

## **PENGOLAHAN SAMPAH PLASTIK DAN KERTAS DI JURUSAN TEKNIK KIMIA DENGAN MENGGUNAKAN METODE DEKOMPOSISI TERMAL SISTEM *DIRECT***

Fina Rasyada, Shelly D.P. Agustin, Eko Naryono

Jurusan Teknik Kimia

finaarasyada@gmail.com, [eko.naryono@polinema.ac.id]

### **ABSTRAK**

Sampah merupakan permasalahan global yang dapat mencemari lingkungan. Indonesia memproduksi sebanyak 65 juta ton sampah pada tahun 2017, di Teknik Kimia Politeknik Negeri Malang memproduksi campuran sampah plastik dan kertas sebanyak  $\pm 30$  kg per hari. Pengolahan sampah plastik dan kertas dapat dilakukan dengan metode dekomposisi termal. Dekomposisi termal adalah proses perubahan senyawa kimia kompleks menjadi senyawa kimia yang lebih sederhana yang disebabkan adanya panas. Tahapan proses dalam degradasi termal adalah *drying*, pirolisis, gasifikasi dan pembakaran. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh laju alir udara dan pengaruh perbandingan rasio kertas plastik terhadap energi panas yang dihasilkan yang dapat digunakan untuk memanaskan air. Variabel yang digunakan adalah rasio massa kertas : plastik yaitu 1:4, 1:3, 1:2, 1:1 dengan variabel laju alir udara 2 L/min, 3 L/min, 4 L/min, 5 L/min, 6 L/min. Laju alir udara yang terbaik dalam proses dekomposisi termal adalah 6 L/min dengan rasio 1:4 yang dapat memanaskan air hingga temperatur  $90^{\circ}\text{C}$ .

**Kata Kunci:** *dekomposisi termal, gasifikasi, plastik, kertas*

### **ABSTRACT**

*Waste is a global problem that can pollute the environment. Indonesia it produces 65 million tons of waste in 2017, in the chemical engineering State Polytechnic of Malang produces a mixture of plastic and paper produces  $\pm 30$  kg per day. This plastic and paper waste can be processed using the thermal decomposition method. Thermal decomposition is the process of changing complex chemical compounds into simpler chemical compounds caused by heat. The stages of the process in thermal degradation are drying, pyrolysis, gasification and combustion. This research produces heat energy that can be used to heat water with the aim of knowing the effect of air flow rate and the effect of comparison of the ratio of plastic paper to heat energy produced. The variables used are the ratio of paper: plastic which is 1: 4, 1: 3, 1: 2, 1: 1 and air flow rate with variable 2 L/ min, 3 L/ min, 4 L/ min, 5 L/min, 6 L/min. The best air flow rate in the water heating process is 3 L/min with a ratio of 1:4 which can heat water to a temperature of  $90^{\circ}\text{C}$ .*

**Keywords:** *gasification, plastic and paper, thermal decomposition*

## 1. PENDAHULUAN

Sampah merupakan permasalahan global yang dapat mencemari lingkungan. Indonesia memproduksi sebanyak 65 juta ton sampah pada tahun 2017, di teknik kimia Politeknik Negeri Malang memproduksi  $\pm 30$  kg per hari. Sampah plastik dan kertas dapat diolah dengan menggunakan metode dekomposisi termal. Penelitian ini merujuk pada penelitian terdahulu yang berjudul “pengaruh kecepatan udara pada tungku gasifikasi tipe *inverted downdraft* terhadap waktu pendidihan dengan berbagai jenis biomassa umpan” [1]. Metode dekomposisi termal terjadi pada 4 tahapan proses yaitu *drying*, pirolisis, gasifikasi dan *combustion*.

### 1. *Drying* (Pengeringan)

Proses penghilangan kandungan air pada sampah plastik dan kertas yang terjadi pada rentang suhu  $100^{\circ}\text{C} - 200^{\circ}\text{C}$  Pada proses *drying* ini tidak terjadi reaksi kimia.

### 2. Gasifikasi

merupakan suatu proses kimia untuk mengubah material yang mengandung karbon menjadi gas mampu bakar. Gas hasil gasifikasi ini dapat digunakan untuk berbagai keperluan sebagai sumber bahan bakar, seperti untuk menjalankan mesin pembakaran, digunakan untuk memasak sebagai bahan bakar kompor, ataupun digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik sederhana [2].

### 3. Pirolisis

Pirolisis adalah dekomposisi senyawa kimia melalui proses pemanasan menggunakan  $\text{O}_2$  yang terbatas, dimana bahan akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas [3]. Proses pirolisis akan menghasilkan produk berupa *syngas* yang tidak dapat dikondensasi, liquid (bio-oil) yang dapat digunakan sebagai campuran dalam bahan bakar, dan car (bio-arang) yang dapat digunakan untuk bahan baku penghasil gas pada metode gasifikasi.

### 4. *Combustion* (pembakaran)

Pembakaran merupakan oksidasi bahan bakar yang menghasilkan panas dan cahaya hal ini ditandai dengan terbentuknya api, pembakaran dapat terjadi jika dilakukan dengan udara yang berlebih. Hasil pembakaran utama adalah karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ), uap air dan hasil pembakaran juga menghasilkan uap (*ash*), karbonmonoksida tergantung dari jenis bahan yang digunakan [4].

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan menggunakan reaktor tipe *updraft* yaitu dengan cara memanaskan sampah plastik dan kertas yang diletakan didalam reaktor menggunakan kompor dengan laju alir udara yang diinginkan. Pada proses dekomposisi termal sampah plastik dan kertas akan menguap dan menghasilkan bahan volatil yang digunakan untuk memanaskan air. Pada proses pemanasan air temperatur air dapat diamati menggunakan termometer dan temperatur air dicatat setiap interval waktu 3 menit. Pada proses ini temperatur reaktor juga mempengaruhi produk dari proses dekomposisi termal sehingga diperlukan data temperatur reaktor yang dapat diamati menggunakan *thermocouple* dan temperatur reaktor dicatat dengan interval waktu 3 menit. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental untuk mengetahui pengaruh laju alir udara dan pengaruh rasio pada proses dekomposisi termal sehingga variabel laju alir udara yang digunakan adalah 2 L/min, 3 L/min,

4 L/min, 5 L/min, 6 L/min dan rasio massa kertas : plastik yaitu 1:4, 1:3, 1:2, 1:1. Parameter temperature reaktor, temperatur pemanasan air dan waktu yang diperoleh akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik yang mengkorelasikan temperatur pemanasan air terhadap waktu dan temperatur reaktor terhadap waktu.



**Gambar 1.** Reaktor *Updraft*

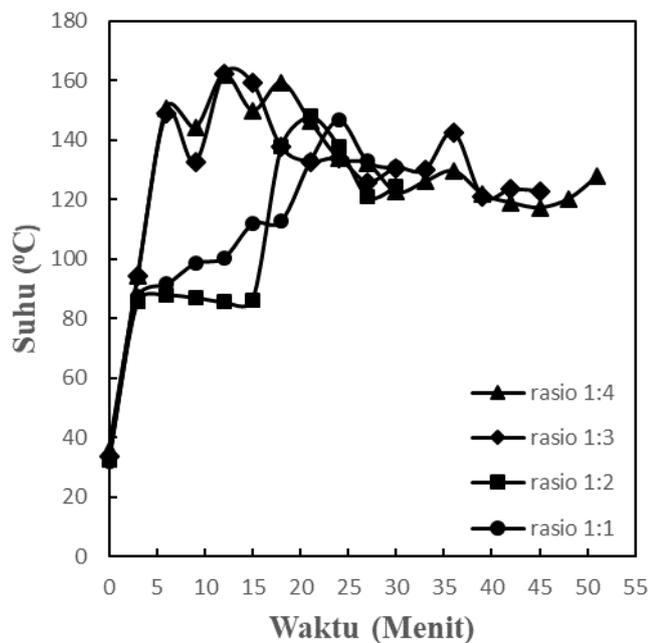
Keterangan:

- 1 = Kran keluar gas
- 2 = Laju alir udara
- 3 = Tempat plastic dan kertas
- 4 = *Thermocouple*
- 5 = Perforasi dasar reaktor

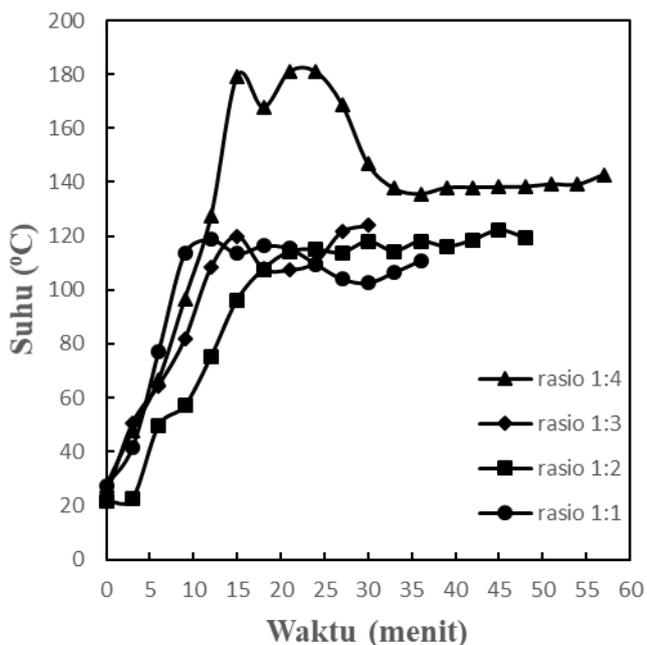
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Karakteristik Suhu Reaktor

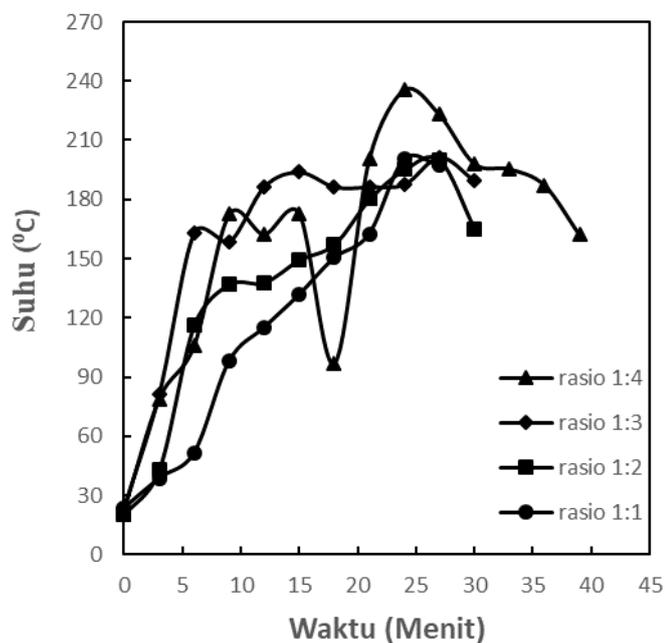
Karakteristik suhu selama proses pada penelitian ini bervariasi tergantung pada rasio plastik dan kertas. Profil suhu proses ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



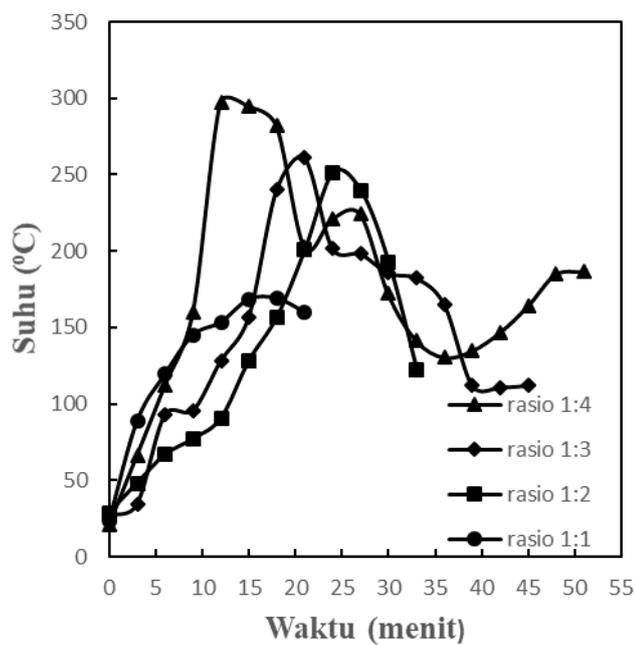
Gambar 2. Profil suhu proses pemanasan selama proses pemanasan selama 55 menit pada laju alir 2 L/min



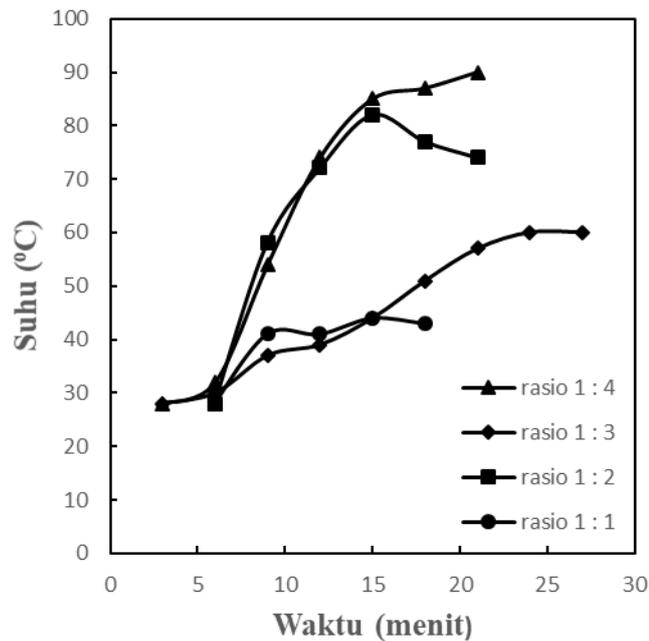
Gambar 3. Profil suhu proses pemanasan selama proses pemanasan selama 60 menit pada laju alir 3 L/min



**Gambar 4.** Profil suhu proses pemanasan selama proses pemanasan selama 45 menit pada laju alir 4 L/min



**Gambar 5.** Profil suhu proses pemanasan selama proses pemanasan selama 45 menit pada laju alir 5 L/min



**Gambar 6.** Profil suhu proses pemanasan selama proses pemanasan selama 30 menit pada laju alir 6 L/min

Dari kelima profil suhu reaktor tersebut dapat ditunjukkan proses dekomposisi termal yang terjadi adalah tahap pirolisis, yang ditunjukkan pada data suhu reaktor yang kurang dari 500 °C. Hal ini dapat dibuktikan oleh penelitian yang melakukan percobaan menggunakan bahan baku plastik dengan berbagai jenis yaitu: PETE, PP, HDPE, PVC dan LDPE yang menghasilkan produk berupa bahan bakar minyak (BBM) dengan rentang suhu reaktor tahap pirolisis berkisar pada 100 °C - 200 °C [3]. Pada proses pirolisis kayu produk yang dihasilkan adalah arang, karbon aktif, methanol dan bahan kimia lainnya. Pada pirolisis limbah kayu dan bambu dapat menghasilkan produk berupa asam asetat dengan rentang suhu reaktor 100 °C - 500 °C [5].

### 3.2 Pengaruh Laju Alir Udara Terhadap Suhu Reaktor

Pada rasio perbandingan plastik dan kertas 1:1, 1:2, 1:3 dan 1:4 yang memiliki suhu tertinggi adalah 1:4 baik pada laju alir udara 2 L/min, 3 L/min, 4 L/min, 5 L/min, dan 6 L/min. Rata-rata suhu reaktor pada rasio 1:4 dengan laju alir udara 2 L/min adalah 127,40 °C, pada laju alir udara 3 L/min adalah 131,48 °C, pada laju alir udara 4 L/min adalah 158,15 °C, pada laju alir udara 5 L/min adalah 174,51 °C dan pada laju alir udara 6 L/min adalah 299,62 °C. Hal ini menunjukkan bahwa laju alir udara berpengaruh terhadap proses dekomposisi termal, semakin besar laju alir udara maka semakin tinggi suhu reaktor. Hal ini dapat dibuktikan dari Gambar 4.6 profil pengaruh laju alir udara terhadap suhu reaktor, yang menunjukkan terdapat 2 daerah diatas kondisi stoikiometri yaitu daerah *deficient air* dan *excess air*. Pada saat kondisi udara mencapai titik kesetimbangan maka terjadi kenaikan suhu reaktor, dan pada saat kondisi udara melebihi titik kesetimbangan maka suhu reaktor akan mengalami penurunan.

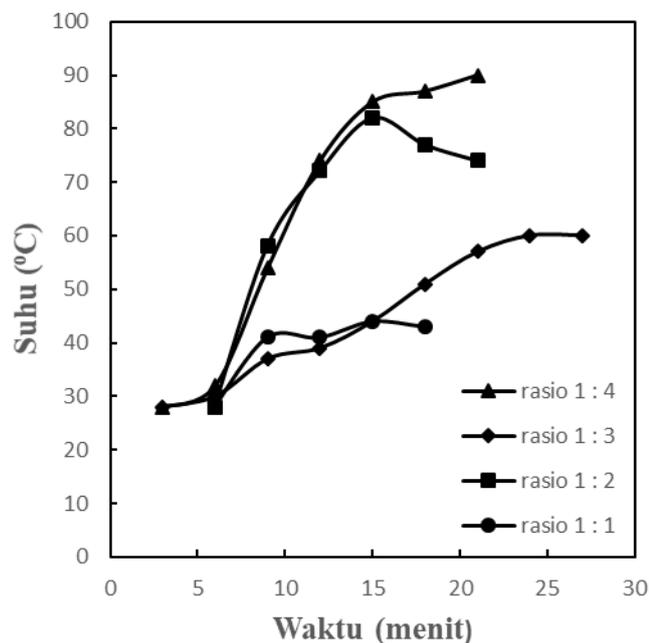
### 3.3 Pengaruh Suhu Reaktor Terhadap Produk (Bahan Volatil)

Pada proses dekomposisi termal menggunakan reaktor *updraft* ini dapat dilihat bahwa suhu yang tertinggi adalah rasio 1:4 dengan suhu tertinggi adalah 299,62 °C. Hal ini mempengaruhi hasil produk pada proses dekomposisi termal, menurut literatur pada penelitian proses pirolisis dengan sampah plastik menjadi bahan bakar minyak bahwa suhu berpengaruh penting terhadap hasil produk, semakin tinggi suhu maka semakin banyak produk yang dihasilkan. Semakin tinggi suhu juga akan menghasilkan nilai kalor yang tinggi. Pada penelitian pengolahan plastik menjadi bahan bakar alternatif menghasilkan 3 produk yaitu solar dengan nilai kalor 7020 J/Kg, bensin dengan nilai kalor 47,3 J/Kg dan minyak tanah dengan nilai kalor 43 J/Kg [6].

Pada penelitian ini untuk rasio 1:4 adalah suhu reaktor yang tertinggi sehingga menghasilkan bahan volatil yang banyak dan memiliki nilai kalor yang tinggi sehingga dapat digunakan untuk memanaskan air.

### 3.4 Karakteristik Suhu Air yang Dipanaskan

Pada penelitian ini proses pirolisis plastik dan kertas menghasilkan produk berupa bahan volatil yang dapat dibakar sehingga menghasilkan energi panas. Energi panas yang dihasilkan dapat digunakan untuk memanaskan air. Pengujian pemanasan air menggunakan energi panas dari bahan volatil tersebut ditunjukkan oleh gambar 7 yang menunjukkan profil air yang telah dipanaskan.



**Gambar 7.** Profil suhu air selama proses pemanasan selama 30 menit pada laju alir 6 L/min

Pada gambar diatas dapat dijelaskan bahwa pada pengujian penyalaan api gas dapat dibakar pada menit ke-6 dan menit ke-3. Dari grafik dapat dilihat suhu pemanasan air pada rentang waktu 12 menit rasio 1:4 dapat memanaskan air hingga suhu 87 °C, pada rasio 1:3 dapat memanaskan air hingga suhu 51 °C, pada rasio 1:2 dapat memanaskan air hingga suhu

77 °C, dan untuk 1:1 hanya dapat memanaskan air hingga suhu 43 °C. Semakin tinggi suhu reaktor maka akan menghasilkan bahan volatil yang banyak dan memiliki nilai kalor yang tinggi sehingga dapat memanaskan air hingga suhu tinggi. Hal ini dibuktikan pada gambar 4.5 yang menunjukkan bahwa suhu reaktor tertinggi pada rasio 1:4 yang menyebabkan suhu pemanasan air juga tinggi yang dapat dilihat pada gambar 4.10 pada rasio 1:4.

Dari kelima laju alir udara, variabel laju alir udara 6 L/min adalah laju alir yang terbaik pada proses pemanasan air dibandingkan dengan variable laju alir udara yang lain. Hal ini dapat dibuktikan pada gambar 6 yang dapat memanaskan air hingga suhu 90 °C.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan percobaan gasifikasi menggunakan reaktor *updraft* dengan bahan plastik dan kertas didapatkan kesimpulan bahwa semakin besar laju alir udara maka akan semakin tinggi suhu pemanasan air. Semakin tinggi suhu reaktor maka akan menghasilkan bahan volatil yang banyak dan memiliki nilai kalor yang tinggi sehingga dapat memanaskan air hingga suhu tinggi dan semakin besar laju alir udara maka akan semakin cepat pemanasan air, dapat dilihat pada laju alir 6 L/min yang dapat memanaskan air hingga suhu 90 °C.

Beberapa hal yang dapat disarankan untuk penelitian selanjutnya, yaitu perlu dilakukan penurunan kadar tar agar produk yang dihasilkan lebih bersih, perlunya dilakukan analisis produk yang dihasilkan sehingga dapat mengetahui komponen produk yang dihasilkan. Laju alir uap yang dihasilkan reaktor *updraft* perlu diukur karena akan berpengaruh kecepatan pemanasan air dan laju alir pada gas LPG untuk memanaskan plastik dan kertas perlu diukur karena akan berpengaruh terhadap suhu reaktor.

#### REFERENSI

- [1] Nurhadianto, S.E., 2013. "Pengaruh Kecepatan Udara Pada Tungku Gasifikasi Tipe Inverted Downdraft Terhadap Waktu Pendidihan Air Dengan Berbagai Jenis Biomassa Umpan". Surakarta: Universitas Surakarta.
- [2] Surjosatyo, A. 2010. "Pembakaran Gas Hasil Gasifikasi Biomassa di Premixed Gas Burner dengan Metoda 3D Computational Fluid Dynamic". *Jurnal Teknik Mesin*, 7-12.
- [3] Sumartono, Ibrahim.H, Sarjianto. 2015. "Uji Karakteristik Bahan Bakar Minyak (BBM) dari Limbah Plastik". Medan: Politeknik Negeri Medan.
- [4] Triwibowo, B. 2013. "Teori Dasar Simulasi Proses Pembakaran Limbah Vinasse dari Industri Alkohol Berbasis CFD". Semarang: Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- [5] Wijaya, M.M., 2011. "Pirolisi Limbah Kayu dan Bambu yang Ramah Lingkungan Untuk Menghasilkan Asam Asetat". Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- [6] Rahmania, Nurhalimah, Sahara. 2016. "Uji Kualitas Fisis Pengolahan Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Alternatif". Makassar: Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin.