

Studi Co-pirolisis Plastik HDPE Dan Oli Bekas Menjadi Bahan Bakar Cair Alternatif

Mochamad Syamsiro¹, Muhammad Arief Saputro¹, Joko Winarno¹, Bayu Megaprastio¹,
Zahrul Mufrodi²

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Janabadra, Yogyakarta, syamsiro@janabadra.ac.id

²Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta

ABSTRACT

Plastics and motor oil are the materials that are often found and used in our daily life. Due to the nature of plastic which is difficult to decompose in the soil, it will cause a pile of garbage in the future. The aim of this work is to study the effect of temperature and reactor dimensions on liquid yield and pyrolysis process time. Co-pyrolysis method was used in this experimental work, by combining the two materials into one reactor with a total weight of 400 gr with a ratio of 62.5% HDPE plastic and 37.5% used motor oil. The materials was then pyrolyzed with variations in temperature (450 °C, 500 °C, 550 °C) and the dimensions of the reactor (Ø6 x 45 cm, Ø8 x 45 cm, Ø10 x 45 cm). The results show that there is a synergistic effect that occurs when the two materials are combined. In this co-pyrolysis, the highest liquid yield was obtained at the temperature of 500 °C as much as 65.56% (163.9 g). The larger the reactor, the less liquid product will be produced, and the longer it will take. The highest yield of liquid oil has been obtained by using a 6 cm diameter reactor as much as 69.85% (279.4 g) with a time of 3 hours.

Keywords: co-pyrolysis; HDPE plastic; synergistic effect; temperature; used motor oil.

ABSTRAK

Plastik dan oli merupakan benda yang sering ditemukan dan digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Karena sifat plastik yang sulit terurai di dalam tanah, sehingga akan menimbulkan tumpukan sampah di kemudian hari. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh suhu dan dimensi reaktor terhadap hasil cair dan waktu proses pirolisis. Metode yang digunakan yaitu co-pirolisis dengan menggabungkan kedua material ke dalam satu reaktor dengan berat total 400 gr. Kemudian material tersebut diproses dengan pirolisis dengan variasi suhu (450°C, 500°C, 550°C) dan dimensi reaktor (Ø6 x 45 cm, Ø8 x 45 cm, Ø10 x 45 cm) maka dapat diketahui pengaruhnya terhadap hasil cair dan waktu proses pirolisisnya. Dari hasil eksperimen yang dilakukan maka didapat kesimpulan bahwa adanya efek sinergistik yang terjadi saat kedua material tersebut digabung. Pada co-pirolisis ini hasil cair terbanyak diperoleh pada suhu 500°C sebanyak 65,56% (163,9 gr). Namun semakin tinggi suhu saat proses pirolisis, maka waktunya juga lebih singkat. Sedangkan semakin besar reaktor maka semakin sedikit produk cair yang dihasilkan, dan waktu yang dibutuhkan akan semakin lama. Hasil terbanyak diperoleh menggunakan reaktor berdiameter 6 cm sebanyak 69,85% (279,4 gr) dengan waktu selama 3 jam.

Kata kunci: co-pirolisis; efek sinergistik; oli bekas; plastik HDPE; temperatur.

PENDAHULUAN

Dalam kehidupan sehari-hari kita saat ini bergantung pada suatu zat yang kuat dan tahan air yaitu plastik. Di satu sisi memang plastik sangat menguntungkan digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Akan tetapi di sisi lain plastik menimbulkan dampak yang cukup buruk. Limbah plastik merupakan limbah yang sangat sulit terurai kecuali dalam waktu yang sangat lama. Dengan begitu dapat menimbulkan banyaknya timbunan limbah plastik yang juga dapat menimbulkan bencana (Alla dkk., 2014).

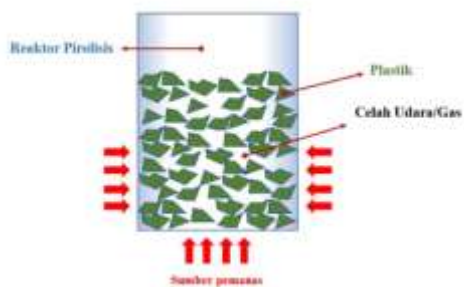
Plastik merupakan produk turunan minyak bumi yang diperoleh melalui proses penyulingan. Karakteristik plastik yang memiliki ikatan kimia yang sangat kuat sehingga banyak material yang dipakai oleh masyarakat berasal dari plastik. Namun plastik

merupakan material yang tidak bisa terdekomposisi secara alami (*non biodegradable*) sehingga setelah digunakan, material yang berbahan baku plastik akan menjadi limbah yang sulit diuraikan oleh mikroba tanah dan akan mencemari lingkungan (Wahyudi dkk., 2018).

Berdasarkan fakta tersebut, kita perlu mengelola dampak limbah plastik untuk mengurangi kerusakan lingkungan. Ada beberapa metodologi untuk memanfaatkan sampah plastik menjadi produk yang bernilai, misalnya daur ulang, gasifikasi, insinerasi, dan hidrogenasi (Sigit Cahyono dkk., 2020).

Salah satu cara pengolahan limbah plastik yaitu dengan pirolisis. Pirolisis berasal dari kata Pyro (Fire/Api) dan Lyo (Loosening/Pelepasan) untuk dekomposisi termal dari suatu bahan organik. Pirolisis merupakan suatu bentuk penguraian bahan

organik secara kimia melalui pemanasan tanpa atau sedikit oksigen atau reagen lainnya (Landi & Arijanto, 2017).



Gambar 1. Skema Pirolisis Plastik

Di sisi lain, telah kita ketahui pada kendaraan bermotor perlu menggunakan oli mesin yang harus di ganti secara berkala. Sehingga dapat mengakibatkan limbah oli bekas yang cukup banyak juga. Untuk mendaur ulang oli bekas tersebut dapat juga dipirolisis dan menghasilkan bahan bakar minyak yang lebih baik dengan rantai karbon yang lebih pendek.

Maka dari itu penelitian ini dilakukan untuk mempersingkat waktu pirolisis dengan metode co-pirolisis sampah plastik jenis HDPE dengan limbah oli bekas. Limbah oli bekas yang berupa zat cair dapat mengisi rongga-rongga udara yang terdapat pada celah plastik di dalam reaktor. Sehingga akan mempercepat panas yang sampai pada plastik sekaligus mempercepat waktu proses pirolisis. Selain waktu yang lebih cepat, hasil dari co-pirolisis juga

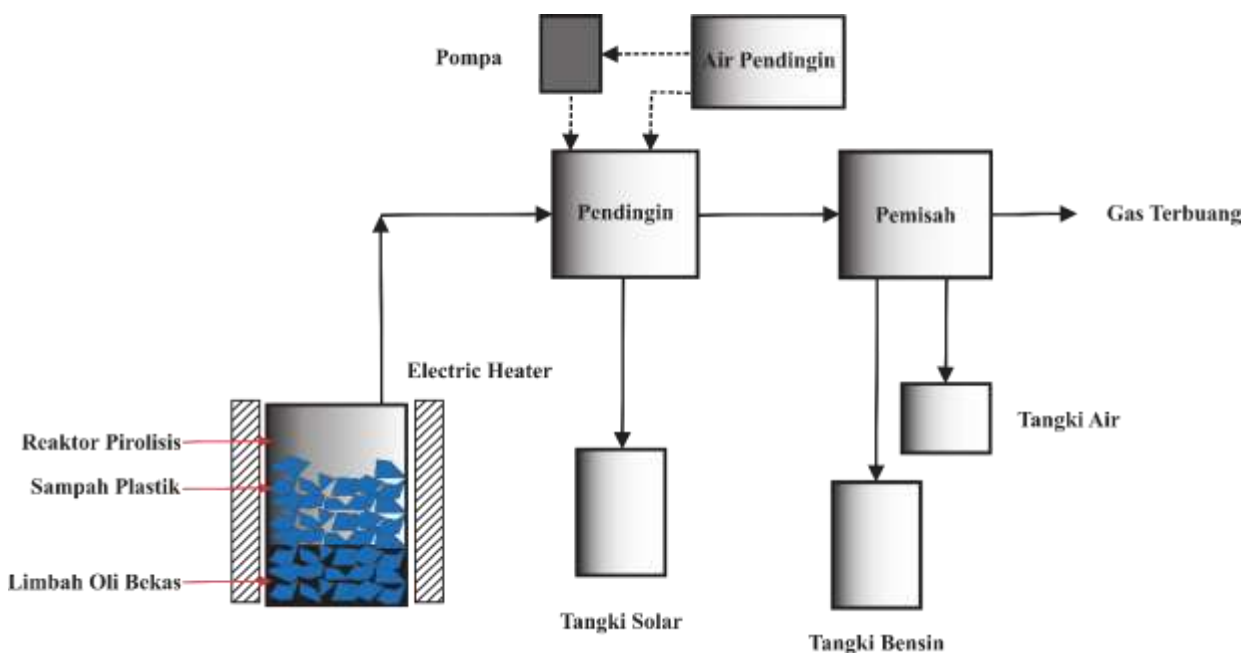
akan lebih baik karena kedua material tersebut yang berasal dari minyak bumi juga. Dengan demikian dapat menghemat biaya untuk proses pirolisis dengan waktu yang singkat dan mendapat hasil yang berkualitas.

Penelitian tersebut juga pernah dilakukan oleh (Phetyim & Pivsa-Art, 2018), (Uçar dkk., 2016) dan (Wang dkk., 2017). Pada ketiga penelitian tersebut sama-sama mencampur 2 material berbeda ke dalam satu reaktor pirolisis. Dan 2 di antaranya menggabungkan plastik dengan limbah oli bekas.

METODE

Penelitian ini akan mengkaji tentang pengaruh dimensi reaktor, suhu, jenis plastik yang digunakan terhadap efek sinergistik yang terjadi dan kualitas produk cair yang dihasilkan dari proses co-pirolisis. Pada penelitian kali ini menggunakan sistem co-pirolisis dengan metode *feedstock recycling*. Material yang digunakan yaitu campuran 62,5% plastik HDPE bermassa 250 gram dengan 37,5% limbah oli bekas bermassa 150 gram.

Dengan variabel suhu pengoperasian 450 °C, 500 °C, dan 550 °C. Juga menggunakan variabel dimensi reaktor berdiameter 6 cm, 8 cm, dan 10 cm. Serta menguji 2 jenis plastik yang lain sebagai pembanding, yaitu PP dan PS. Kedua material pembanding tersebut telah diketahui hasilnya sesuai dengan penelitian sebelumnya (Syamsiro dkk., 2018)(Syamsiro dkk., 2020). Untuk mengetahui pengaruh dari parameter-parameter tersebut terhadap hasil cair dan waktu proses pirolisis.



Gambar 2. Skema Co-pirolisis Plastik HDPE dengan Oli Bekas

Tabel 1. Data Temperatur transisi dan temperature lebur plastic (Landi & Arijanto, 2017)

Jenis Bahan	Tm (°C)	Tg (°C)	Temperatur Proses Maks (°C)
PP	168	5	80
HDPE	134	-110	82
LDPE	330	-115	260
PET	250	70	100
ABS	-	110	85
PS	-	90	70
PC	-	150	246
PVC	-	90	71

Untuk material yang pertama yaitu plastik HDPE. Pada penelitian kali ini memanfaatkan tutup galon bekas sebagai plastik yang berjenis HDPE. Proses pengumpulan plastik dilakukan dengan cara mengambil tutup galon bekas yang sudah tidak dapat digunakan kembali dari depot air minum isi ulang yang ada di daerah Bantul. Yang kemudian tutup galon tersebut dibersihkan dari zat pengotor. Lalu limbah plastik di potong-potong dengan ukuran sekitar 1-2 cm sesuai dengan penelitian sebelumnya (Syamsiro dkk., 2018) dan kemudian ditimbang masing-masing dengan massa 250 gram.

Material yang kedua yaitu limbah oli bekas. Oli bekas yang digunakan pada penelitian kali ini adalah oli bekas dari mesin motor bensin 4 tak dengan viskositas 20W-40. Proses pengumpulan oli bekas dilakukan dengan cara mengambil dari bengkel Alaz Coolon yang berlokasi di Condong catur, Sleman. Oli bekas juga di bersihkan dengan cara menyaring zat pengotor yang tercampur ke dalam oli. Oli bekas yang akan digunakan setelah disaring lalu di timbang dengan massa 150 gram.

Proses co-pirolisis dilakukan pada 3 varian suhu, yakni 450 °C, 500 °C, 550 °C dengan tekanan udara di dalam reaktor setara dengan tekanan pada atmosfer. Dalam setiap eksperimen terdapat 62,5% (250 gram) limbah plastik HDPE yang di campur dengan 37,5% (150 gram) oli bekas ke dalam reaktor. Reaktor yang digunakan dalam eksperimen ini yaitu reaktor yang berdiameter 10 cm dan tinggi 45 cm. Kemudian reaktor dipanaskan mulai dari suhu ruangan sampai dengan 450 °C. Dilakukan pengamatan pada suhu reaktor dan hasil cair jika sudah ada setiap 15 menit. Jika hasil cair sudah tidak bertambah, berarti material di dalam reaktor sudah terpirolisis semua dan proses pirolisis bisa dihentikan. Jika sudah lalu dilakukan pengamatan dan analisis pada hasil co-pirolisis dan material yang tersisa di dalam reaktor. Ulangi langkah-langkah tersebut untuk varian suhu 500 °C, dan 550 °C.

Selanjutnya melakukan eksperimen dengan variabel dimensi reaktor. Reaktor pertama

berdiameter 6 cm, untuk yang kedua berdiameter 8 cm, sedangkan reaktor ketiga memiliki diameter 10 cm. Dengan tekanan udara setara dengan tekanan pada atmosfer. Dalam setiap eksperimen terdapat 400 gram massa material yang terdiri dari 62,5% (250 gram) limbah plastik HDPE yang di campur dengan 37,5% (150 gram) oli bekas di dalam reaktor. Kemudian reaktor dipanaskan mulai dari suhu ruangan sampai dengan suhu 500 °C. Dilakukan pengamatan pada suhu reaktor dan hasil cair yang sudah ada setiap 15 menit. Jika hasil cair sudah tidak bertambah, berarti material di dalam reaktor sudah terpirolisis semua dan proses pirolisis bisa dihentikan. Jika sudah lalu dilakukan pengamatan dan analisis pada hasil co-pirolisis dan material yang tersisa di dalam reaktor. Ulangi langkah-langkah tersebut untuk varian reaktor berdiameter 8 cm dan 10 cm.

Jika semua eksperimen telah dilakukan maka hasilnya dapat dianalisis. Termasuk hasil residu dan gas yang dihasilkan. Tidak hanya pada hasil dari pirolisisnya, namun juga memperhatikan waktu yang dibutuhkan untuk sekali eksperimen. Karena mengingat tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mempersingkat waktu proses pirolisis. Waktu pada proses pirolisis ini dapat dibandingkan dengan waktu proses pirolisis pada penelitian sebelumnya.

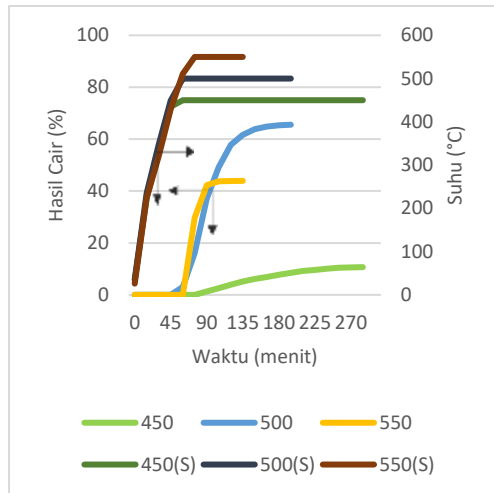
HASIL

Untuk dapat mengetahui efek sinergistik yang dihasilkan dari proses co-pirolisis antara plastik HDPE dengan limbah oli bekas, maka harus diketahui terlebih dahulu bagaimana hasil dari pirolisis masing-masing material.

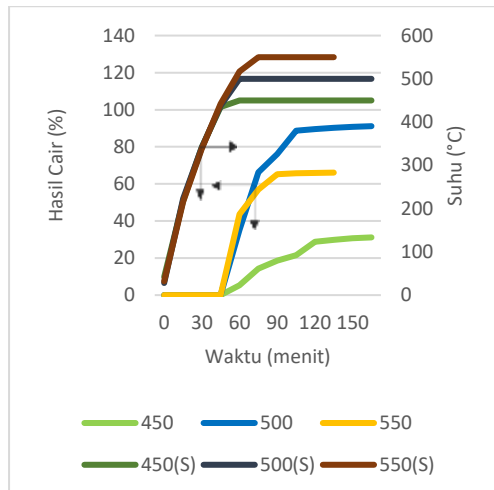
Dari hasil pirolisis plastik HDPE di atas dapat diketahui bahwa hasil cair terbanyak didapat pada suhu 500 °C sebanyak 163,9 gram (65,56%) yang membutuhkan waktu proses selama 195 menit (3 jam 15 menit). Dalam varian ini untuk mencapai suhu 500 °C membutuhkan waktu sekitar 60 menit (1 jam).

Sedangkan waktu proses pirolisis paling singkat terdapat pada varian suhu 550 °C dengan waktu proses selama 135 menit (2 jam 15 menit). Akan tetapi

hasil cair yang dihasilkan lebih sedikit dari varian suhu 500 °C yaitu sebanyak 109,8 gram (43,12%).



Gambar 3. Hasil Pirolisis Plastik HDPE



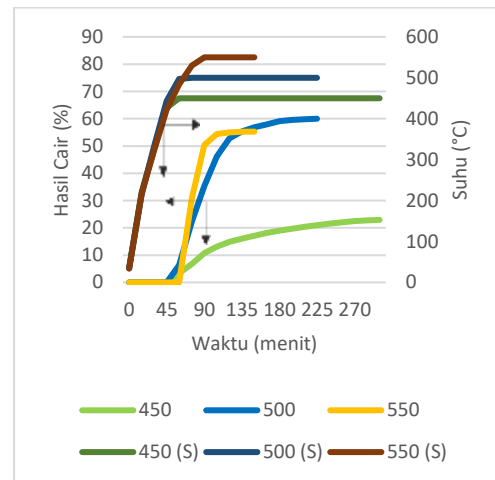
Gambar 4. Hasil Pirolisis Limbah Oli Bekas

Untuk hasil pirolisis limbah oli bekas di atas dapat diketahui bahwa hasil cair terbanyak didapat pada suhu 500 °C sebanyak 136,7 gram (91,33%) yang membutuhkan waktu proses selama 165 menit (2 jam 45 menit). Dalam varian ini untuk mencapai suhu 500 °C membutuhkan waktu sekitar 60 menit (1 jam).

Sedangkan waktu proses pirolisis paling singkat terdapat pada varian suhu 550 °C dengan waktu proses selama 135 menit (2 jam 15 menit). Akan tetapi hasil cair yang dihasilkan lebih sedikit dari varian suhu 500 °C yaitu sebanyak 99,1 gram (66,07%).

Eksperimen selanjutnya yaitu mencampur kedua material dasar dan dimasukkan ke dalam reaktor. Pencampuran seperti inilah yang dimaksud dengan co-pirolisis. Dengan komposisi 62,5% (250 gram) limbah plastik HDPE yang di campur dengan 37,5% (150 gram) oli bekas. Menggunakan komposisi demikian supaya limbah oli bekas dapat masuk ke dalam rongga-rongga plastik HDPE.

Dengan menggunakan 3 varian suhu yakni suhu 450 °C, 500 °C, 550 °C maka mendapatkan hasil yang bisa dilihat pada Gambar 5 di bawah ini.

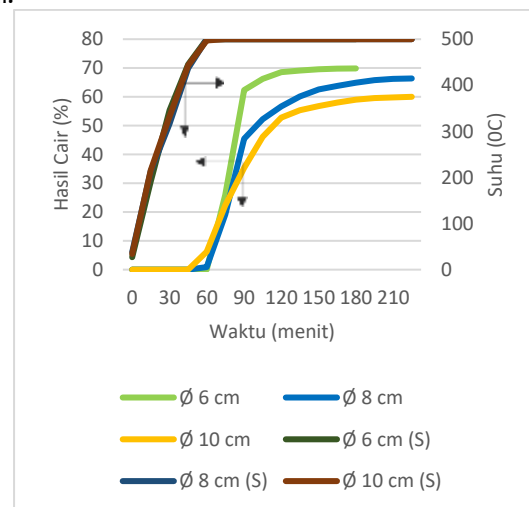


Gambar 5. Hasil Co-pirolisis Varian Suhu

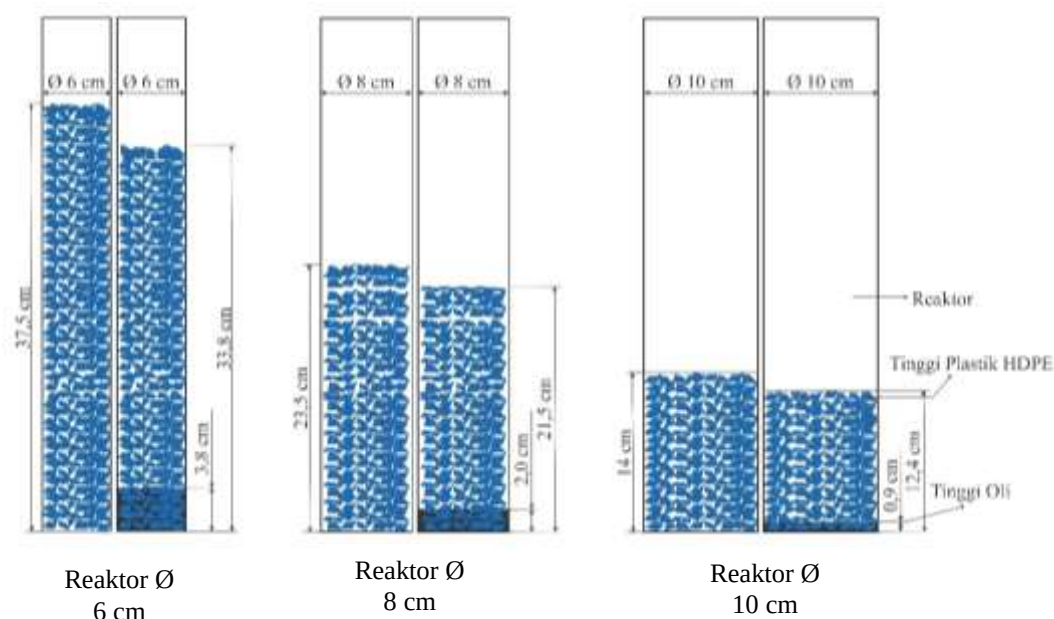
Dari hasil co-pirolisis plastik HDPE dengan limbah oli bekas di atas dapat diketahui bahwa hasil cair terbanyak didapat pada suhu 500 °C sebanyak 240 gram (60%) yang membutuhkan waktu proses selama 225 menit (3 jam 45 menit). Dalam varian ini untuk mencapai suhu 500 °C membutuhkan waktu sekitar 75 menit (1 jam 15 menit).

Sedangkan waktu proses pirolisis paling singkat terdapat pada varian suhu 550 °C dengan waktu proses selama 150 menit (2 jam 30 menit). Akan tetapi hasil cair yang dihasilkan lebih sedikit dari varian suhu 500 °C yaitu sebanyak 221,1 gram (55,275%).

Eksperimen selanjutnya juga menggunakan beberapa dimensi reaktor sebagai varian nya. Dengan tinggi reaktor yang sama yaitu 45 cm namun memiliki perbedaan diameter. Diameter dari masing-masing reaktor yakni 10 cm, 8 cm, dan 6 cm. Hasil dari eksperimen ini dapat dilihat pada Gambar 6 di bawah ini.



Gambar 6. Hasil Co-pirolisis Varian Dimensi Reaktor



Gambar 7. Ilustrasi Visualisasi Material Co-pirolisis di Dalam Reaktor

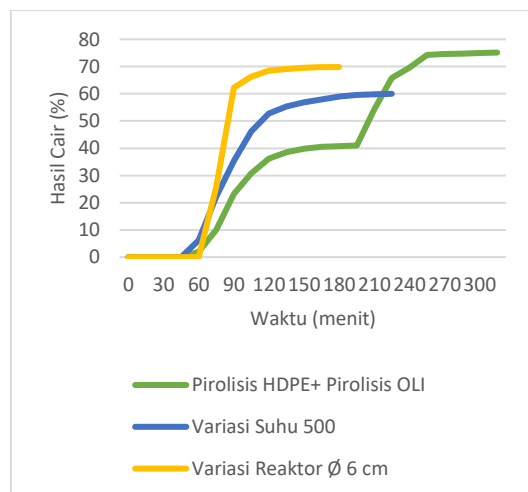
Dari hasil co-pirolisis plastik HDPE dengan limbah oli bekas di atas dapat diketahui bahwa hasil cair terbanyak didapat pada reaktor berdiameter 6 cm sebanyak 279,4 gram (69,85%) yang membutuhkan waktu proses selama 180 menit (3 jam). Dalam varian ini untuk mencapai suhu 500 °C membutuhkan waktu sekitar 60 menit (1 jam). Di antara 3 reaktor tersebut, reaktor berdiameter 6 cm ini menjalani waktu proses paling cepat juga.

Hasil cair dan waktu proses dari setiap reaktor berbeda-beda dikarenakan perbedaan luas permukaan reaktor yang berhubungan langsung dengan material plastik HDPE dan oli bekas. Dapat dilihat pada gambar 7 bahwa tinggi permukaan material berbeda-beda di setiap reaktor. Tinggi material pada reaktor berdiameter 6 cm yaitu 33,8 cm dan luas permukaan materialnya yang menyentuh reaktor menjadi 665,032 cm².

Pada reaktor berdiameter 8 cm, materialnya setinggi 21,5 cm sehingga luas permukaannya sebesar 590,32 cm². Dan tinggi material pada reaktor berdiameter 10 cm hanya mencapai 12,4 cm. Pada reaktor ini juga mempunyai luas permukaan materialnya yang paling kecil dengan luas 467,86 cm². Jadi semakin besar luas permukaan yang berhubungan langsung dengan material maka akan meningkatkan hasil cair dan waktu proses pirolisisnya.

PEMBAHASAN

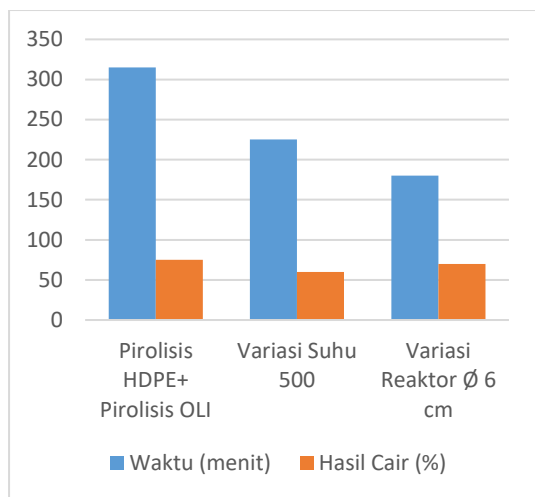
Dari beberapa eksperimen di atas maka dapat dibandingkan secara langsung. Perbandingan diambil dari hasil terbaik setiap eksperimen dan dibandingkan dengan hasil penggabungan dari pirolisis material dasar. Pirolisis material dasar tersebut terdiri dari pirolisis plastik HDPE dan pirolisis limbah oli bekas. Hasil perbandingannya tersebut dapat digunakan untuk melihat efek sinergistik yang terjadi pada proses co-pirolisis. Hasil dari perbandingannya dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Perbandingan Hasil Eksperimen

Tabel 2. Hasil Ekperimen setiap variasi

No.	Eksperimen	Waktu (menit)	Hasil Cair (%)	Residu (%)	Gas (%)
1	Pirolisis HDPE+ Pirolisis OLI	315	78,45	5,45	16,1
2	Variasi Suhu 500	225	60	2,4	37,6
3	Variasi Reaktor Ø 6 cm	180	69,85	13,97	16,18



Gambar 9. Perbandingan Hasil Eksperimen

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa adanya efek sinergistik dari proses co-pirolisis antara plastik HDPE dan limbah oli bekas. Dikarenakan oli bekas telah mengisi rongga-rongga udara di antara plastik sehingga panas dapat mencapai plastik dengan lebih cepat. Dengan begitu waktu proses pirolisis menjadi lebih singkat.

Selain dikarenakan rongga udara antar plastik diisi oleh oli bekas, faktor selanjutnya yang membuat proses menjadi lebih singkat yaitu karena dimensi reaktor yang lebih kecil. Dengan reaktor yang lebih kecil dan jumlah material yang sama sehingga membuat panas dari reaktor lebih cepat mencapai seluruh bagian material. Sehingga proses pirolisis dapat dilakukan dengan waktu yang lebih singkat.

Dapat dilihat eksperimen co-pirolisis yang menggunakan reaktor dengan diameter 6 cm hanya membutuhkan 180 menit (3 jam) untuk waktu prosesnya. Sedangkan pada pirolisis material dasar membutuhkan 315 menit (5 jam 15 menit). Jadi dengan co-pirolisis dapat mempercepat proses hampir dua kali lebih cepat dari pirolisis material dasar atau sekitar 175% lebih cepat.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian co-pirolisis limbah plastik dengan limbah oli bekas yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa produk cair terbanyak

diperoleh pada suhu 500 °C dengan hasil cair sebanyak 240 gram (60%) yang membutuhkan waktu proses selama 225 menit (3 jam 45 menit).

Semakin kecil reaktor yang digunakan maka produk cair yang dihasilkan akan mengalami kenaikan dan waktu pirolisis menjadi lebih singkat. Jenis plastik HDPE pada eksperimen kali ini menghasilkan hasil cair yang dapat bersaing dengan jenis plastik yang lain. Co-pirolisis plastik HDPE dan limbah oli bekas mempengaruhi dari waktu proses pirolisis menjadi hampir dua kali lebih cepat

DAFTAR PUSTAKA

- Alla, M. M. G., Ahmed, A. I., & Abdalla, B. K. (2014). Conversion of plastic waste to fuel. *International Journal of Technical Research and Applications*, May, 29–31. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-817880-5.00014-1>
- Landi, T., & Arijanto, A. (2017). Perancangan Dan Uji Alat Pengolah Sampah Plastik Jenis Ldpe (Low Density Polyethylene) Menjadi Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Teknik Mesin Undip*, 5(1), 1–8.
- Phetyim, N., & Pivsa-Art, S. (2018). Prototype Co-Pyrolisis of Used Lubricant Oil and Mixed PlasticWaste to Produce a Diesel-Like Fuel. *Energies*, 11(11), 1–11.
- Cahyono, M.S., Prasetya, A., & Syamsiro, M. (2020). Influence of Residence Time to The Properties of Liquid Product from Plastic Waste Pyrolysis. *Multitek Indonesia: Jurnal Ilmiah*, 14(1), 34-40.
- Syamsiro, M., Mathias, D. Y., Saptoadi, H., Sawitri, D. R., Nizami, A. S., & Rehan, M. (2018). Pyrolysis of Compact Disc (CD) Case Wastes to Produce Liquid Fuel as a Renewable Source of Electricity Generation. *Energy Procedia*, 145, 484–489. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.04.096>
- Syamsiro, M., Mufrodi, Z., Rafly, R., & Machmud, S. (2020). Energy Recovery from Food Packaging Plastics by Thermal and Catalytic Pyrolysis Processes. *Universal Journal of Mechanical Engineering*, 8(1), 51–58. <https://doi.org/10.13189/ujme.2020.080107>
- Uçar, S., Özkan, A. R., & Karagöz, S. (2016). Co-pyrolysis of waste polyolefins with waste motor oil. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*,

- 119, 233–241.
- Wahyudi, J., Prayitno, H. T., & Astuti, A. D. (2018). Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Litbang*, 74(11), 58–67.
- Wang, Y., Dai, L., Fan, L., Cao, L., Zhou, Y., Zhao, Y., Liu, Y., & Ruan, R. (2017). Catalytic co-pyrolysis of waste vegetable oil and high density polyethylene for hydrocarbon fuel production. *Waste Management*, 61, 276–282. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.01.010>