

## PENGUJIAN RANCANGAN REAKTOR KONVERSI PLASTIK MENJADI MINYAK SEBAGAI INOVASI PENANGANGAN SAMPAH PLASTIK RUMAH TANGGA

Zefri Azharman<sup>\*1</sup>, Delia Meldra<sup>2</sup>, Yopy Mardiasyah<sup>3</sup>,

<sup>1</sup>Universitas Putera Batam, R. Soeprapto, <sup>2</sup>Universitas Ibnu Sina, Teuku Umar,

<sup>3</sup>Institut Teknologi Batam, Tiban Baru

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Industri, UPB, <sup>2</sup>Program Studi Teknik Industri, Univ. Ibnu Sina,

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Industri, Institusi Teknologi Batam

e-mail: <sup>\*1</sup>[zefriazharman91@gmail.com](mailto:zefriazharman91@gmail.com), <sup>2</sup>[delia@uis.ac.id](mailto:delia@uis.ac.id)

### Abstrak

Penggunaan plastik sebagai wadah atau pembungkus makanan dan minuman menjadi masalah setiap negara. Perhatian dan aksi terhadap sampah plastik menjadi prioritas untuk kepentingan lingkungan hidup. Hal ini dikarenakan sampah plastik sulit diuraikan dan menjadi bahaya bagi hewan yang terjatuh atau termakan sampah plastik rumah tangga. Dalam penelitian ini bertujuan untuk menguji rancangan reaktor sebagai inovasi penanganan sampah plastik. Pengujian yang dilakukan adalah uji coba dalam mengubah plastik menjadi minyak, uji nyala api yang dihasilkan oleh reaktor, dan pengujian FTIR untuk melihat kandungan gugus fungsi dari minyak. Hasil uji coba menunjukkan reaktor yang dirancang dapat mengubah plastik menjadi minyak pada suhu 175°C-250°C dengan pembakaran menggunakan kompor gas bertekanan tinggi dan minyak yang dihasilkan dapat menyalakan api. Hasil FTIR menunjukkan gugus fungsi minyak yang dihasilkan menunjukkan kesamaan dengan gugus fungsi bahan bakar minyak jenis solar.

**Kata kunci**—Plastik, Bahan bakar minyak, Reaktor pirolisis

### Abstract

The use of plastic as a container or wrapping food and drinks is a problem in every country. Attention and action on plastic waste is a priority for the benefit of the environment. This is because plastic rubbish is difficult to decipher and is a danger for animals who are trapped or consumed by household plastic rubbish. This study aims to test the design of the reactor as an innovation in handling the plastic waste. Tests carried out are trials in turning plastics into oil, flame tests produced by the reactor, and FTIR testing to see the functional group content of oil. Test results show that the reactor is designed to convert plastic into oil at 175°C-250°C by combustion using a high-pressure gas stove and the oil produced can start a fire. The results of the FTIR show that the oil functional groups produced show similarities with the functional groups of diesel fuel oils.

**Keywords**—Plastic waste, fuel oil, pyrolysis reactor

## PENDAHULUAN

Setiap negara memiliki peran penting dalam penanganan sampah plastik. Sampah plastik yang sudah begitu banyak dalam penggunaannya sebagai pembungkus makanan yang praktis dan murah, menjadikan plastik sebagai pilihan yang utama. Hampir semua jajanan maupun kemasan dibungkus dengan bahan yang terbuat dari plastik. Pembungkus plastik juga lebih efisien dan

tahan lama dalam melindungi makanan. Berdasarkan hal ini, pembungkus plastik menjadikannya lebih unggul dari pembungkus makanan lainnya seperti kertas, dan daun pisang. Dengan keunggulan pembungkus plastik tersebut, banyak perusahaan makanan dan usaha mikro yang memproduksi plastik dan menggunakannya sebagai pembungkus makanan. Keunggulan yang dirasakan dalam menggunakan plastik, ternyata juga berdampak negatif terhadap lingkungan (Filho et al., 2019). Sifat plastik yang sulit untuk didegradasi oleh tanah menyebabkan sampah plastik tidak bisa terurai secara alami. Jumlah pertumbuhan rumah tangga menjadikan sampah plastik terus bertambah. pertambahan jumlah timbulan sampah sangat cepat, pada tahun 2002 dengan 2,9 miliar. Penduduk perkotaan menghasilkan sekitar 0,64 kg per orang per hari (0,68 miliar ton per tahun) dan pada tahun 2012 jumlah ini telah meningkat menjadi sekitar 3 miliar penduduk yang menghasilkan 1,2 kg per orang per hari (1,3 miliar ton per tahun). Diperkirakan sampah ini akan terus bertambah dan diprediksikan pada tahun 2025 akan mencapai 4,3 miliar penduduk perkotaan yang menghasilkan sekitar 1,42 kg per orang per hari sampah kota (2,2 miliar ton per tahun) (Subdirektorat Statistik Lingkungan Hidup, 2018).

Dalam masalah penanganan sampah plastik telah dilakukan kebijakan oleh pemerintah Indonesia pada UU no.18 tahun 2018 tentang pengelolaan sampah. Penyelenggaraan terhadap pengelolaan sampah diperlukan, serta adanya imbauan terhadap pengurangan sampah dan penanganan sampah rumah tangga yang tertuang pada pasal 19 uu no.18 tahun 2018 tersebut. Pengurangan sampah yang dimaksudkan adalah melakukan pembatasan terhadap timbulnya sampah, melakukan daur ulang sampah dan memanfaatkan sampah kembali. sedangkan yang dimaksud dalam penanganan sampah adalah pertama melakukan pemilahan jenis sampah, kedua melakukan pengumpulan sampah yang kemudian di pindahkan ke tempat penampungan sampah (TPA), ketiga melakukan pengangkutan ke tempat pemrosesan akhir, keempat mengolah sampah dalam bentuk mengubah karakteristik, komposisi, dan jumlah sampah, kelima memproses sampah dalam bentuk pengembalian sampah atau residu hasil pengolahan ke media lingkungan secara aman. Berkaitan aturan pemerintah tersebut dapat juga dilakukan penanganan sampah plastik dengan mengubah karakteristik dari sampah plastik, yaitu mengubah menjadi minyak sebagai bahan bakar.

Proses mengkonversi sampah plastik menjadi bahan petrokimia dasar yang dapat digunakan menjadi bahan baku hidrokarbon atau bahan bakar disebut proses Pirolisis (Naimah & Aidha, 2017). Proses pirolisis disebut juga proses dekomposisi kimia material organik tanpa udara (Endang, Mukhtar, Nego, & Sugiyana, 2016). Parameter yang berpengaruh pada kecepatan reaksi pirolisis mempunyai hubungan yang sangat kompleks, sehingga model matematis persamaan kecepatan reaksi pirolisis yang diformulasikan oleh setiap peneliti selalu menunjukkan rumusan empiris yang berbeda. Jika dilihat dari berbagai sisi, proses pirolisis memiliki banyak keuntungan. Dari segi lingkungan, proses pirolisis dapat mengurangi volume sampah plastik yang memang sudah menjadi permasalahan selama ini, serta menghasilkan sumber bahan bakar alternatif sebagai solusi permasalahan krisis energi saat ini.

Sampah plastik yang diolah menjadi minyak, dapat dihasilkan dari pengolahan sampah plastik dengan mempertimbangkan beberapa parameter antara lain jenis plastik yang diolah, temperatur proses, penggunaan katalis dan jenis katalis yang digunakan. Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan pada proses konversi sampah plastik menjadi minyak, dapat dikelompokkan sebagai berikut (Surono, 2013):

1. Hidro cracking

Hidro cracking adalah proses cracking dengan mereaksikan plastik dengan hidrogen di dalam wadah tertutup yang dilengkapi dengan pengaduk pada temperatur antara 423 – 673 K dan tekanan hidrogen 3 – 10 MPa. Dalam proses hydrocracking ini dibantu dengan katalis. Untuk membantu pencampuran dan reaksi biasanya digunakan bahan pelarut 1-methyl naphtalene, tetralin dan decalin. Beberapa katalis yang sudah diteliti antara lain alumina, amorphous silica alumina, zeolite dan sulphate zirconia.

2. Thermal cracking

Thermal cracking adalah termasuk proses pyrolysis, yaitu dengan cara memanaskan bahan polimer tanpa oksigen. Proses ini biasanya dilakukan pada temperatur antara 350 °C sampai 900 °C. Dari proses ini akan dihasilkan arang, minyak dari kondensasi gas seperti parafin, isoparafin,

olefin, naphthene dan aromatik, serta gas yang memang tidak bisa terkondensasi. Untuk menyelidiki pengaruh suhu dan waktu reaksi terhadap hasil dan kualitas minyak cair yang dihasilkan dari proses pirolisis. Limbah plastik jenis Polystyrene (PS) digunakan sebagai bahan baku dalam reaktor pirolisis batch skala kecil. Pada 400°C dengan waktu reaksi 75 menit, hasil gas adalah 8% menurut massa, hasil arang adalah 16% menurut massa, sedangkan hasil minyak cair adalah 76% menurut massa. Menaikkan suhu menjadi 450°C meningkatkan produksi gas hingga 13% menurut massa, mengurangi produksi arang menjadi 6,2% dan meningkatkan hasil minyak cair menjadi 80,8% menurut massa. Suhu optimum dan waktu reaksi ditemukan 450°C dan 75 menit (R.Miandad et al., 2016).

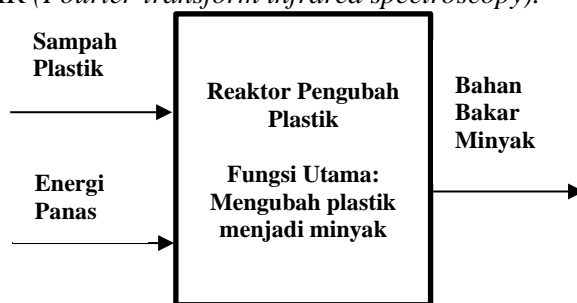
### 3. Catalytic cracking

Cracking cara ini menggunakan katalis untuk melakukan reaksi peretakan. Dengan adanya katalis, dapat mengurangi temperatur dan waktu reaksi.

Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk menguji rancangan reaktor sebagai inovasi penanganan sampah plastik. Pengujian yang dilakukan adalah uji coba dalam mengubah plastik menjadi minyak dengan kompor gas tekanan tinggi, kemudian minyak yang dihasilkan akan diuji nyala apinya, dan pengujian FTIR untuk melihat kandungan gugus fungsi dari minyak. Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sampah plastik yang digunakan untuk pengujian adalah sampah plastik jenis LDPE (seperti kantong plastik kresek atau plastik bening) dan dalam penelitian tidak dilakukan estimasi biaya.

## METODE PENELITIAN

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah tabung freon, pipa *stainless steel*, termometer 500°C, *Pressure gauge* 25 psi, Ember, air dingin, sampah plastik, wadah penampung, kain basah, kompor gas bertekanan tinggi, tabung gas elpiji, selang gas dan regulator bertekanan tinggi. Untuk kerangka fungsi terhadap alat dapat digambar pada gambar 2.1. Metode penelitian adalah metode eksperimen dengan tahapan perancangan alat, uji coba kerja alat, dan analisis minyak yang dihasilkan dengan FTIR (*Fourier-transform infrared spectroscopy*).



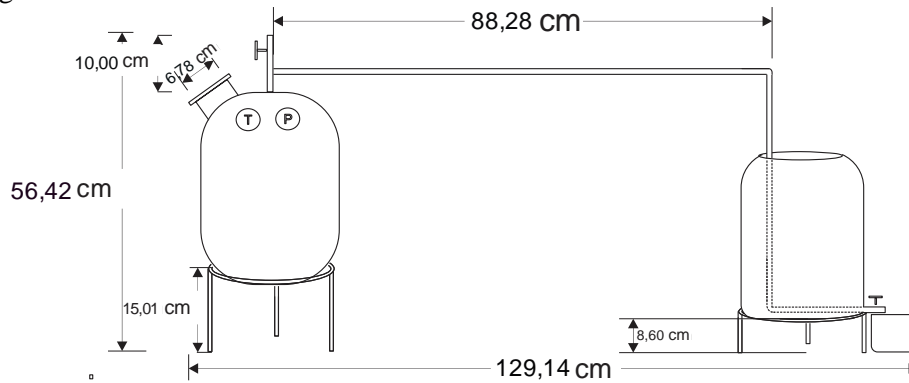
Gambar 2.1. Block Fungsi Alat

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil

Reaktor konversi plastik terdiri dari 5 bagian utama, yaitu *feeder* sebagai tempat memasukkan sampah plastik, tabung reaktor yang terbuat dari tabung freon yang dimodifikasi sebagai tempat terjadinya reaksi pirolisis yang mengubah sampah plastik menjadi gas/uap hidrokarbon. Gas/uap hidrokarbon yang terbentuk akan disalurkan melalui saluran pipa besi yang berhubungan dengan kondensor sebagai pendingin. Gas/uap hidrokarbon yang mengalir melalui saluran akan menjadi minyak (cair) yang disebabkan karena perubahan suhu panas ke dingin. Reaktor dilengkapi dengan termometer untuk mengetahui suhu yang sedang terjadi di badan

tabung reaktor. Berikut ini adalah disain rancangan dan rancang bangun alat reaktor yang telah dirancang:



Gambar 3.1. Desain Reaktor Konversi Sampah Plastik

## B. Pembahasan

### 1. Pengujian Uji Coba Alat

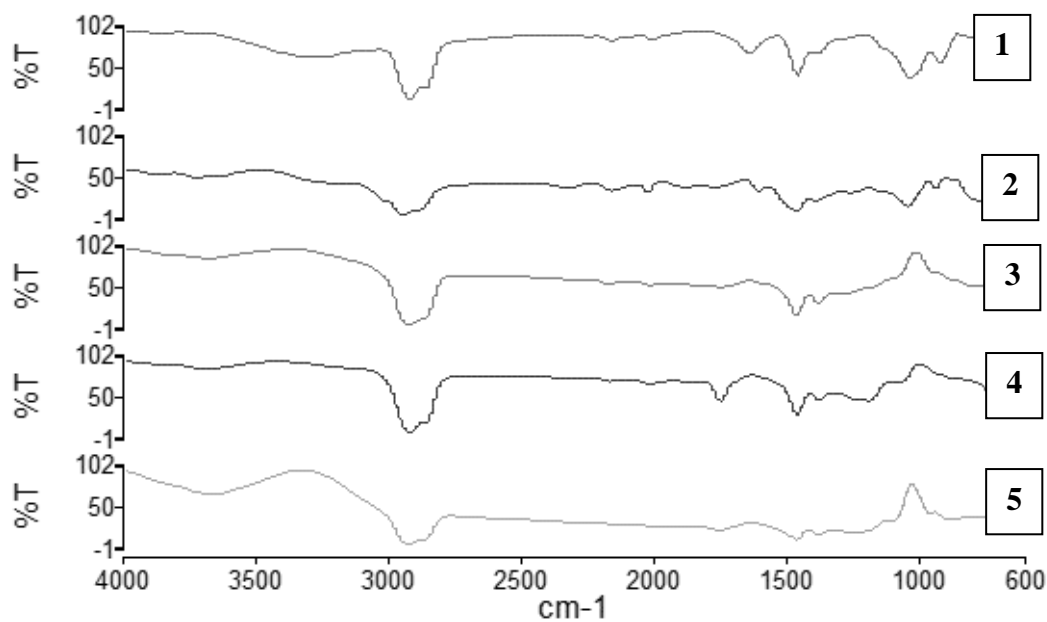
Alat yang telah dirancang dilakukan pengujian uji coba alat dengan bahan yang digunakan adalah sampah plastik berupa kantong-kantong plastik sebanyak 1 kg. Sampah plastik dimasukkan kedalam tabung reaktor dan ditutup rapat. Kemudian dipanaskan dengan kompor gas bertekanan tinggi agar panas reaktor dapat mencapai suhu  $250^{\circ}\text{C}$ . Ketika waktu pemanasan yang dilakukan selama 7 menit alat mengeluarkan gas asap putih pada saluran output dan suhu reaktor menunjukkan suhu  $50^{\circ}\text{C}$ . Gas putih yang terbentuk mudah terbakar. Sedangkan minyak terbentuk pada suhu  $175\text{--}250^{\circ}\text{C}$  pada menit ke 14, dimana jumlah gas putih semakin berkurang dan lebih banyak terbentuk minyak. Setelah 2 jam pemanasan dihentikan ditandai dengan sangat sedikitnya terbentuk minyak, hal ini disebabkan plastik yang diproses telah habis. Jumlah minyak yang didapatkan dari proses selama 2 jam adalah sebesar 471 g. Hal ini disebabkan masih adanya plastik yang mengendap di dasar tabung reaktor. Untuk tekanan gas yang dihasilkan atau dialirkan memiliki tekanan yang rendah  $<0,1$  psi. Minyak yang terbentuk dilakukan uji nyala api, diambil sebanyak 5 ml minyak kemudian dibakar. Pengujian menunjukkan bahwa minyak dapat terbakar dengan warna api kuning kemerahan (Gambar 3.2.).



Gambar 3.2. Uji Nyala Api

### 2. Pengujian FTIR

Pengujian FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi dari hasil pirolisis oleh reaktor yang telah dirancang. Pengujian FTIR juga dilakukan pada sampel pembanding yaitu minyak bensin, minyak tanah, solar dan minyak campuran (bensin, solar dan minyak tanah). Hasil pengujian FTIR dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3.3. Hasil FTIR (1 = minyak hasil reaktor, 2 = bensin, 3 =minyak tanah, 4 = solar, 5 = minyak campuran)

Berdasarkan gambar grafik gelombang hasil FTIR dapat dilihat bahwa grafik nomor 1 dan 4 memiliki bentuk grafik yang mirip, dimana grafik tersebut adalah sampel hasil reaktor dan minyak solar. Berdasarkan grafik ini dapat dikatakan bahwa hasil sampel minyak yang didapatkan dari hasil proses pirolisis dari reaktor yang telah dirancang memperoleh minyak jenis solar.

### SIMPULAN

Reaktor pengubah plastik ini dirancang dengan menerapkan prinsip *thermal cracking* pada prinsip pirolisis, dimana material sampah plastik diproses di dalam tabung reaktor yang dibuah menjadi uap gas kemudian didinginkan sehingga terbentuklah minyak. Waktu pengujian dilakukan selama 2 jam pada sampah plastik jenis LDPE (kantong plastik kresek dan plastik benning) sebanyak 1 kg. Minyak yang didapatkan dapat menyalakan api dan gugus fungsi hasil FTIR menunjukkan mirip dengan jenis minyak solar.

### SARAN

Adapun saran dalam penelitian ini untuk keberlanjutan penelitian pada bidang konversi plastik adalah perlu dilakukan penelitian terhadap pengujian kandungan gas asap putih yang dihasilkan disamping menghasilkan minyak oleh reaktor.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada DRPM Direktorat Jendral penguat Riset dan Pengembangan ristekdikti. Penelitian penulis didanai oleh Hibah Penelitian Dosen Pemula DRPM Dikti tahun 2018. Selanjutnya terima kasih kepada LPPM Universitas Putera Batam yang membantu dan mendukung proses dalam penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Endang, K., Mukhtar, G., Nego, A., & Sugiyana, F. X. A. (2016). Pengolahan Sampah Plastik dengan Metoda Pirolisis menjadi Bahan Bakar Minyak. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" Pengembangan Teknologi Kimia Untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, 1–7.
- Filho, W. L., Saari, U., Fedoruk, M., Iital, A., Moora, H., Klöga, M., & Voronova, V. (2019). An overview of the problems posed by plastic products and the role of extended producer responsibility in Europe. *Journal of Cleaner Production*, 214(20 March 2019), 550–558. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.256>
- Naimah, S., & Aidha, N. (2017). Karakteristik Gas Hasil Proses Pirolisis Limbah Plastik Polietilena ( Pe ) Dengan Menggunakan Katalis Residue Catalytic Cracking ( Rcc ). *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 39(1), 31–38.
- R.Miandad, A.S.Nizami, M.Rehan, M.A.Barakat, M.I.Khan, A.Mustafa, ... J.D.Murphy. (2016). Influence of temperature and reaction time on the conversion of polystyrene waste to pyrolysis liquid oil. *Waste Management*, 58(December), 250–259.
- Subdirektorat Statistik Lingkungan Hidup. (2018). *STATISTIK LINGKUNGAN HIDUP INDONESIA 2018 (ENVIRONMENT STATISTICS OF INDONESIA 2018)* (Subdirektorat Statistik Lingkungan Hidup, ed.). Badan Pusat Statistik/BPS–Statistics Indonesia.
- Surono, U. B. (2013). Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik menjadi Bahan Bakar Minyak. *Jurnal Teknik*, 3(April 2013), 32–40.