nilai kalor sampah menjadi parameter penting. TPA Jatibarang merupakan satu-satunya TPA yang ada di kota Semarang, dengan volume sampah yang masuk semakin tinggi setiap tahunnya. Hal ini merupakan salah satu peluang untuk melakukan pengembangan penanganan sampah di TPA Jatibarang, agar sampah tidak menumpuk dan dapat diolah menjadi energi. Kondisi TPA terus-menerus mengalami degradasi kimia dan biologi zat organik *degradable* (seperti kertas atau tekstil) yang berada dalam kondisi aerob atau anaerob yang diubah menjadi karbon dioksida, metana dan air. Proses degradasi ini dapat menyebabkan potensi sumber daya yang tersedia di TPA berbeda-beda [9]. TPA Jatibarang memiliki potensi untuk dimanfaatkan kembali dikarenakan volume *landfill* yang cukup besar dan beragam komposisi sampah yang bernilai ekonomis.

Proses *recovery* energi yang paling cocok di TPA Jatibarang adalah proses termal karena komposisi sampah yang masuk  $\pm 50\%$  adalah plastik, kayu, tisu, tekstil dan sampah lainnya (Konsultan Perencanaan TPA Jatibarang, 2013) terutama di Zona Aktif II yang memiliki komposisi sampah yang sangat beragam. Sampah-sampah ini merupakan sampah yang memiliki nilai kalor cukup tinggi sehingga memungkinkan untuk dilakukan pengolahan dan *recovery* energi dengan dirubah menjadi bahan bakar sintetik dan salah satunya adalah RDF (*refuse derived fuel*). RDF (*refuse derived fuel*) juga merupakan salah satu cara untuk mewujudkan Peraturan Presiden No.18 tahun 2016 tentang percepatan pembangunan WtE untuk 7 kota di Indonesia

pada tahun 2018, kemungkinan akan mempercepat kemampuan memproduksi teknologi modern dalam pengolahan sampah dan energi [2]. Tujuh kota yang dimaksud salah satunya adalah Kota Semarang.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai kalor yang terkandung pada material sampah *combustible* pada setiap kedalaman di Zona Aktif II TPA Jatibarang dan mengetahui potensi material sampah *combustible* sebagai bahan baku RDF (*Refuse Derived Fuel*). Untuk mengubah sampah menjadi energi atau mengolah sampah dengan proses termal kita harus menganalisis dan menentukan *Nilai Kalor Tinggi* (NKT) dan *Nilai Kalor Rendah* (NKR) dari sampah tersebut. Nilai kalor ini menyatakan banyaknya panas yang dihasilkan pada pembakaran sempurna suatu bahan [2] sehingga kita dapat mengolah potensi sampah sesuai dengan nilai kalor sampah tersebut. Saat ini banyak upaya rekayasa dilakukan agar dari sampah diperoleh energi secara optimal, atau agar proses penanganan sampah mempunyai dampak kecil terhadap emisi rumah kaca [2]. Dalam penelitian ini sampah yang diuji hanya material sampah *Combustible* karena dianggap memiliki nilai kalor yang lebih tinggi dibandingkan material sampah lain sehingga sangat dioptimalkan dalam pengolahan sampah.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Sampel yang diambil merupakan sampah yang berada pada TPA dengan kedalaman 0-3 meter dengan perkiraan umur sampah pada lapisan  $-/+ 3$  meter adalah 8 tahun, dengan data timbulan 700 ton/hari. Sampah yang dijadikan sampel sudah mengalami banyak perubahan jika dibandingkan dengan keadaan sampah pada saat diambil dari sumber penghasil sampah, baik dari sampah pengotor lain, air hujan, panas matahari, dan juga pemadatan. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *random sampling*. *Random sampling* adalah cara mengumpulkan contoh sedemikian rupa sehingga setiap unit yang membentuk lot mempunyai kesempatan atau peluang yang sama untuk diikutkan ke dalam contoh [3]. Dengan cara random, bias pemilihan dapat diperkecil, sekecil mungkin. Ini merupakan salah satu usaha untuk mendapatkan sampel yang representatif (Prof et al., 2003). Sampel yang diambil tersebar di 3 titik pada Zona Aktif II TPA Jatibarang, Semarang. Luas Zona Aktif II TPA:  $-/+ 41.879 \text{ m}^2$  atau 4.1 Ha Kedalaman :  $+/- 9$  meter. 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  $-/+ 10$

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: 7.024108° Lintang Selatan  
110.359998° Bujur Timur
- Titik 2: 7.024308° Lintang Selatan  
110.359701° Bujur Timur
- Titik 3: 7.024604° Lintang Selatan  
110.359703° Bujur Timur

Titik pengambilan sampel dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut ini:



**Gambar 2.1** Lokasi dan titik pengambilan sampel pada Zona Aktif II TPA Jatibarang (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 gr untuk organik dan +/- 500 untuk plastik. Sampah dikeringkan menggunakan oven di laboratorium pada suhu 105° C, sampah tersebut kemudian dicacah dan diambil sebanyak 100 gram untuk uji bom kalorimeter di laboratorium. Setelah diketahui nilai kalor dengan menggunakan alat bom kalorimeter, kemudian dilakukan koreksi terhadap komponen yang akan mengurangi nilai kalor yang sebenarnya, yaitu perhitungan NKR.

Perhitungan NKR dapat dilakukan dengan memasukkan faktor kadar air, dengan mengabaikan keberadaan air hidrogen sebagai sumber air yang lain, yaitu melalui persamaan yang oleh Sokhansanj [10]. Standar pengujian bom kalorimeter yaitu: ASTM D 5865-7a.

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

W adalah kadar air (fraksi berat sampah)  
W= 30%, 45%, 60%.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengujian Nilai Kalor Sampah

Nilai kalor di dapat dengan percobaan yang dilakukan di laboratorium kualitas lingkungan ITS dengan menggunakan bom kalorimeter PARR 1261. Bahan yang akan diukur dalam alat bomb kalorimeter harus dalam kondisi kering (dipanaskan dalam 105 °C).

Bom kalorimeter merupakan alat pengukur nilai kalor berbentuk tabung berongga. Sampel dimasukkan ke dalam cawan di dalamnya. Oksigen bertekanan tinggi diinjeksikan ke dalam alat untuk menjamin ketersediaan oksigen yang cukup selama proses. Alat kemudian diletakkan pada bejana berisolasi yang diisi dengan media penyerap (biasanya air), dengan kawat untuk mengalirkan sumber listrik ke dalam bom. Aliran listrik yang ada menimbulkan percikan panas. Panas ini memanaskan media penyerap dan perubahan temperatur yang terjadi akan terukur pada termometer. Bejana media penyerap dianggap media terisolasi dengan baik sehingga tidak ada panas yang hilang dari sistem. Semua panas yang timbul selama pembakaran digunakan untuk memanaskan air dan tabung bom. Kenaikan satu derajat temperatur dari satu gram air dinyatakan sebagai satu kalor. Sehingga dengan mengetahui banyaknya air san sampel di dalam kalorimeter, nilai kalor dapat dihitung. Panas yang terserap oleh air adalah merupakan panas yang dihasilkan oleh pembakaran. Dari pengukuran ini akan diperoleh NKT (Nilai kalor tinggi).

Pada kenyataannya, sampah yang akan dibakar berada dalam kondisi basah, dan mengandung hidrogen yang akan berikatan dengan oksigen membentuk air. Bila air tersebut terkondensasi, panas akan dilepaskan, yang terjadi dalam sebuah bomb-calorimeter. Oleh karenanya, nilai kalor yang diperoleh dengan alat ini perlu dikoreksi terhadap komponen yang akan mengurangi nilai kalor yang sebenarnya, yaitu perhitungan NKR. Perhitungan NKR dapat dilakukan dengan memasukkan faktor kadar air, dengan mengabaikan keberadaan air hidrogen sebagai sumber air yang lain. Hasil uji cuplikan sampah *combustible* Zona Aktif II TPA Jatibarang yaitu:

**Tabel 2.1** Hasil uji cuplikan material sampah combustible Zona Aktif II TPA Jatibarang dengan fraksi basah W= 30%, 45%, 60%.

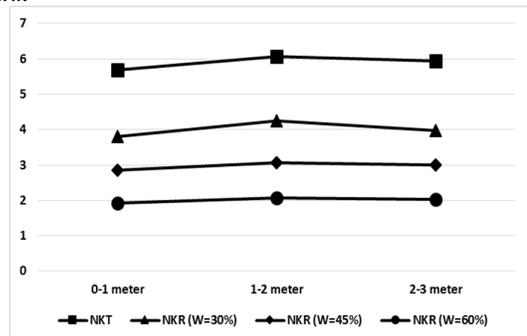
No.	Sampel	NKT (kcal/ton)	NKR (kcal/ton)		
			30%	45%	60%
1.	0-1 m	5,69	3,81	2,86	1,92
2.	1-2 m	6,07	4,25	3,07	2,07
3.	2-3 m	5,94	3,98	3,00	2,02

Sumber: Lab. Limbah padat & B3 ITS, Surabaya

Nilai NKR dihitung dengan menambahkan fraksi berat basah, karena nilai NKR dilakukan dengan memasukkan faktor kadar air, dengan mengabaikan keberadaan air hidrogen sebagai sumber air lain, dengan diunduh dari <http://cta.ornl.gov/bedb> - Biomass Data Book 2011 menggunakan rumus persamaan 2.1

Pengujian dengan menggunakan metode Bom kalorimeter memiliki kekurangan yaitu sampah yang terambil tidak selalu dapat mewakili nilai kalor yang ada karena sampel yang dimasukkan kedalam alat bomb kalorimeter mungkin hanya plastik saja atau organik saja, sehingga perlu dilakukan pengujian dengan metode lain untuk mengetahui nilai kalor yang sebenarnya, jika harus menggunakan alat bom kalorimeter perlu dilakukan pengulangan agar mendapat hasil yang lebih akurat [6].

Nilai kalor hasil uji cuplikan material sampah combustible akan di tampilkan dalam grafik yang di urutkan berdasarkan kedalaman sampel sampah beserta Nilai Kalor Tinggi (NKT) dan Nilai Kalor Rendah (NKR) dengan fraksi basah yang bervariasi yaitu 30 %, 45 % dan 60 % dapat dilihat serta dibandingkan pada pada gambar 2.2 berikut ini:



**Gambar 2.2** Grafik Perbandingan NKT dan NKT material sampah combustible Zona Aktif II TPA Jatibarang

Dari grafik diatas dapat kita simpulkan semakin tinggi nilai fraksi basah (W), semakin rendah juga nilai kalor yang dihasilkan suatu sampel. Pada penelitian ini tidak terlihat perbedaan nilai kalor yang signifikan pada setiap kedalaman. Tetapi nilai kalor yang tertinggi terdapat pada hasil uji cuplikan material sampah combustible Zona Aktif II TPA Jatibarang pada kedalaman 1-2 m.

### 3.2 Analisis Potensi Sampah Sebagai Bahan Baku RDF

Salah satu alternatif pengolahan sampah kota, terkait dengan konsep *waste to energi* adalah pembuatan *refuse derived fuel* (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 [8]. Pada proses pembuatannya, dilakukan pengolahan pendahuluan berupa penyisihan sampah yang tidak terbakar, pencacahan dan pembuatan *pellet*/pil RDF. Pada saat pembuatan *pellet*, sampah dipadatkan kemudian dibentuk menjadi pil dengan ukuran tertentu. Pada saat pemadatan ini, kadar air dari sampah berkurang, dan nilai kadar volatil otomatis bertambah. Turunnya kadar air ini juga mengakibatkan kenaikan nilai kalor. Oleh karena proses pemadatan merupakan proses secara fisik, maka karakteristik kimiawi sampah tidak berubah ketika dibentuk menjadi RDF.

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 [2]. Sedangkan nilai hasil uji material sampah combustible Zona Aktif II TPA Jatibarang berada pada 5-6,2 kkal/ton. sehingga cuplikan sampah tersebut dapat memenuhi kalor minimal untuk menjadikan suatu bahan menjadi bahan bakar atau sebagai sumber panas. Untuk meningkatkan nilai kalor dari material sampah kita masih perlu upaya untuk meningkatkan nilai kalor material tersebut yaitu: diperlukan upaya pengolahan pendahuluan, baik berupa pengeringan, pencacahan, maupun pembentukan sampah menjadi *pellet* RDF. Penggunaan RDF ini dapat menggantikan sumber energi tidak terbarukan yang sudah mulai habis dan digantikan dengan energi baru terbarukan dengan konsep *waste to energi*.

### 4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

- Nilai kalor material sampah combustible Zona aktif II TPA Jatibarang pada kedalaman 0-1 m adalah 5,69 kkal/ton ; pada kedalaman 1-2 m 6,07 kkal/ton; pada kedalaman 2-3 m 5,94 kkal/ton.
- Zona Aktif II TPA Jatibarang memiliki potensi sebagai bahan baku RDF (*refuse derived fuel*) sebagai salah satu sumber energi baru terbarukan terutama pada kedalaman 1-2 meter.

### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Indonesia. Jumlah Penduduk Kota Semarang (2016).

- [2]. Semarang, D. K. dan P. U. K. Timbulan Sampah Kota Semarang (2016).
- [3]. Damanhuri, E., & Padmi, T. (2016). *Pengelolaan Sampah Terpadu*.
- [4]. Daniel, C. S. (2013). Laporan Modul III , MG2212 Sampling dan Analisis Ayak.
- [5]. Hogland, W., Hogland, M., & Marques, M. (2010). Enhanced landfill mining: material recovery, energy utilisation and economics in the EU (Directive) perspective. *ELFM Symposium-Enhanced Landfill Mining and the Transition to Sustainable Materials Management*. Retrieved from [http://www.elfm.eu/Uploads/ELFM/FILE\\_79F81D49-34DC-4B5B-9BFC-5E5101CE7520.PDF](http://www.elfm.eu/Uploads/ELFM/FILE_79F81D49-34DC-4B5B-9BFC-5E5101CE7520.PDF)
- [6]. Manfredi, S., & Christensen, T. H. (2009). Environmental assessment of solid waste landfilling technologies by means of LCA-modeling. *Waste Management*, 29(1), 32–43. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.02.021>
- [7]. Novita, D. M., Studi, P., & Lingkungan, T. (2010). Dalam Konsep Waste To Energy Heating Value Based on Composition and Characteristics of Municipal Solid Waste in, 16(2), 103–114.
- [8]. Visvanathan, C., Norbu, T., Chiemchaisri, C., & Charnnok, B. (2007). Applying Mechanical Pre-Treatment and Landfill Mining Approach in Recovering Refuse Derived Fuel ( RDF ) from Dumpsite Waste : Thailand Case Study Municipal solid waste disposal site : Nonthaburi dumpsite. *International Symposium MBT*, (June 2017), 385–396.
- [9]. Wolfsberger, T., Nispel, J., Sarc, R., Aldrian, A., Hermann, R., Höllen, D., ... Ragossnig, A. (2015). Landfill mining: Development of a theoretical method for a preliminary estimate of the raw material potential of landfill sites. *Waste Management & Research*, 33(7), 671–680. <https://doi.org/10.1177/0734242X15590473>.
- [10]. Sokhansanj, S. (2011). The Effect of Moisture on Heating Values. *Biomass Energy Data Book*. Retrieved from <http://cta.ornl.gov/bedb>.
- [11]. Prof, T. S., Nasution, R., Fakultas, S. K. M., Masyarakat, K., Sumatera, U., Pendahuluan, U. I., Dalam, D. (2003). "Populasi Infinit," 1–7.
- [12]. Semarang, D. K. dan P. U. K. Timbulan Sampah Kota Semarang (2016).