

# STUDI LITERATUR PENGARUH SUHU PEMANASAN DAN JENIS KATALIS TERHADAP PRODUKSI MINYAK PIROLISIS SAMPAH PLASTIK

Sania dan Luchis Rubianto

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia  
niasan29@gmail.com, [luchis.rubianto@polinema.ac.id]

## ABSTRAK

Sampah Plastik dapat dikonversi menjadi minyak dengan menggunakan proses *hydrocracking*, *thermal cracking* dan *catalytic cracking* (pirolisis dengan katalis). Minyak hasil proses tersebut dapat diaplikasikan sebagai bahan bakar minyak untuk rumah tangga maupun kendaraan. Proses pirolisis menghasilkan karakteristik produk yang beragam karena adanya faktor yang mempengaruhi reaksi seperti metode yang digunakan, suhu proses, jenis plastik, penggunaan katalis, maupun komposisi bahan baku. Produk minyak dianalisis menggunakan GCMS, sedangkan katalis diaktivasi dan dikarakterisasi menggunakan BET, XRD, dan XRF. Sifat minyak bahan bakar dibandingkan dengan standar bahan bakar konvensional sebagai evaluasi proses yang telah dilakukan. Kajian ini bertujuan untuk mengetahui metode yang sesuai dalam konversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak, katalis yang dapat meningkatkan hasil *yield*, serta untuk mengetahui pengaruh suhu pemanasan dan jenis katalis terhadap produksi minyak limbah plastik. Hasil dari studi literatur ini adalah metode yang optimal digunakan untuk konversi sampah plastik menjadi bahan bakar adalah metode *catalytic cracking* sampah PET dengan katalis zeolit alam.

**Kata kunci:** *Catalytic cracking, konversi, minyak pirolisis, PET, zeolit alam*

## ABSTRACT

Plastic waste can be converted into oil using the *hydrocracking*, *thermal cracking* and *catalytic cracking* (pyrolysis with catalyst) processes. Oil from the process can be applied as fuel oil for households or vehicles. The pyrolysis process produces a variety of product characteristics due to factors that influence the reaction such as the method used, the temperature of the process, the type of plastic, the use of catalysts, and the composition of raw materials. Oil products were analyzed using GCMS, while catalysts were activated and characterized using BET, XRD, and XRF. The nature of fuel oil is compared with conventional fuel standards as an evaluation of the process that has been carried out. This study aims to determine the appropriate method in the conversion of plastic waste into fuel oil, catalysts that can increase yields, and to determine the effect of heating temperature and type of catalyst on the production of waste plastic oil. The results of this literature study the optimal method used for the conversion of plastic waste into fuel is the *catalytic cracking* method of PET waste with natural zeolit catalyst.

**Keywords:** *Catalytic cracking, conversion, pyrolysis oil, PET, zeolit nature*

## 1. PENDAHULUAN

Penggunaan plastik dan barang-barang berbahan dasar plastik semakin meningkat seiring berkembangnya teknologi, industri dan juga jumlah populasi penduduk.

Di Indonesia, kebutuhan plastik terus meningkat hingga mengalami kenaikan rata-rata 200 ton per tahun. Akibat dari peningkatan penggunaan plastik ini adalah bertambah pula sampah plastik. Berdasarkan data Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Malang tahun 2019, jumlah timbunan sampah mencapai 664,62 ton per hari dengan sampah plastik berada di urutan kedua sebesar 17,50 persen. Total sampah ini berasal dari 907.346 jiwa penduduk. Ditambah lagi adanya penduduk pendatang, baik pekerja dan mahasiswa sekitar 300 ribu jiwa.

Limbah plastik dapat digunakan sebagai bahan baku untuk operasi daur ulang atau dapat diolah sebelum dibuang, menghasilkan limbah yang diubah menjadi bahan yang dapat dibuang atau digunakan kembali dengan aman. Limbah plastik memiliki keuntungan ekonomis, dibandingkan dengan banyak limbah padat lainnya, karena dapat didaur ulang secara teratur.

Pengolahan sampah plastik saat ini yang sering dilakukan adalah dengan mengubah sampah plastik menjadi bahan bakar yang memiliki nilai ekonomis. Hal tersebut tentu menjadi kelebihan dibandingkan mengolah sampah plastik dengan metode 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*).

Pirolisis merupakan teknologi yang dapat dijadikan sebagai pilihan untuk mengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar dengan metode *thermal cracking*. Pirolisis dapat dilakukan pada berbagai tingkat suhu, tekanan, dan ada atau tidak adanya gas atau cairan reaktif, dan katalis. Beberapa peneliti telah melakukan penelitian tentang pengolahan plastik menjadi bahan bakar minyak. Areeprasert, dkk [1], melakukan penelitian mengubah sampah plastik di kota Bangkok menjadi bahan bakar minyak dengan hasil produk minyak dari pirolisis LDPE tertinggi (60%). Pemulihan energi dari plastik melalui pirolisis adalah masing-masing 75%, 59%, 50%, dan 49% untuk LDPE, campuran HDPE dan LDPE, PP, dan HDPE.

Penelitian lainnya menyimpulkan bahwa dari hasil percobaan, produk yang kandungannya mendekati dengan mutu bensin adalah pada penggunaan jumlah katalis 20% [2]. Pada *catalytic cracking* sampah plastik polipropilena (PP) menggunakan katalis Zeolit X dengan variasi suhu reaksi 350°C, 400°C, dan 450°C, serta rasio katalis/plastik 0,5; 1; dan 1,5 (% berat) dengan waktu reaksi 60 menit menghasilkan produk mengandung fraksi bahan bakar bensin, kerosin dan solar sebesar 60,46% dan 7,48% dengan pengujian GC-MS [3].

Mengacu pada penelitian terdahulu kajian ini dilakukan untuk mengetahui metode yang sesuai dalam konversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak, katalis yang sesuai, serta untuk mengetahui pengaruh temperatur pemanasan dan rasio katalis terhadap produksi minyak limbah plastik. Sampah plastik dapat dikonversi menjadi bahan bakar minyak menggunakan proses *hydrocracking*, *thermal cracking*, dan *catalytic cracking* dengan katalis zeolit, alumina-silika, dan MgCO<sub>3</sub> untuk hasil *yield* lebih tinggi. Sehingga dari studi literatur berbagai jurnal tentang produksi minyak sampah plastik akan didapatkan metode yang sesuai, data yang menunjukkan pengaruh temperatur pemanasan dan rasio katalis terhadap mutu minyak pirolisis dari sampah plastik.

## 2. METODOLOGI PENULISAN

Artikel ini disusun berdasarkan studi literatur untuk mengetahui metode yang sesuai dalam konversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak, katalis yang sesuai, serta untuk

mengetahui pengaruh temperatur pemanasan dan rasio katalis terhadap produksi bahan bakar minyak limbah plastik. Karya ilmiah ini disusun secara deskriptif kualitatif dengan beberapa sumber berupa jurnal 10 tahun terakhir. Sehingga dapat mengkaji data-data serta pendekatan teori dan dapat disimpulkan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Teknologi konversi energi dari pengolahan sampah plastik yang berkembang saat ini ada 3 jenis proses perengkahan yaitu *hydrocracking*, *thermal cracking* dan *catalytic cracking*. Urutan proses perengkahan yang menggunakan suhu tertinggi sebesar 500°C merupakan proses *hydrocracking* kemudian *thermal cracking* dan *catalytic cracking*. Metode *hydrocracking* yang dilakukan oleh Daryoso [4], dengan penggunaan variasi suhu 350, 400, 450, dan 500 °C didapatkan konversi produk yang meningkat seiring meningkatnya suhu proses. Hasil tertinggi sebesar 1,344% dihasilkan pada suhu 500°C, hal itu terjadi sesuai dengan teori kinetika bahwa reaksi dapat berlangsung jika ada kontak antar molekul reaktan dengan orientasi yang tepat dan energi yang cukup. Peningkatan suhu akan mempercepat laju reaksi, akan tetapi suhu yang terlalu tinggi diatas suhu optimum akan menurunkan presentase konversi produk. Dalam penelitian tersebut proses hidrorengkah dibantu oleh katalis NiMo/Zeolit alam yang telah diaktivasi terlebih dahulu. Katalis berperan dalam pemutusan rantai hidrokarbon menjadi lebih pendek yang dibuktikan pada perbandingan katalis dan umpan optimum 3:4 menghasilkan konversi sampah polietilen terbanyak sebesar 8,032% .

Selain *hydrocracking*, metode yang telah dilakukan oleh peneliti lain dalam mengolah sampah plastik yakni metode *thermal cracking*. Kumar [5] mengolah limbah HDPE menjadi minyak hidrokarbon menggunakan metode pirolisis. Proses pirolisis dijalankan dengan pengendalian suhu plastik di dalam reaktor dari 400°C dengan waktu tinggal 1 - 6 jam, kemudian menaikkan suhu sampai 450°C sehingga didapatkan peningkatan hasil minyak dari 23% menjadi 28% pada waktu tinggal 1 jam, sedangkan pada waktu tinggal 4 jam meningkat menjadi 50,8%. Hal tersebut tidak terjadi peningkatan produk minyak terus menerus karena pemecahan hidrokarbon sudah mencapai puncak, dimana fraksi yang terbentuk merupakan cairan lilin dan gas. Hasil minyak pirolisis limbah HDPE berwarna kecoklatan gelap dan tidak ada sedimen yang terlihat. Berdasarkan penelitian kisaran titik didih minyak adalah 82-325°C dimana nilai tersebut menunjukkan adanya campuran antara bensin, minyak tanah dan diesel.

Pengaruh suhu terhadap *yield liquid* hasil pirolisis yang dilakukan oleh Udyani [6] menunjukkan bahwa pada suhu proses 500-650°C, *yield* tertinggi pada pirolisis plastik LDPE didapatkan sebesar 39,58% pada suhu 500°C. *Yield* yang dihasilkan mengalami penurunan saat proses berjalan pada suhu diatas 550°C. Hal tersebut terjadi karena semakin tinggi suhu maka semakin banyak komponen yang terdekomposisi menjadi gas yang tidak terkondensasi, sehingga *liquid* yang dihasilkan semakin sedikit.

Proses perengkahan yang dilakukan oleh Kaimal [7] merupakan proses *catalytic cracking* dimana proses ini merupakan proses pirolisis dengan penambahan katalis. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini membuktikan bahwa keterlibatan katalis dalam proses *thermal cracking* dapat menurunkan suhu proses, peningkatan hasil minyak plastik, serta pembentukan senyawa hidrokarbon yang mendekati kandungan bahan bakar diesel. *Yield* minyak yang dihasilkan dalam penelitian ini sebesar 80% berat umpan plastik.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Budianto,dkk. [8] tentang pirolisis limbah botol plastik jenis PET dengan katalis MgCO<sub>3</sub> menunjukkan bahwa penggunaan katalis MgCO<sub>3</sub>

dapat meningkatkan hasil produk cair (minyak). Sebelum menggunakan katalis, produk cair yang didapatkan sebanyak 91,939 gram. Perolehan produk terbanyak yakni pada rasio katalis 30% jumlah produk cair yang didapatkan sebanyak 185,734 gram yang berarti mengalami kenaikan jumlah produk cair sebesar 98% . Suhu operasi yang digunakan sebesar 450°C telah membuktikan bahwa pirolisis sampah plastik PET dengan bantuan katalis  $MgCO_3$  pada suhu tersebut dapat menghasilkan *condensable gas* lebih banyak sebesar 53,2% dibandingkan tanpa katalis.

Hasil uji GC-MS produk cair yang didapatkan, komposisi terbaik untuk mendapatkan hasil produk sejenis diesel yakni dengan penambahan katalis sebanyak 20% dengan suhu proses sebesar 450°C didapatkan komponen diesel *fuel* sebesar 63,61% dan juga didapatkan komponen *gasoline* sebanyak 20,93%.

Pada proses perengkahan berkatalis, penggunaan katalis dengan keasaman yang kuat seperti zeolit dapat membantu pemecahan rantai karbon panjang menjadi rantai karbon pendek yang beragam. Aktivasi zeolit sebelum digunakan bertujuan untuk meningkatkan kemampuan zeolit dalam proses perengkahan. Pada penelitian yang dilakukan oleh Udyani [9] hasil analisa luas permukaan zeolit sebelum aktivasi adalah 70 m<sup>2</sup>/g sedangkan luas permukaan setelah aktivasi adalah 96 m<sup>2</sup>/g. Kenaikan luas permukaan zeolit tersebut didapatkan karena berkurangnya kandungan air pada sela pori – pori zeolit akibat adanya pemanasan dan berkurangnya alumina karena direndam dalam larutan asam.

Jumlah katalis yang digunakan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap proses produksi minyak bahan bakar dari pirolisis limbah plastik serta mempengaruhi komposisi senyawa penyusun minyak bahan bakar yang dihasilkan. Dalam penelitian pirolisis katalitik plastik HDPE menggunakan 2 jenis katalis dalam sekali proses yakni katalis MCM-41 dan ZSM-5. Penggunaan 2 jenis katalis tersebut mempengaruhi pembentukan *yield* minyak dan senyawa penyusun bahan bakar minyak. Dengan 2 *layer* katalis tersebut dapat menghasilkan minyak pirolisis dengan distribusi kandungan rantai hidrokarbon *gasoline* dan hidrokarbon dengan berat molekul tinggi seperti C<sub>13+</sub>. Hasil *yield* minyak tertinggi yang didapatkan sebesar 83,15 wt%. Diperoleh hidrokarbon *gasoline* (C<sub>8</sub>-C<sub>12</sub>) tertinggi sebesar 97,72 wt% dengan senyawa aromatis sebesar 95,85% didapatkan pada penggunaan rasio katalis MCM-41:ZSM-5 sebesar 1:1, rasio katalis dan umpan plastik 1:2 dengan suhu operasi 500°C. kandungan gas utama yang terbentuk selama proses pirolisis katalitik plastik adalah gas C<sub>2</sub> (terutama etena), C<sub>3</sub>(propena) dan C<sub>4</sub> (butena dan butadiena). Penggunaan 2 *layer* katalis mesopori diatas katalis mikroprori dapat memaksimalkan konversi limbah plastik menjadi hidrokarbon rentang bensin [10].

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan kajian yang dilakukan pada beberapa jurnal tentang pengaruh temperatur pemanasan dan katalis terhadap produksi minyak pirolisis sampah plastik, diperoleh kesimpulan berikut:

1. Metode pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar minyak yang paling optimum adalah *catalytic cracking* (pirolisis dengan katalis).
2. Semua jenis plastik dapat menghasilkan bahan bakar minyak. Urutan hasil *yield* yang diperoleh yaitu PS>PP>LDPE>HDPE>PET.
3. Katalis zeolit alam yang sudah diaktivasi dapat digunakan sebagai katalis proses pirolisis karena memiliki permukaan yang luas, dan tingkat keasaman yang dapat membantu perengkahan hidrokarbon

4. Proses *catalytic cracking* sampah plastik dipengaruhi oleh suhu pemanasan dan % berat katalis. *Yield* minyak yang dihasilkan meningkat seiring dengan meningkatnya suhu pemanasan, pada suhu 450°C didapatkan *yield* tertinggi sebesar 80%. Hasil minyak mendekati mutu bensin pada penggunaan katalis zeolit alam sebanyak 20% berat katalis.

Berdasarkan hasil studi literatur maka direkomendasikan untuk melakukan katalitik pirolisis plastik PET menggunakan katalis zeolit alam. Karena limbah plastik terbanyak adalah jenis PET yang mana penggunaan plastik ini hanya satu kali pakai. Pemilihan katalis zeolit alam didasarkan atas kemudahan mendapatkan katalis dan *treatment* awal yang dilakukan. Serta penggunaan katalis zeolit alam tidak membentuk residu dan emisi yang berbahaya.

## REFERENSI

- [1] Areeprasert, C., Asingsamanunt, J., Srisawat, S., Kaharn, J., Inseemeeesak, B., Phasee, P., Khaobang, C., Siwakosit, W., Chiemchaisri, C., 2017, *Municipal Plastic Waste Composition Study at Transfer Station of Bangkok and Possibility of its Energy Recovery by Pyrolysis*, Energy Procedia, Vol. 107, 222-226.
- [2] Sa'diyah, K., Juliastuti, S.R., 2015, *Pengaruh Jumlah Katalis Zeolit Alam Pada Produk Proses Pirolisis Limbah Plastik Polipropilen (Pp)*, Jurnal Bahan Alam Terbarukan, Vol. 4, No. 2, 40-45.
- [3] Wahyudi, E., Zultiniar, Saputra, E., 2016, *Pengolahan Sampah Plastik Polipropilena (PP) Menjadi Bahan Bakar Minyak dengan Metode Perengkahan Katalitik Menggunakan Katalis Sintetis*, Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan., Vol. 11, No. 1, Juni, 17-23.
- [4] Daryoso, K., Wahyuni, S., Saputro, S.H., 2012, *Uji Aktivitas Katalis Ni-Mo/Zeolit Pada Reaksi Hidrorengkahfraksi Sampah Plastik (Polietilen)*, Vol. 1, No. 1, 50-54.
- [5] Kumar, S., Singh, R.K., 2011, *Recovery of hydrocarbon liquid from waste high density polyethylene by thermal pyrolysis*, Brazilian Journal of Chemical Engineering., Vol. 28, No. 4, October, 659-667.
- [6] Udyani, K., Ningsih, E., Arif, M., 2018, *Pengaruh Temperatur Pirolisis Terhadap Yield dan Nilai Kalor Bahan Bakar Cair Dari Bahan Limbah Kantong Plastik*, Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan, Vol. VI, 389-394.
- [7] Kaimal, V.K., Vijayabalan, P., 2015, *A Detailed Study of Combustion Characteristics of A DI Diesel Engine Using Waste Plastic Oil and its Blends*, Energy Conversion Management, Vol. 105, 951-956.
- [8] Budianto, A., Adyus, R., Chrisnawangsih, T., 2017, *Pirolisis Botol Plastik Bekas Minuman Air Mineral Jenis PET Menjadi Fuel*, Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan, Vol. V, 201-206.
- [9] Udyani, K., Wulandari, Y., 2014, *Aktivasi Zeolit Alam untuk Peningkatan Kemampuan sebagai Adsorben pada Pemurnian Biodiesel*. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan, Vol. II, 512-519.
- [10] Ratnasari, D.K., Nahil, M.N., Williams, P.T., 2016, *Catalytic Pyrolysis of Waste Plastics using Staged Catalysis for Production of Gasoline Range Hydrocarbon Oils*, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis.