

# Pengolahan Sampah secara Pirolisis dengan Variasi Rasio Komposisi Sampah dan Jenis Plastik

Qonita Rachmawati dan Welly Herumurti

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

*e-mail:* herumurti@enviro.its.ac.id

**Abstrak**— Pada tahun 2012, sampah yang dihasilkan sebesar 1200 ton/hari. Jika permasalahan sampah di Kota Surabaya tidak ditangani dengan baik maka akan menimbulkan beberapa masalah antara lain: masalah kesehatan dan masalah kebersihan. Oleh karena itu, diperlukan metode yang dapat mengolah sampah namun tidak menimbulkan masalah baru lainnya. Salah satu metode pengolahan sampah yang telah dikembangkan, yaitu metode pirolisis. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh jenis plastik dan komposisi terhadap produk hasil pirolisis. Pada penelitian ini digunakan reaktor dengan kapasitas 500 g yang berbahan *stainless steel*. Variabel yang digunakan yaitu jenis sampah plastik dan komposisi sampah. Jenis sampah yang digunakan yaitu sampah plastik HDPE (*High Density Polyethylene*), PET (*Poly Ethylene Terephthalate*), dan PS (*Poly Styrene*). Komposisi sampah yang digunakan antara lain: 100:0, 75:25, dan 50:50. Temperatur yang digunakan pada reaktor yaitu 500°C dengan waktu 30 menit. Penelitian dimulai dari persiapan bahan uji, persiapan reaktor, percobaan pendahuluan, dan penelitian dengan reaktor pirolisis. Selanjutnya dilakukan analisis untuk masing-masing hasil produk. Penelitian ini jenis sampah plastik yang menghasilkan gas tertinggi yaitu jenis plastik PET sebesar 45,40% dan jenis plastik yang menghasilkan *wax* tertinggi yaitu jenis plastik HDPE sebesar 69,91%. Sedangkan komposisi yang menghasilkan gas tertinggi yaitu komposisi dengan ranting 25% dan PET 75% sebesar 71,24% dan komposisi yang menghasilkan *wax* tertinggi yaitu komposisi dengan ranting 25% dan PS 75% sebesar 61,36%.

**Kata Kunci**—gas, komposisi, minyak, padatan, pirolisis, plastik.

## I. PENDAHULUAN

Menurut Status Lingkungan Hidup Daerah (SLHD) Kota Surabaya (2013), volume sampah yang masuk ke TPA sebesar 10.000 m<sup>3</sup>/hari. Timbulan sampah kota Surabaya tahun 2011 dengan jumlah rumah tangga 806.794 yaitu 1200 ton/hari. Komposisi sampah di Surabaya antara lain: sampah organik 79,19%, sampah kertas 8,6%, sampah plastik 1,64 % logam 1,11% kayu dan 9,46% lain-lain [1].

Berdasarkan data tersebut, sampah yang dihasilkan bukan dalam jumlah yang sedikit. Sampah tersebut harus dapat ditangani dengan baik dan benar. Sampah merupakan salah satu sumber penyakit. Secara langsung/terbuka sampah adalah tempat bersarangnya parasit, bakteri, dan patogen. Secara tidak langsung sampah merupakan tempat vektor pembawa

penyakit seperti kecoa, nyamuk, dan lalat. Penyakit yang dapat ditimbulkan antara lain: diare, disentri, cacing, dan demam berdarah.

Salah satu metode pengolahan sampah yang dapat digunakan untuk mereduksi sampah adalah metode pirolisis. Metode pirolisis dapat digunakan untuk mengolah sampah yang berasal dari rumah tangga, seperti: sampah campuran/makanan, sampah buah dan sayur, sampah kertas, sampah plastik, dan sampah tekstil. Pengolahan sampah dengan pirolisis rata-rata menghasilkan 52,2% *wax*, 25,2% char/residu, 22,6% gas. Penelitian tersebut menyebutkan bahwa metode pirolisis dapat merubah sampah menjadi bahan bakar [2]. Cairan yang dihasilkan dari proses pirolisis merupakan campuran kompleks senyawa organik antara lain stirena, etil-benzena, toluena, dan lain-lain. Proses pirolisis menghasilkan padatan yang mengandung char/residu dan bahan anorganik yang terkandung dalam bahan baku. Selain itu, pirolisis menghasilkan gas yang terdiri dari hidrokarbon, CO dan CO<sub>2</sub> yang memiliki nilai kalor yang tinggi [3].

Pirolisis merupakan salah satu pengolahan sampah yang dapat mengurangi berat dan volume sampah, serta menghasilkan produk yang lain, antara lain: (I) gas yang mengandung nilai kalori rendah hingga sedang, sehingga dapat digunakan untuk bahan bakar alternatif; (II) char/residu hasil pembakaran sampah yang mengandung nilai kalori tinggi, dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif; (III) *wax* yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif dan merupakan sumber dari bahan kimia, selain itu juga proses tersebut akan menghasilkan air yang mengandung bahan-bahan organik [4].

## II. URAIAN PENELITIAN

### A. Analisis Karakteristik Awal

Pada penelitian pendahuluan dilakukan analisis karakteristik sampah awal yaitu dengan analisis *proximate*. Analisis *proximate* dilakukan dengan menghitung kadar air, abu, *volatile solid* dengan metode gravimetri. Analisis *proximate* dilakukan di Laboratorium Pemulihan Air Jurusan Teknik Lingkungan, ITS.

Tabel 1 Karakteristik Sampah Awal

Jenis Analisis	Jenis Sampah	Parameter	Satuan (w/w)	Nilai
Proximate Analysis	HDPE	Kadar Air	%	0,52
		Volatile Solid	%	82,22
		Kadar Abu	%	17,78
		Nilai Kalor	kal/g	9.192
	PET	Kadar Air	%	0,35
		Volatile Solid	%	99,93
		Kadar Abu	%	0,07
	PS	Nilai Kalor	kal/g	5.399
		Kadar Air	%	0,47
		Volatile Solid	%	96,99
	Ranting	Kadar Abu	%	3,01
		Nilai Kalor	kal/g	10.847
Kadar Air		%	9,95	
	Ranting	Volatile Solid	%	95,50
		Kadar Abu	%	4,50

#### B. Tahap Persiapan Bahan Uji

Pada penelitian ini ukuran partikel sampah yang akan digunakan sekitar 2-5 mm, dengan kadar air <10%. Pengurangan kadar air terhadap bahan baku sampah yang akan digunakan dapat dilakukan dengan cara pengeringan menggunakan sinar matahari dan oven. Selanjutnya dilakukan uji kadar air menggunakan analisis *proximate*. Berat sampah yang digunakan pada penelitian ini sebesar 500 g.

#### C. Penelitian Pirolisis Jenis Plastik

Dalam penelitian ini akan digunakan variabel yaitu jenis sampah plastik dan sampah ranting yang akan digunakan, yaitu:

- Sampah plastik HDPE (*High Density Polyethylene*), PET (*Poly Ethylene Terephthalate*), PS (*Poly Styrene*).
- Sampah kebun yang digunakan berupa sampah ranting. Sampah plastik yang digunakan memiliki kandungan hemiselulosa dan selulosa yang dapat terdekomposisi pada temperatur antara 300°C-500°C. Pada perbandingan 100:0 sampah plastik yang digunakan sebesar 30 g dan 500 g. Pada tahap ini akan dilakukan pirolisis pada jenis plastik.

#### D. Analisis Karakteristik Akhir Sampah

Pada penelitian ini, dilakukan karakteristik sampah akhir menggunakan analisis *proximate*. Analisis *proximate* dilakukan dengan menghitung kadar air, abu, *volatile solid* dengan metode gravimetri. Analisis *proximate* dilakukan di Laboratorium Pemulihan Air Jurusan Teknik Lingkungan, ITS.

### III. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### A. Penelitian Pirolisis Bahan Plastik

Pada penelitian ini dilakukan perhitungan terhadap hasil pirolisis dengan beberapa variasi sampel plastik. Perhitungan massa masing-masing sampel dilakukan di awal untuk menentukan massa yang dilakukan pirolisis dan perhitungan dilakukan di akhir untuk menentukan jumlah produk samping yang dihasilkan dari masing-masing jenis plastik. Pirolisis dilakukan pada temperatur 500°C karena masing-masing jenis plastik HDPE, PET, dan PS dapat terdekomposisi yaitu 495°C, 480°C, dan 420°C [5].

#### B. Hasil Pirolisis Char dan Wax

Plastik HDPE memiliki titik leleh 200°C-280°C dan dapat terdekomposisi pada suhu 495°C. Sampel plastik HDPE yang telah dipirolisis menghasilkan *char* yang mengandung *paraffins* dan *1-olefins*. *Paraffins* mengandung hidrokarbon rantai panjang yang biasanya terdapat pada bahan bakar. *Paraffins* berbentuk seperti lilin yang berwujud pada temperatur ruangan dan memiliki titik leleh >370°C. Padatan hasil HDPE apabila dilakukan pengolahan lanjutan dapat digunakan sebagai bahan bakar padat alternatif [6]. Pada fase cair/*wax*, kandungan zat kimia terdiri dari benzena, toluena, naphthalena, dan zat aromatik lainnya (Jung dkk, 2006). Penelitian pirolisis menggunakan massa 500 gram menghasilkan gas 14,60%; *wax* 69,91%; dan *char* 15,49%. Literatur menyebutkan pirolisis dengan bahan HDPE yang dilakukan pada suhu 500°C menghasilkan gas 0,9%; *wax* 97,7%; dan *char* 0,8% [6].

Plastik PET memiliki titik leleh pada temperatur 250°C-260°C dan terdekomposisi pada temperatur 480°C. Penelitian pirolisis yang dilakukan tidak menghasilkan gas yang terkondensasi karena PET memiliki sifat dasar mudah menyublim. Produk *char* hasil pirolisis PET mengandung karbon sekitar 84,9%. Penelitian ini dengan massa 500 g menghasilkan gas 45,40%; *wax* 36,42%; dan *char* 18,18%. Berdasarkan penelitian sebelumnya, pirolisis dengan plastik PET menghasilkan gas 49,1%; *wax* 39,4%; dan *char* 12,8%. Pirolisis dengan bahan PET didominasi hasil gas karena sifat dasar kimia PET yang mudah menyublim.

PS memiliki titik leleh pada suhu 180°C – 260°C dan dapat terdekomposisi pada temperatur 420°C. Sampel plastik PS pada kandungan bahan bakunya didominasi oleh stirena. Pada penelitian pirolisis ini dengan massa 500 g menghasilkan gas 16,20%; *wax* 52,27%; dan *char* 31,53%. Pada penelitian ini, PS menghasilkan nilai *wax* yang tinggi sesuai dengan literatur. Pada penelitian sebelumnya pirolisis dengan bahan baku PS menghasilkan gas 0,02%; *wax* 99%; dan *char* 18,5% [6]. Oleh karena itu, pirolisis dengan bahan baku PS menghasilkan nilai *wax* tinggi yang dapat diolah menjadi bahan bakar alternatif.

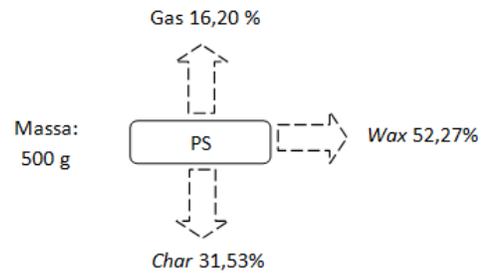
#### C. Hasil Pirolisis Gas dan Gas Terkondensasi

Jenis plastik HDPE menghasilkan gas tinggi pada saat temperatur tinggi dan menghasilkan *wax* tinggi apabila temperatur rendah. Komposisi gas yang terbentuk yaitu metana, etilen, etana, dan propana. Pada temperatur tinggi kandungan propana akan menurun dan gas metana serta etilen akan meningkat. Gas metana tertinggi terbentuk pada

temperatur 650°C dan 790°C sekitar 45%-55%. Pada fase cair, kandungan zat kimia terdiri dari benzena, toluena, naphthalena, dan zat aromatik lainnya.

Sampel plastik PET pada temperatur rendah didominasi oleh TPA (Terephthalic Acid), pada kondisi temperatur tinggi TPA akan terdekomposisi menjadi benzene, CO<sub>2</sub>, dan *benzoic acid*. TPA merupakan molekul yang terdiri dari benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) dan gugus karboksilat (COOH). Oleh karena itu, kandungan gas PET terdiri dari zat tersebut Berdasarkan penelitian tersebut, TPA yang terkandung dari PET bersifat menyublim, artinya molekul TPA secara cepat akan membentuk gas CO<sub>2</sub>, CO, dan CH<sub>4</sub> (Scheirs, 2006). Penelitian Jung dkk (2006), menyebutkan bahwa pirolisis dengan bahan PET pada temperatur 550°C menghasilkan gas H<sub>2</sub> 2,1%; CH<sub>4</sub> 1,8%; CO<sub>2</sub> 37,8%; CO 52,6%.

Dekomposisi PS menghasilkan gas terkondensasi cukup tinggi dan mengandung stirena, benzena, toluena, dan trimethylbenzena. Produk bahan bakar yang berasal dari PS mengandung zat aromatik tinggi dan nilai kalori tinggi [6]. Pada suhu pirolisis >700°C PS akan menghasilkan gas tinggi dibandingkan dengan hasil *wax*. Pada hasil gas mengandung monomer, dimers, dan trimers stirena.



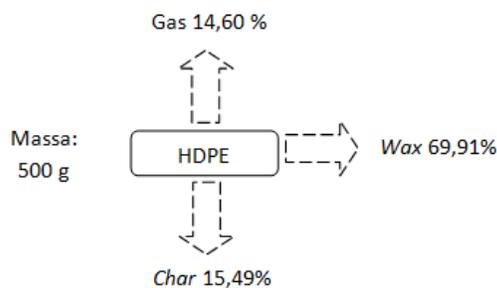
Gambar 3. Skema Pirolisis Plastik PS

#### IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

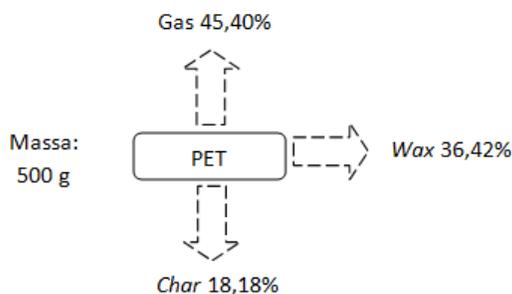
Kesimpulan dari penelitian ini, yaitu Jenis sampah plastik yang menghasilkan gas tertinggi yaitu jenis plastik PET sebesar 45,40% dan jenis plastik yang menghasilkan *wax* tertinggi yaitu jenis plastik HDPE sebesar 69,91%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pemerintah Republik Indonesia. *Status Lingkungan Hidup Kota Surabaya Tahun 2012*.
- [2] Ojolo, S. J., Bamgboye, A. I. 2005. *Agricultural Engineering International : the CIGR E Journal Fuel and Reduce Waste. Conversion of Municipal Solid Waste to Produce Fuel and Reduce Waste 7*.
- [3] López, A., Marco, I., Caballero, B. M., Laresgoiti, M. F., Adrados, A. 2010. *Waste Management. Pyrolysis of Municipal Plastic Waste: Influence of Raw Material Composition 30:620-627*.
- [4] Bridgwater, A. V. 1980. *Resource Recovery and Conservation. Waste Inceneration and Pyrolysis. 5(1):99-115*.
- [5] Caglar, A., Aydinli, B. 2009. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. Isothermal Co –Pyrolysis of Hazelnut Shell and Ultra High Molecular Weight Polyethylene : The Effect of Temperature and Composition on the Amount of Pyrolysis Products 86 : 304-309*.
- [6] Scheirs. 2006. *Pyrolysis of Plastic Waste: Engineering Principles And Issues*. McGraw Hill International Editions.



Gambar 1. Skema Pirolisis Plastik HDPE



Gambar 2. Skema Pirolisis Plastik PET