

## **POTENSI ENERGI SAMPAH RUMAH TANGGA HASIL PEMBAKARAN INSENERATOR SISTEM KONTINYU**

Subagiyo<sup>1</sup>; Eko Naryono<sup>2</sup>; Sandra Santoso<sup>3</sup>; dan Bambang irawan<sup>4</sup>

<sup>1,4</sup> Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang

<sup>2,3</sup> Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang

*E-mail : bagpoltek50@gmail.com*

### **ABSTRACT**

The combustion process is one of the alternative methods of processing waste are effectively used in the processing of household organic waste. In this study used a continuous combustion incinerator system, with a flow rate of garbage 10 kg / h and a water content of 15% by the air blast rate of 1,5 - 2,5 liters / sec. Heat of combustion is used to heat water in a boiler that is monitored / measured temperature and vapor pressure. This study aimed to obtain characterization Heating (temperature vs. time) and the potential energy that can be used to heat water in a kettle containing 5 liters of water with warming from the burning of household organic waste experimentally. Based on visual observation and temperature measurement, combustion of household organic waste can produce a continuous burning about 30 minutes, and the temperature between 350-400oC on the outer side walls of the boiler / closest to the combustion chamber, the water in the kettle boiling (100 ° C) after about 25 minutes, from the observed data can be calculated energy that can be utilized for heating is from about 5000 KJ of energy generated from waste incineration, 2000 to 3000 KJ can be used for heating water in a 5 liter boiler.

Keywords: Potential energy, household waste, incinerator, the system continuously.

### **1. PENDAHULUAN**

Kota Malang mempunyai permasalahan pada pengelolaan sampah padat hasil buangan rumah tangga sejalan dengan semakin bertambahnya penduduk, urbanisasi dan terbatasnya lahan untuk tempat pembuangan akhir. Berdasarkan data dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan (DKP) kota Malang volume rata rata sampah tiap bulan bervariasi pada rentang 21000 m<sup>3</sup> sampai 28000m<sup>3</sup> dengan rincian sampah rumah tangga 19000 m<sup>3</sup> hingga 25000 m<sup>3</sup> , sampah pasar 2000 m<sup>3</sup> hingga 5000 m<sup>3</sup> sedangkan sampah industri dan pertamanan volumenya relatif

kecil. Pengelolaan sebagian besar menggunakan sistem ditimbun pada lahan terbuka ( *open dumping* ) hanya sebagian kecil sekitar 2% yang didaur ulang untuk kompos dan dimanfaatkan kembali. Sisa sampah yang belum dimanfaatkan sangat besar yang pada jangka panjang apabila tidak dilakukan penanganan dengan baik dapat menimbulkan permasalahan lingkungan dan penyediaan lahan tempat pembuangan.

Komponen sampah padat kota Malang yang belum dimanfaatkan hampir 75% merupakan sampah rumah tangga yang terdiri dari beragam jenis campuran yaitu kayu, daun, makanan, plastik, kertas, tekstil dan campuran komponen lain. Sampah ini ditimbun pada lahan terbuka tanpa diolah terlebih dahulu. Semakin lama volume sampah semakin besar sehingga membutuhkan lahan tempat pembuangan akhir (TPA) yang semakin luas. Selain itu pengelolaan sistem ini mempunyai potensi menghasilkan bahan B3 yaitu lindi ( *leachet* ), gas metana ( $\text{CH}_4$ ), sulfur dioksida yang sulit untuk dikontrol. Untuk itu diperlukan pemikiran alternatif proses pengolahan sampah padat ini guna meminimalisasi penyediaan lahan TPA dan dampak terhadap lingkungan.

Salah satu alternatif pengolahan yang efektif digunakan adalah proses pengolahan secara termal untuk menghasilkan energi panas. Sistem ini mempunyai kelebihan dibandingkan dengan pengolahan komposting, landfill maupun *open dumping*. Kelebihan pengolahan termal adalah membutuhkan waktu yang lebih singkat untuk menguraikan sampah padat dibandingkan ketiga sistem tersebut. Proses pembakaran mampu mengurangi volume sampah sampai 90% sedangkan komposting, *landfill* dan *open dumping* hanya mampu menurunkan volume sebesar 40% (Oppelt, T.E; 2003). Produk yang dihasilkan sistem ini berupa energi panas yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi .

Pada penerapannya pengolahan termal mempunyai kelemahan yaitu berpotensi menghasilkan gas buang yang dikategorikan sebagai bahan buangan berbahaya (B3) yaitu *particulate matter* (PM),  $\text{SO}_2$ , CO,  $\text{CO}_2$ , HCl, dioksin, furan dan logam berat. Terbentuknya bahan tersebut dipengaruhi jenis komponen sampah, proses pembakaran yang tidak sempurna (Chang, 2007) dan sistem

pembakaran yang digunakan. Sistem pembakaran konvensional menghasilkan 10-30% dari jumlah awal berupa particulate matter, fly ash dan bottom ash. Partikel padat ini mengandung hampir 60% jelaga (*shoot*) yang berbahaya bagi kesehatan apabila terhisap melalui pernafasan.

Pada pengolahan termal terbentuknya bahan B3 pada gas buang perlu diminimalisasi sampai mencapai ambang batas yang diperbolehkan. Beberapa metode dapat dilakukan untuk menurunkan B3 antara lain melakukan perlakuan (*treatment*) pada gas buang dengan cara menangkap PM, menyerap gas buang dengan *scrubber* dan membakar ulang gas buang pada pembakaran skunder.

Sampai saat ini telah banyak publikasi penelitian tentang berbagai teknik dan strategi untuk memperbaiki kualitas emisi gas buang pada proses pembakaran sampah kota MSW (*Municipal Solid Waste*) antara lain (Caballerro; 1997, Chang; 1998, Gordon; 2002 dan Liu; 2005). Namun belum ada penelitian yang dapat memberikan informasi tentang strategi perbaikan kualitas emisi gas buang dengan metode mengontrol pembentukan jelaga pada proses pembakaran sampah rumah tangga. Menurut penelitian Jinliang (1996) penyebab terbentuknya jelaga pada pirolisa batubara adalah terbentuknya tar yang mengalami reaksi pembakaran. Berdasarkan penelitian tersebut, diharapkan fenomena ini berlaku pada pirolisa sampah sehingga dapat digunakan sebagai dasar untuk mengontrol terbentuknya jelaga pada pembakaran sampah organik rumah tangga.

Pada penelitian ini akan dipelajari kualitas gas buang pembakaran arang hasil pirolisa sampah organik rumah tangga setelah tar yang terbentuk dipisahkan terlebih dahulu dengan cara dikondensasikan. Sampah organik yang digunakan diperoleh dari hasil pemilahan sampah rumah tangga. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar perancangan peralatan pembakar sampah ramah lingkungan.

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui karakteristik pemanasan hasil pembakaran sampah untuk pemanasan ketel pada incenerator system kontinyu.

2. Mengetahui besarnya energi panas yang dapat dimanfaatkan untuk pesawat pemanas atau yang lainnya dari hasil pembakaran sampah organik dengan incinerator system kontinyu.

## 2. METODE DAN BAHAN PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan menggunakan peralatan insenerator sistem kontinyu dengan kapasitas 10 Kg/jam, skema rancangan susunan gambar peralatan diperlihatkan pada gambar 2.1.

### 2.1 Bahan yang Digunakan

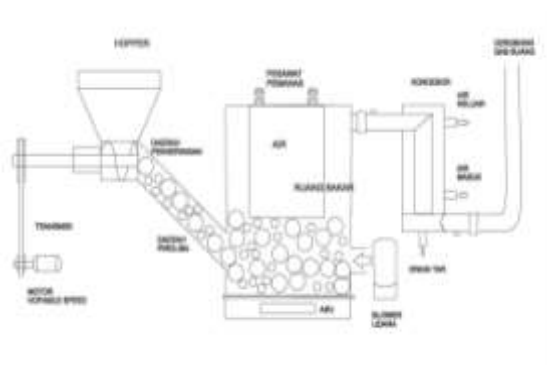
Bahan yang digunakan untuk percobaan dan analisa tertera pada tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.1. Jenis bahan yang dipakai

| No | Nama Bahan          | Spesifikasi |
|----|---------------------|-------------|
| 1  | Sampah rumah tangga | —           |
| 2  | Asam asetat         | pa          |
| 3  | NaOH                | pa          |
| 4  | Asam Sulfat         | pa          |
| 5  | Hidrogen peroksida  | pa          |

### 2.2 Rancangan susunan peralatan

Susunan peralatan yang digunakan untuk percobaan pemanfaatan energi panas hasil pembakaran sampah rumah tangga direnankan seperti terlihat pada gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1. Susunan peralatan percobaan

### 2.3. Prosedur Percobaan

Eksperimen dibagi menjadi tiga tahap yaitu persiapan bahan baku, pembakaran sampah dan analisa gas buang.

**Persiapan bahan baku:** Bahan baku sampah diambil dari gerobak pengangkut di TPS Tlogo mas. Sampah mula mula dipilah antara bahan organik dan anorganik. Pengertian sampah anorganik adalah sampah yang tidak dapat didegradasi menggunakan proses biologi misalnya plastik, kertas koran, kain, ban, botol. Sampah organik adalah sampah yang dapat didegradasi secara biologi misalkan makanan, sayur, buah dan daun dari tanaman. Selanjutnya sampah organik ini dipotong potong dengan ukuran 2 cm, kemudian dikeringkan sampai kandungan airnya mencapai 15%.

**Pembakaran sampah :** Sampel sampah dimasukkan kedalam tungku pembakar oleh feeder, setelah proses pembakaran kemudian dipirolisa pada peralatan pembakar sampah seperti terlihat pada gambar 2.1 Uap dan gas buang didinginkan pada kondensor, sehingga tar yang terbentuk mengembun. Selanjutnya gas yang tidak mengembun dan telah terpisah dari tar dialirkan ke peralatan analisa gas untuk mengetahui komponen penyusun gas buang. Arang sisa pembakaran kemudian dibakar dan gas buang yang terbentuk dianalisa komponen penyusunnya,

**Analisis gas buang :** Analisa gas buang dilakukan menggunakan gas analyser untuk mengetahui komponen CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> dan HC sedangkan *particulate matter* dianalisa dengan cara penimbangan. Gas buang yang dianalisa diambil dari jalur gas buang hasil pirolisa sampah dan pembakaran arang sisa pirolisa. Gas ini mula mula disaring untuk menangkap PM, kemudian dialirkan ke peralatan analiser gas.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil analisa komposisi sampah.

Hasil analisa komposisi sampah dapat dilihat pada tabel dan gambar –gambar berikut :

**Tabel 3.1.** Data hasil analisa komposisi sampah daun

| No | Komponen penyusun | %massa |
|----|-------------------|--------|
| 1  | Karbon            | 47,8   |
| 2  | Hidrogen          | 6      |
| 3  | Oksigen           | 38     |
| 4  | Nitrogen          | 3,4    |
| 5  | Sulfur            | 0,3    |
| 6  | Abu               | 4,5    |

### 3.2 Profil Temperatur pemanasan dinding ketel dengan jarak pembakaran bervariasi.

Temperatur pemanasan pada dinding ketel dengan jarak pemanasan yang berbeda dapat dilihat pada gambar 3.1, 3.2 dan 3.3, Kurva ini didapat dari pembakaran sampah dengan laju pengisian 10 kg/jam dengan tiupan udara 2,5 liter/detik dan air dalam ketel yang dipanaskan sebanyak 5 liter



Gambar 3.1 Profil Temperatur pemanasan dengan jarak 5 Cm dari pembakaran



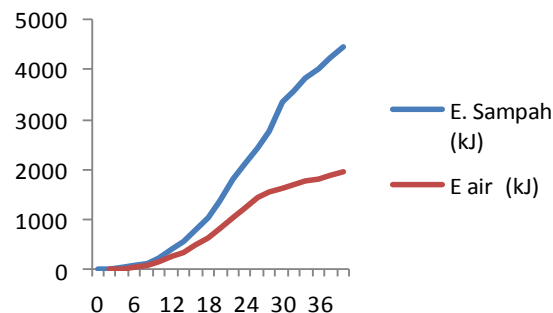
Gambar 3.2 Profil Temperatur pemanasan dengan jarak 10 Cm dari pembakaran



Gambar 3.3 Profil Temperatur pemanasan dengan jarak 15 Cm dari pembakaran

Dari hasil pembakaran sampah seperti terlihat pada kurva diatas energi yang dapat diserap oleh air didalam ketel dapat dilihat seperti berikut :

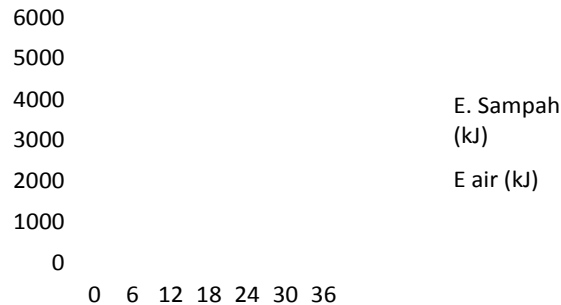
### 3.3 Penyerapan Energi panas oleh Air jarak 5 cm



Gambar 3.4 Grafik waktu vs energi

Penelitian eksperimen menunjukkan hasil bahwa ada penyerapan energi oleh air didalam proses pembakaran sampah pada jarak bejana 5 cm. Dari gambar 3.4 grafik waktu vs energi diatas, energi yang bisa diserap oleh air tergantung dari waktu pembakaran sampah, semakin lama pembakarannya akan semakin besar energi yang bisa diserap oleh air hal ini disebabkan karena pelepasan energi kalor sampah semakin lama semakin besar. Pada waktu sekitar 40 menit penyerapan energi panas oleh air sudah mulai stabil, energi yang bisa diserap sekitar 1947 kJ sedangkan energi yang dihasilkan oleh sampah sekitar 4475 kJ

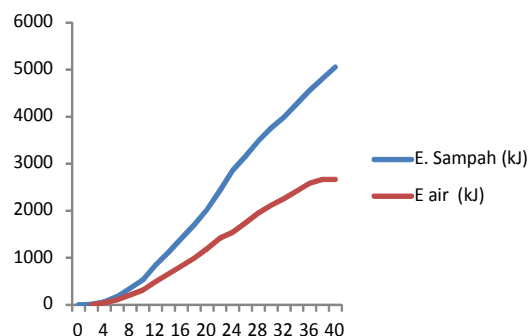
### 3.4 Penyerapan Energi panas oleh Air jarak 10 cm



Gambar 3.5 Grafik waktu vs energi

Penelitian eksperimen menunjukkan hasil bahwa ada penyerapan energi oleh air didalam proses pembakaran sampah pada jarak bejana 10 cm. Dari gambar 3.5 grafik waktu vs energi diatas, energi yang bisa diserap oleh air tergantung dari waktu pembakaran sampah, semakin lama pembakarannya akan semakin besar energi yang bisa diserap oleh air hal ini disebabkan karena pelepasan energi kalor sampah semakin lama semakin besar. Pada waktu sekitar 40 menit penyerapan energi panas oleh air sudah mulai stabil, energi yang bisa diserap sekitar 2460 kJ sedangkan energi yang dihasilkan oleh sampah sekitar 5091 kJ

### 3.5 Penyerapan Energi panas oleh Air jarak 15cm



Gambar 3.6 Grafik waktu vs energi

Penelitian eksperimen menunjukkan hasil bahwa ada penyerapan energi oleh air didalam proses pembakaran sampah pada jarak bejana 15 cm. Dari gambar 3.6 grafik waktu vs energi diatas, energi yang bisa diserap oleh air

tergantung dari waktu pembakaran sampah, semakin lama pembakarannya akan semakin besar energi yang bisa diserap oleh air hal ini disebabkan karena pelepasan energi kalor sampah semakin lama semakin besar. Pada waktu sekitar 40 menit penyerapan energi panas oleh air sudah mulai stabil, energi yang bisa diserap sekitar 2665 kJ sedangkan energi yang dihasilkan oleh sampah sekitar 5050 kJ

Dari ketiga gambar diatas menunjukkan bahwa semakin jauh tempat bejana air dengan posisi pembakaran sampah energi yang diserap oleh air semakin besar, hal ini disebabkan pembakaran sampahnya semakin sempurna, pembakaran sampah lebih sempurna karena ada waktu dan ruang yang cukup untuk menyempurnakan pembakaran sampah. Bisa dilihat pada jarak 5 cm pembakaran sampahnya kurang baik karena waktu dan ruang pembakaran kurang besar.

Dengan adanya transfer energi dari pembakaran sampah ke air yang cukup besar maka sampah organik bisa dijadikan energi alternatif yang terbarukan.

#### **4. Kesimpulan**

Dengan laju alir sampah 10 kg/jam dan laju alir udara tiup 2,5 liter, temperature steady diperoleh setelah waktu 30 menit, air mendidih ( temperature  $100^{\circ}\text{C}$  ) setelah 25 menit. Dari hasil pembakaran sampah ini Energi yang dapat diserap oleh air dalam ketel adalah:

1. Untuk jarak ketel dengan pembakaran 5 cm diperoleh 1947 KJ, dari yang dihasilkan sampah sekitar 4475 KJ.
2. Untuk jarak ketel dengan pembakaran 10 cm diperoleh 2460 KJ, dari yang dihasilkan sampah sekitar 5091 KJ.
3. Untuk jarak ketel dengan pembakaran 15 cm diperoleh 2665 KJ, Dari yang dihasilkan sampah sekitar 5050 KJ.

Dari hasil diatas dapat dijelaskan bahawa semakin dekat ketel dengan jarak pembakaran energi yang dihasilkan sampah dan yang dapat diserap air semakin kecil, dan jika jarak ketel semakin jauh energi yang dihasilkan sampah mendekati stabil dan energi yang dapat diserap air meningkat sampai jarak 15 cm, dan jarak maksimum belum diketahui.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alter H, 1981, "Processing and Reuse of Municipal Waste for Energy Production", *Resources and Conservation*, 7, pp 327-335
- Chang, D.P.Y; 1996, "Chlorine in waste combustion", *Waste and Hazardous Materials* ; 13(1)
- Caballero, J.A; Marcilla, A; Front, R; Conesa, JA; 1997, "Characterisation of sludges primary and secondary pyrolysis", *J. Anal. Applied Pyrolysis*; 4041; pp 433-450
- Chang, YF; Lin, CJ; Chyan, J.M; Chen I.M; Chang, JE; 2007, "Multiple regression models for the lower heating value of municipal solid waste in Taiwan", *Journal of Environmental Management*, 85, pp 891- 899.
- Cheng, H; Hu, Y; 2010, "Municipal solid waste (MSW) as renewable source of energy current and future practices in China," *Bioresour Technology* 101 , pp 3816- 3824.
- Jenkins, B.M; Baxterr, L.L; Miles Jr, T.R; Miles, TR; 1998, "Combustion properties of biomass" *Fuel Processing Technology* 54, pp 17 – 46.
- Jinliang, Ma; 1996 " Soot Formation During Coal Pyrolysis", A Dissertation , Department of Chemical Engineering, Brigham Young University
- Johnsson, J.E; 1994, "Formation and reduction of Nitrogen Oxides in fluidized bed combustion" *Fuel*; 73(9); pp 1398-141.
- Liu, YA; Liu, YU; 2005, "Novel incineration technology integrated with drying, pyrolysis, gasification, and combustion of MSW and ashes vitrification", *Environmental Science Technology* 39 , pp 3855- 3863.
- Lee, C.C, YA; Lin, SD; 2007, "Handbook of environmental engineering calculations", 2<sup>nd</sup> edition 39 , Mc. Graw- Hill Companies.
- Lewis W Roland, Perumal Nithiarasu, Kankanhalli N. Seetharamu, 2004, "Fundamentals of the Finite Element Method for Heat and Fluid Flow", Copyright 2004 John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England,
- Qing Zang D, Jing He P, Ming Shao L (2009) "Potential gases emissions from the combustion of municipal solid waste by bio-drying ", *Journal of Hazardous Materials* 158, pp 1497-1503
- Werther, J; Ogada, T; 1999 "Sewage sludge combustion ", *Progress in energy and combustion Science* 25, pp 55-116.
- Yanwen Guan; Siyi Luo, Shiming Liu; Bo Xiao, Lei Cai 2009 "Steam catalytic gasification of municipal solid waste for producing tar-free fuels .