

Characteristics Of Pet Plastic Pyrolysis Products With Temperature Variations

Hesti Istiqlaliyah^{1,*}, Am Mufarrih² dan M. Muslimin Ilham³

^{1,2,3}Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Nusantara PGRI Kediri

* Corresponding author :hestisti@unpkediri.ac.id

Abstract. One alternative in overcoming the problem of garbage accumulation, especially plastic waste which is currently being researched and developed is to turn it into alternative fuels using the pyrolysis process. The results of the pyrolysis process are influenced by several factors, one of which is temperature. This research was conducted to determine the number of pyrolysis products and their characteristics by varying the temperature and adding catalysts to PET-type plastic raw materials. In this study the method used was an experiment with a sample of bottled beverage plastic bottles, as well as the addition of a zeolite powder catalyst. While the variations in temperature used are 250 °C, 300 °C and 350 °C. The results obtained from this study are liquid products from pure PET at 350 °C as much as 160 ml. While liquid products from PET with catalysts at 350 °C are 150 ml. For its characteristic properties, the lowest viscosity of liquid products from pure PET materials at 300 °C is 0.29 dPa.S. For PET with catalysts at 250 °C at 0.31 dPa.S. In the pure PET material the lowest density at 300 °C is 730 kg / m³. While PET with catalyst at a temperature of 250 °C is 780 kg / m³. For the lowest flash point value at a temperature of 300 °C with a pure PET sample of 34 °C. And in PET samples with catalysts at a temperature of 250°C with a value of 34°C.

Abstrak. Salah satu alternatif dalam mengatasi masalah penumpukan sampah, terutama sampah plastik yang saat ini banyak diteliti dan dikembangkan adalah dengan mengubahnya menjadi bahan bakar alternatif menggunakan proses pirolisis. Hasil dari proses pirolisis ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah temperatur. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui jumlah produk hasil pirolisis dan karakteristiknya dengan memvariasikan temperatur dan penambahan katalis pada bahan baku plastik jenis PET. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah eksperimen dengan sampel sampah botol plastik minuman dalam kemasan, serta penambahan katalis berupa serbuk zeolit. Sedangkan variasi suhu yang digunakan adalah 250°C, 300°C dan 350°C. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah, produk cair dari bahan PET murni pada suhu 350°C sebanyak 160 ml. Sedangkan produk cair dari bahan PET dengan katalis pada suhu 350°C sebanyak 150 ml. Untuk sifat karakteristiknya, viskositas terendah produk cair dari bahan PET murni pada suhu 300°C adalah sebesar 0,29 dPa.S. Untuk bahan PET dengan katalis pada suhu 250 °C sebesar 0,31 dPa.S. Pada bahan PET murni densitas terendah pada suhu 300°C sebesar 730 kg/m³. Sedangkan PET dengan katalis pada suhu 250°C sebesar 780 kg/m³. Untuk nilai *flash point* terendah pada suhu 300°C dengan sampel PET murni yaitu 34°C. Dan pada sampel PET dengan katalis pada suhu 250 °C dengan nilai 34°C.

Keywords: karakteristik, pirolisis, PET, temperatur

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Peningkatan jumlah penduduk di Indonesia membawa dampak terhadap populasi sampah, terutama sampah plastik, karena plastik masih menjadi primadona pada saat ini. Hal ini disebabkan karena proses pembuatan plastik yang mudah, murah, mudah dibentuk dan tahan lama serta memiliki banyak fungsi [2]. Seperti dinyatakan oleh Direktur Pengelolaan Sampah Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Novrizal Tahar, bahwa dalam kurun waktu 2002-2016 terjadi peningkatan komposisi sampah

plastik dari 11 persen menjadi 16 persen [1]. Dengan menumpuknya sampah ini akan menyebabkan berbagai masalah. Mulai dari masalah kesehatan sampai masalah kerusakan ekosistem atau lingkungan. Rusaknya ekosistem ini diakibatkan karena plastik tidak dapat terurai dengan cepat. Butuh waktu lebih dari 20 tahun untuk mengurai gelas plastik sekali pakai dan 10 sampai 12 tahun untuk mengurai sebuah kantong belanja plastik. Sedangkan yang termasuk kedalam jenis plastik PET (*polyethylene terephthalate*) sendiri adalah botol kemasan air mineral, botol minyak goreng, jus, botol

sambal, botol obat, dan botol kosmetik. Dimana butuh waktu lebih dari 50 tahun untuk menguraikannya.

Telah banyak cara dilakukan untuk menanggulangi masalah sampah plastik ini. Diantaranya adalah dengan 3R, yaitu *Reduce* (mengurangi jumlah penggunaan plastik), *Reuse* (menggunakan bahan plastik itu berulang-ulang), dan *Recycle* (mengubah bentuk dan fungsi dari bahan plastik). Bahkan akhir-akhir ini telah banyak dilakukan penelitian dan pengembangan tentang energi alternatif dari sampah. Salah satunya adalah dengan mengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar hidrokarbon. Mengingat bahan baku plastik adalah dari turunan minyak bumi, sehingga dapat dikembalikan menjadi hidrokarbon sebagai bahan dasar energi [3]. Untuk proses pengkonversiannya, bisa menggunakan cara degradasi panas melalui proses pirolisis.

Pirolisis atau devolatilisasi adalah proses fraksinasi material oleh suhu. Proses pirolisis dimulai pada temperatur sekitar 230 °C, ketika komponen yang tidak stabil secara termal, dan *volatile matters* pada sampah akan pecah dan menguap bersamaan dengan komponen lainnya [4]. Perubahan material pada proses pirolisis ini akan dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah temperatur, laju pemanasan, waktu, kadar air dan ukuran partikel [5].

Temperatur proses pirolisis berada pada kisaran 300°C-650°C. Temperatur ini akan menentukan tingkat dekomposisi material sampah, waktu tinggal dalam reaktor, dan hasil pirolisis. Laju dekomposisi dan kerusakan struktur penyusun material meningkat dengan meningkatnya temperatur reaksi pirolisis [6]. Akibatnya, massa akan berkurang dan terjadi proses karbonisasi material. Akan tetapi, jika temperatur reaksi terlalu tinggi melebihi temperatur pirolisis, tingkat dekomposisi akan sangat reaktif, hal ini akan menyebabkan komponen penyusun material akan banyak dikonversikan ke dalam bentuk gas dan *liquid*. Sehingga, produk padatan hasil pirolisis menjadi berkurang dengan waktu tinggal dalam reaktor yang lebih singkat [7]. Dengan kata lain, dengan merubah atau memvariasikan temperatur yang digunakan dalam proses, maka akan mempengaruhi hasil pirolisis sampah plastik jenis PET. Sehingga dalam penelitian ini, penulis ingin mengetahui hasil dan karakteristik yang diperoleh dari proses pirolisis dengan memvariasikan temperatur yang digunakan.

Metode Penelitian

Metode. Dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen, dimana sampel penelitiannya

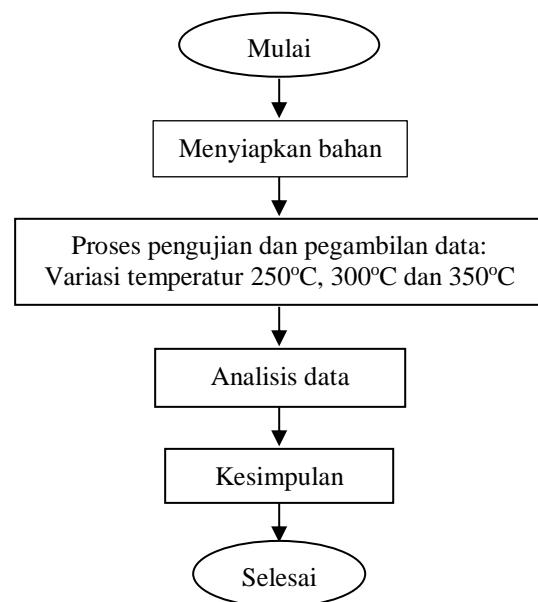
adalah sampah plastik dari jenis PET atau sampah botol air minum dalam kemasan. Sampah plastik dipotong dengan dimensi 1cm x 1cm. Sampel yang diproses ada yang diberi tambahan katalis dan ada yang tanpa penambahan katalis. Proses pirolisis dilakukan pada variasi suhu 250°C, 300°C dan 350°C dengan tekanan 1 atm selama 1 jam. Setelah cairan hasil proses pirolisis keluar, kemudian dilakukan pengujian untuk mengetahui berapa jumlah yang didapatkan dan bagaimana karakteristiknya. Karakteristik hasil pirolisis meliputi viskositas, densitas dan *flash point*. Untuk menguji nilai viskositas menggunakan satu alat dengan nama viskotester. Sedangkan untuk menguji nilai densitas dapat diperoleh dengan rumus :

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Dimana ρ adalah massa jenis bahan, m adalah massa, dan V adalah volume.

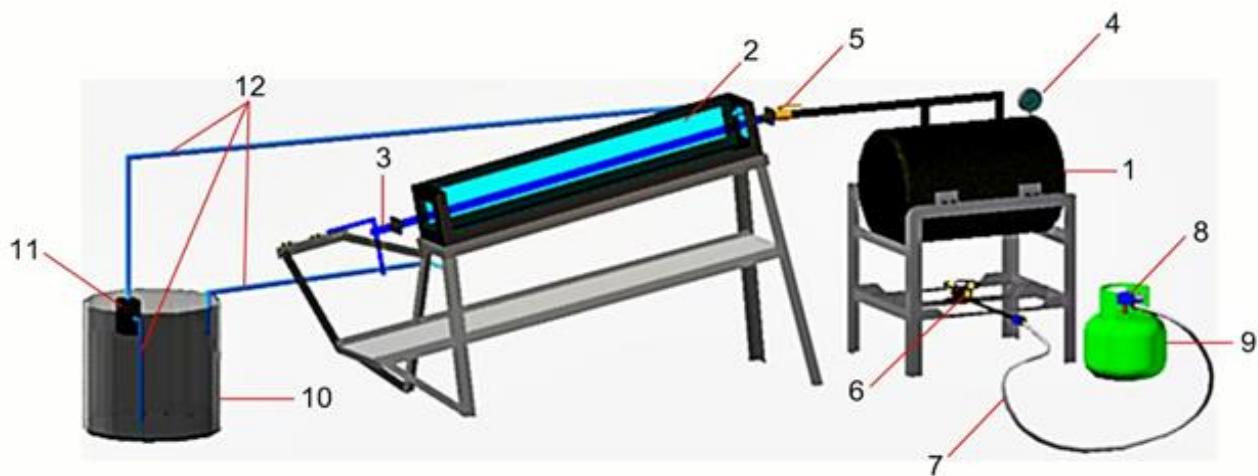
Variabel penelitian. Variabel dalam penelitian ini adalah variabel bebas dan variabel tetap. Variabel bebas pada penelitian ini adalah temperatur proses sebesar 250°C, 300°C dan 350°C serta bahan baku PET murni dan PET dengan katalis berupa serbuk zeolit. sedangkan untuk variabel tetapnya adalah jumlah hasil cair dan karakteristik produk hasil proses pirolisis yang meliputi nilai viskositas, densitas dan *flash point*.

Alur Penelitian. Alur pada penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Alur Penelitian

Sedangkan desain alat yang digunakan pada penelitian ini adalah seperti gambar 2 berikut:



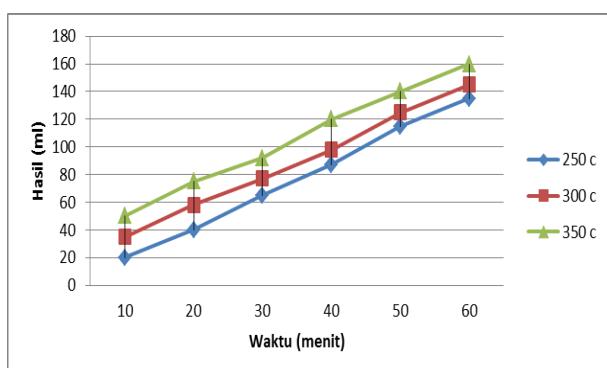
Gambar 2. Instalasi peralatan pirolisis

Keterangan gambar 2 diatas adalah : 1. Tabung reaktor, 2. Kondensor, 3. Kran hasil cair, 4. Manometer, 5. Kran gas pembakaran, 6. Kompor, 7. Selang regulator, 8. Pengatur gas, 9. Tabung gas, 10. Tangki penampung air, 11. Pompa, 12. Pipa air kondensor.

Hasil dan Pembahasan

Hasil yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

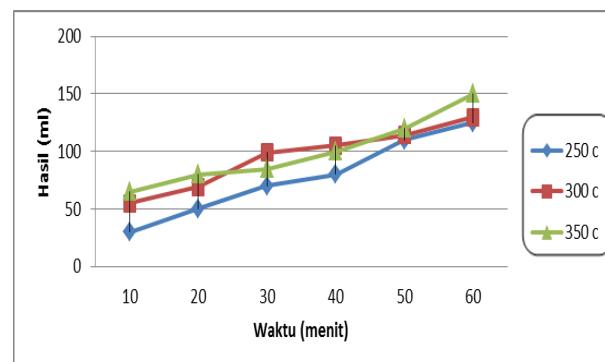
Hasil cair tanpa katalis. Dengan variasi suhu yang diberikan, hasil cair yang diperoleh juga bervariasi. Hal ini dapat dilihat pada gambar 3 berikut:



Gambar 3. Grafik perbandingan hasil cair bahan plastik PET dalam rentan waktu 60 menit.

Dari gambar 3 diatas, dapat dilihat bahwa untuk hasil cair produk pirolisis bahan plastik PET murni dengan rentang waktu 10 menit adalah semakin tinggi temperatur, hasil cair yang diperoleh juga akan semakin banyak. Hasil terbanyak dapat pada suhu 350°C dengan waktu selama 60 menit. Hasil yang diperoleh sebanyak 160 ml.

Hasil cair dengan katalis. Sedangkan hasil yang diperoleh pada proses pirolisis bahan plastik PET dengan penambahan katalis pada rentang waktu setiap 10 menit dapat dilihat pada gambar 4 berikut.

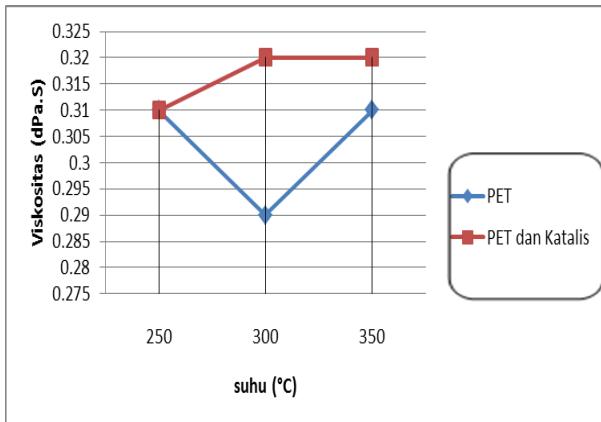


Gambar 4. Grafik perbandingan hasil cair bahan plastik PET dengan katalis dalam rentan waktu 60 menit.

Dari gambar 4 diatas dapat dijelaskan jika semakin tinggi temperatur hasil yang diperoleh juga semakin banyak. Dari gambar di atas hasil terbanyak terdapat pada suhu 350°C dengan hasil sebanyak 150 ml.

Perbandingan hasil cair dari bahan plastik PET tanpa katalis dan plastik PET dengan katalis cukup signifikan. Bahan yang menggunakan campuran katalis memiliki hasil cair yang lebih sedikit dibandingkan dengan bahan plastik PET murni. Hal ini disebabkan karena secara umum, penggunaan katalis akan menurunkan fraksi minyak dan residu serta meningkatkan fraksi gas jika dibandingkan dengan degradasi termal. Hal ini disebabkan karena fraksi minyak yang dihasilkan dari degradasi termal telah direngkah menggunakan katalis sehingga rantai panjang hidrokarbonnya dipotong menjadi rantai yang lebih pendek. Hal ini berakibat sebagian fraksi minyak dikonversi menjadi gas dengan rantai karbon yang lebih pendek.

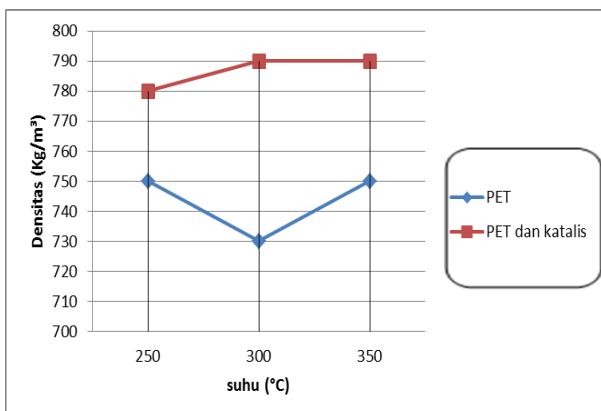
Viskositas. Temperatur optimum saat pemanasan, berpengaruh terhadap sifat karakteristiknya. Pengaruh temperatur terhadap viskositas dapat dilihat pada gambar grafik 5 berikut ini :



Gambar 5. Pengaruh temperatur terhadap viskositas

Dari gambar 5 diatas dapat dilihat bahwa semakin rendah nilai viskositas yang dimiliki cairan, maka cairan tersebut akan semakin encer. Viskositas dari bahan plastik murni memiliki nilai terendah sebesar 0.29 dPa.S pada sampel suhu 300°C. Sedangkan pada plastik PET yang ditambah dengan katalis nilai viskositas terendah sebesar 0.31 dPa.S pada sampel dengan suhu 250°C.

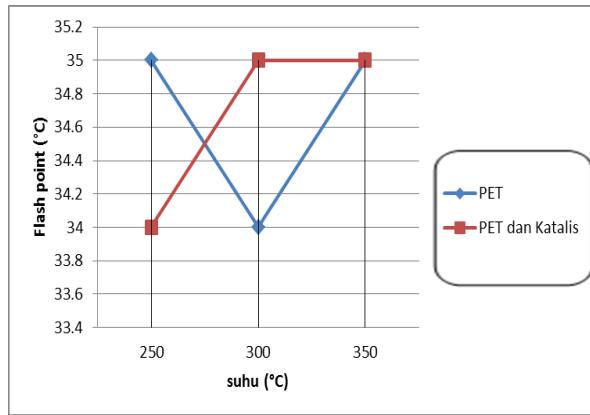
Densitas. Hasil pengujian densitas pada produk hasil pirolisis dapat dilihat pada gambar 6 berikut ini.



Gambar 6. Pengaruh temperatur terhadap densitas

Densitas dari bahan plastik PET murni memiliki nilai terendah sebesar 730 Kg/m³ pada sampel suhu 300°C. Sedangkan pada plastik PET yang ditambah dengan katalis nilai densitas terendah sebesar 780 Kg/m³ dengan suhu 250°C.

Flash point. Perubahan temperatur juga akan mempengaruhi nilai dari *flash point* produk hasil pirolisis. Hal ini dapat dilihat dari gambar 7 berikut.



Gambar 7. Pengaruh temperatur terhadap Flash point

Flash point dari bahan plastik PET murni memiliki nilai terendah pada suhu 300°C sebesar 34°C. Sedangkan pada plastik PET yang ditambah dengan katalis nilai *Flash point* terendah pada suhu 250°C sebesar 34 °C. Hal ini dapat diartikan bahwa untuk sampel PET murni dan PET dengan katalis dapat memercikkan api pada suhu 34 °C.

Dalam hal ini temperatur pirolisis mempengaruhi tinggi rendahnya *flash point*. Temperatur optimal yang dimiliki sampel PET murni berada pada suhu 300 °C. Karena pada saat ini partikel penyusun sampah sudah mulai pecah dan membentuk senyawa baru. Jika suhu pirolisis semakin tinggi maka fraksi yang keluar lebih dominan gas dan hasil yang diperoleh tidak jernih. Hal serupa juga terjadi pada sampel PET dan katalis, akan tetapi pada sampel PET dan katalis, temperatur pemecahan partikel penyusun sampah lebih rendah yaitu pada suhu 250 °C. Hal ini karena katalis berpengaruh mempercepat reaksi untuk mencapai kesetimbangan. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Rufiati [8] bahwa katalis dalam penerapannya adalah berfungsi untuk mempercepat reaksi dalam mencapai kesetimbangan, setelah reaksi selesai katalis akan berubah kebentuk semula tanpa ikut terkonsumsi.

Dari ketiga sifat karakteristik kedua bahan memiliki suhu optimum yang berbeda. Sifat karakteristik yang dimiliki bahan plastik PET murni memiliki nilai viskositas, densitas dan *flash point* terendah pada suhu 300 °C. Dalam hal ini kualitas cairan juga memiliki kualitas terbaik dengan warna kuning jernih. Sedangkan pada sampel plastik PET dan katalis suhu optimumnya lebih rendah yaitu 250°C. Hal ini karena katalis berfungsi mempercepat reaksi sehingga suhu optimumnya lebih rendah. Akan tetapi kualitas hasil dengan menggunakan katalis masih lebih baik bahan plastik PET murni.

Kesimpulan

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil terbanyak produk pirolisis (cair) dari bahan plastik PET murni terdapat pada suhu 350°C sebanyak 160 ml dan pada plastik PET dengan katalis hasil terbanyak pada suhu tertinggi yaitu 350°C sebanyak 150 ml.
2. Sifat karakteristik yang dimiliki dari variasi temperatur berbeda-beda, adapun nilainya sebagai berikut :
 - a. Nilai Viskositas terendah terdapat pada suhu 300°C dengan sampel plastik PET murni yaitu 0,29 dPa.S, sedangkan untuk sampel plastik yang dicampur dengan katalis viskositas terendah terdapat pada suhu 250°C dengan nilai 0,29 d.Pa.S
 - b. Nilai Densitas terendah terdapat pada suhu 300°C dengan sampel plastik PET murni yaitu 730 kg/m³, sedangkan untuk sampel plastik PET yang dicampur dengan katalis densitas terendah berada pada suhu 250°C dengan nilai 780 Kg/m³
 - c. Nilai *Flash point* terendah terdapat pada suhu 300°C dengan sampel plastik PET murni sebesar 34°C sedangkan untuk sampel plastik PET yang dicampur dengan katalis *flash point* terendah berada pada suhu 250°C sebesar 34°C.

Referensi

- [1] Informasi dari <https://lifestyle.kompas.com/read/2018/06/06/091700620/jumlah-sampah-plastik-terus-meningkat> (diakses pada hari Selasa 21 Agustus 2018)
- [2] <http://anakbertanya.com/mengapa-plastik-tidak-bisa-terurai-dengan-cepat/> (diakses pada hari rabu 25 Juli 2018)
- [3] Wahyudi, Ekky et al., 2016. Pengolahan Sampah Plastik Polipropilena (PP) Menjadi Bahan Bakar Minyak dengan Metode Perengkahan Katalik Menggunakan Katalis Sintetis. Jurnal Rekayasa dan Lingkungan, 17-23.
- [4] Mukaromah, LF. Et al., 2017. Pengaruh Temperatur Terhadap Proses Pirolisis Ban Bekas Murni dan Ban Bekas dengan Katalis. Skripsi Teknik Mesin.
- [5] Tumuluru, J. S, et all. 2011. Biomass Torrefaction Process and Product properties and Design of Moving Bed Torrefaction System Model Development. ASABE Annual International Meeting. Louisville. Kentucky.
- [6] Bridgeman, T.G, et all. 2008. Torrefaction of reed canary grass, wheat straw and willow to enhance solid fuel qualities and combustion properties. Fuel.V, 87: P. 844–856.
- [7] Sridhar. G, et all. 2007. Torrefaction of Bamboo. 15th European Biomass Conference & Exhibition. Berlin. Germany
- [8] Informasi dari <http://www.Skp.unair.ac.id> (diakses pada hari kamis 14 mei 2018)

Gotland Department of Chemical Engineering. Lund University. Sweden.