

PENGARUH PENAMBAHAN ZEOLIT SEBAGAI KATALIS PADA PROSES PIROLISIS LIMBAH KANTONG PLASTIK MENJADI BAHAN BAKAR MINYAK

Widyarini¹, Sukadi², Azay Maulana³

Politeknik Jambi, Jambi

e-mail: ¹*widya@politeknikjambi.ac.id, ²sukadi@politeknikjambi.ac.id

Abstract: *The continuous use of plastic bags has become one of the main causes of environmental pollution, especially due to non-biodegradable plastic bags. Efforts to convert plastic waste into fuel represent a potential solution to reduce waste accumulation and provide an alternative energy source. Pyrolysis is a thermal decomposition process of organic materials in the absence of oxygen, which can produce gas, oil, and solid residue (char). To improve the efficiency and selectivity of pyrolysis products, the addition of a catalyst is essential. This study aims to examine the effect of adding zeolite as a catalyst on the pyrolysis results of plastic bags, focusing on oil yield and the effect of varying durations in the pyrolysis process. The weight of plastic bag waste used was 1 kg, while the catalyst used was 10% of the plastic weight. The durations tested were 1 hour, 1 hour 15 minutes, 1 hour 30 minutes, 1 hour 45 minutes, and 2 hours. The test results showed that the longer the pyrolysis duration, the greater the oil yield obtained. However, when considering the use of zeolite as a catalyst, the oil yield from the pyrolysis process with zeolite catalyst was lower compared to pyrolysis without a catalyst.*

Keywords: *Plastic Bag Waste, Pyrolysis, Catalyst, Oil Yield*

Abstrak: Penggunaan kantong plastik secara terus menerus telah menjadi salah satu penyebab utama pencemaran lingkungan, terutama kantong plastik yang bersifat non-biodegradable. Upaya pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar merupakan solusi potensial dalam mengurangi akumulasi limbah serta menyediakan alternatif sumber energi. Pirolisis merupakan proses dekomposisi termal bahan organik tanpa kehadiran oksigen, yang dapat menghasilkan gas, minyak, dan residu padat (char). Untuk meningkatkan efisiensi dan selektivitas produk pirolisis, penambahan katalis sangat diperlukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh penambahan zeolit sebagai katalis terhadap hasil pirolisis kantong plastik, dengan fokus pada yield minyak serta pengaruh lama waktu pada proses pirolisis. Berat limbah kantong plastik yang digunakan sebesar 1 kg. Sedangkan katalis yang digunakan sebesar 10% dari berat plastik. Lama waktu yang digunakan selama 1 jam, 1 jam 15 menit, 1 jam 30 menit, 1 jam 45 menit serta 2 jam. Hasil pengujian didapat bahwa semakin lama waktu pirolisis semakin banyak hasil minyak yang didapat. Ditinjau dari penggunaan katalis zeolit, hasil minyak yang didapat pada proses pirolisis dengan menggunakan katalis zeolit lebih sedikit dibanding dengan pirolisis tanpa menggunakan katalis.

Kata kunci: Limbah Kantong plastik, Pirolisis, Katalis, Hasil Minyak.

PENDAHULUAN

Plastik berperan penting pengemasan, transportasi, penyimpanan makanan serta memastikan keamanan peralatan medis (Chen, dkk. 2020).

Keunggulan penggunaan plastik dibanding dengan material yang lain yaitu kuat, ringan, fleksibel, tahan karat, tidak mudah pecah, mudah diberi warna, mudah dibentuk serta merupakan bahan isolator panas yang baik (Reni Hiola dan

Nur Ayini S. Lalu, 2017). Di antara berbagai jenis plastik, kantong plastik berbahan dasar polietilena yaitu LDPE (Low Density Polyethylene) dan HDPE (High Density Polyethylene) merupakan limbah paling umum yang sering dijumpai di lingkungan. Sampah plastik adalah yang paling banyak dihasilkan oleh manusia. Plastik merupakan salah satu bagian dari polimer. Polimer merupakan molekul raksasa dimana memiliki bobot molekul tinggi, dimana terdiri dari pengulangan unit-unit dan membentuk rantai yang sangat panjang, polimer ini tersusun dari dua suku kata (poly = banyak, meros = bagian). Limbah kantong plastik bersifat non-biodegradable, yang artinya sulit terurai secara alami, sehingga menimbulkan permasalahan lingkungan yang serius, seperti pencemaran tanah, air, bahkan rantai makanan melalui mikroplastik. Saat ini, total produksi sampah plastik secara global diperkirakan sekitar 400 juta ton per tahun (Baca, dkk. 2023).

Penggunaan kantong plastik secara terus menerus telah menjadi salah satu penyebab utama pencemaran lingkungan, terutama kantong plastik yang bersifat non-biodegradable. Menurut (Mochamad Syamsuro, 2015) Plastik merupakan salah satu produk turunan dari minyak bumi. Upaya pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar merupakan solusi potensial dalam mengurangi akumulasi limbah serta menyediakan alternatif sumber energi. Pirolisis merupakan proses dekomposisi termal bahan organik tanpa kehadiran oksigen, yang dapat menghasilkan gas, minyak, dan residu padat (char).

Proses pirolisis menghasilkan karbon dioksida dan karbon monoksida, serta sebagian besar berupa residu padat (Williams, 2007). Temperatur transisi merupakan temperatur di mana plastik mengalami proses perenggaan struktur sehingga terjadi perubahan dari kondisi kaku menjadi lebih fleksibel. Thermal cracking merupakan konsep proses pirolisis dimana memanaskan bahan polimer tanpa oksigen. Proses ini biasanya dilakukan pada temperatur

antara 350°C sampai 900°C (Wadji, dkk. 2020).

Pirolisis merupakan proses degradasi yang berlangsung secara termal dari bahan berbasis karbon melalui penggunaan sumber panas eksternal yang tidak langsung. Untuk meningkatkan efisiensi dan selektivitas produk pirolisis, penambahan katalis sangat diperlukan. Zeolit merupakan katalis padat yang banyak digunakan dalam proses pirolisis karena memiliki struktur mikropori yang teratur, luas permukaan tinggi, serta sifat asam yang mendukung proses pemecahan rantai karbon panjang menjadi fraksi hidrokarbon yang lebih ringan.

Pemanfaatan zeolit sebagai katalis tidak hanya berkontribusi terhadap peningkatan hasil dan kualitas bahan bakar minyak dari limbah kantong plastik, tetapi juga mendukung pemanfaatan sumber daya alam dalam negeri secara berkelanjutan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan zeolit sebagai katalis pada proses pirolisis kantong plastik terhadap kuantitas dan kualitas bahan bakar minyak yang dihasilkan.

Penggunaan katalis, seperti zeolit, dalam proses pirolisis diketahui dapat meningkatkan laju reaksi dan mengarahkan distribusi produk ke arah fraksi bahan bakar yang diinginkan. Zeolit memiliki sifat asam dan struktur pori yang sesuai untuk proses pemecahan rantai polimer hidrokarbon, yang sangat berguna dalam meningkatkan kualitas minyak pirolisis.

Katalis sendiri mempercepat cracking sehingga yield minyak meningkat dan fragmen menjadi lebih ringan/ aromatik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh penambahan zeolit sebagai katalis terhadap hasil pirolisis kantong plastik, dengan fokus pada yield minyak serta pengaruh lama waktu pada proses pirolisis.

METODE

Pelaksanaan ini dilaksanakan di bengkel perawatan Politeknik Jambi.

Bahan dan Alat

Pada penelitian ini menggunakan bahan dan peralatan berupa limbah kantong ondens LDPE (Low Density Polyethylene), dibersihkan dan dicacah, serta ondens digunakan sebagai katalis. Untuk peralatan yang digunakan menggunakan ondens pirolisis tipe batch berbahan stainless steel, gas elpiji, termokopel untuk control suhu, ondenser pendingin serta wadah penampung fraksi cair.

Prosedur Penelitian

Tahapan penelitian meliputi : persiapan alat an bahan penelitian berupa sampah plastik LDPE (Low Density Polyethylene) dimana berat kantong plastik sebesar 1 kg dimasukkan kedalam reaktor bersama katalis zeolit sebesar 10% dari berat plastik) dengan lama waktu 1 jam, 1 jam 30 menit dan 2 jam. Kondensasi produk dimana uap hasil pirolisis dialirkan melalui kondensor untuk mengumpulkan fraksi cair. Selanjutnya pengukuran hasil pirolisis di tinjau dari yield yang dihasilkan serta pengaruh lama waktu pada proses pirolisis, sebelum menggunakan katalis dan setelah menggunakan katalis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Katalis berfungsi mempercepat pemutusan rantai polimer pada plastik, sehingga mempercepat pembentukan senyawa hidrokarbon yang lebih ringan. Zeolit, karena memiliki struktur pori dan sifat asam, efektif dalam proses ini. Penggunaan katalis juga mengurangi pembentukan residu padat dan gas. Peran katalis disini juga berfungsi meningkatkan konversi, menggeser fraksi berat menjadi produk ringan, meningkatkan selektivitas aromatic.



Gambar 1 Mesin Pirolisis

Prinsip kerja mesin ini adalah mula mula bahan baku yang berupa sampah kantong plastik dimasukkan kedalam main hole dari reaktor pirolisis dengan berat yang telah ditentukan bersamaan dengan katalis zeolit, dengan suhu pirolisis yang didapat, menyebabkan terjadi perubahan fase dari padat menjadi gas yang kemudian dikonversikan melewati kondesor menjadi liquid. Selama pirolisis, bahan baku (sampah plastik) dipanaskan tanpa oksigen, menghasilkan uap/ gas pirolisis yang terdiri dari berbagai senyawa volatil.

Kondensor berfungsi untuk menurunkan suhu gas-gas ini sehingga berubah menjadi fase cair. Dengan mengembunkan uap, volume gas berkurang sehingga bisa membantu menjaga kestabilan tekanan dalam reaktor pirolisis.

Dalam proses kondensasi, dibantu oleh sistem pendingin dengan memanfaatkan radiator bekas sebagai media untuk menyerap panas ke kisi – kisi dan memanfaatkan kipas ac untuk melakukan pelepasan panas ke udara. Kipas AC tersebut dihubungkan langsung kebagian belakang radiator dengan menggunakan plat dan baut sebagai kedudukan kipas AC. Dengan adanya sistem pendingin, proses kondensasi didapat lebih maksimal.

Sebagai bahan bakar guna proses pirolisis, peneliti menggunakan sumber panas yang berasal dari tabung gas yang disupport oleh pemantik.

Proses penelitian dilakukan dengan pengujian menggunakan katalis dan tidak menggunakan katalis. Adapun bahan baku yang digunakan adalah plastik LDPE (Low Density Polyethylene). Dimana dari penelitian didapatkan hasil sebagai berikut

Tabel 1 Hasil Pirolisis Tanpa Menggunakan Katalis

Berat (kg)	Waktu (jam)	Temperatur (°C)	Hasil (ml)
1 kg	1	125	15
	1,15	130	15
	1,30	140	17
	1,45	150	20
	2	170	24

Tabel 2 Hasil Pirolisis Menggunakan Katalis

Berat (kg)	Waktu (jam)	Temperatur (°C)	Hasil (ml)
1 kg	1	90	9,5
	1,15	95	9,8
	1,30	103	10,5
	1,45	110	13
	2	115	16

Berdasarkan hasil pengujian baik menggunakan katalis atau tidak menggunakan katalis, didapat bahwa semakin tinggi suhu proses, maka massa yang ada dalam reaktor akan semakin menurun. Sehingga nilai konversi yang dihasilkan semakin banyak. Pada proses ini, rantai panjang hidrokarbon diurai menjadi rantai pendek.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa hasil pirolisis dengan menggunakan katalis lebih sedikit jumlahnya dibandingkan dengan hasil pirolisis yang tidak menggunakan katalis. Dengan waktu yang sama pada proses pirolisis, terdapat temperature yang berbeda yang didapatkan, dimana temperatur pirolisis yang tidak menggunakan katalis lebih kecil pencapaiannya saat proses dibandingkan dengan temperatur proses pirolisis dengan menggunakan katalis.

Pada penelitian ini didapat volume minyak yang tidak terlalu tinggi kemungkinan hal ini disebabkan salah

satu adalah suhu pada tabung reaktor tidak stabil. Lamanya proses pirolisis juga bergantung pada keadaan ruangan sekitar tempat proses pirolisis, seperti angin yang bertiup kencang akan mengganggu nyala api pada kompor, yang akan menyebabkan suhu pada tabung reaktor terganggu. Pada saat memanaskan tabung reaktor sebaiknya menggunakan kompor yang memiliki nyala api yang besar agar waktu proses pirolisis lebih cepat.

Disisi lain, dengan volume minyak yang dihasilkan kecil menjadi catatan penting sehubungan dengan desain peralatan dimana belum optimalnya laju panas pembakaran sehingga didalam reaktor belum dicapai suhu 400°C, bentuk tutup reaktor yang belum maksimal sehingga menyebabkan terjadi heat loss dan aliran gas keluar dari celah tutup reaktor serta temperatur yang kurang tinggi tercapai dari sumber api LPG.

Semakin lama waktu pirolisis akan mempengaruhi hasil minyak yang didapat, jumlah minyak lebih banyak pada pelaksanaan waktu yang lama, karena proses perengkahan maksimal dalam memutuskan ikatan rantai C panjang menjadi rantai C pendek.

Pada penelitian ini, juga dapat dilihat bahwa kantong plastik yang dipanaskan telah melumer dan mencair pada 1 jam pertama pada suhu dibawah 150°C. Pada pengujian tanpa menggunakan katalis didapat suhu pertama kali menghasilkan minyak pada suhu 125°C dan pada pengujian menggunakan katalis didapat suhu pertama kali menghasilkan minyak pada suhu 90°C. Selanjutnya mulai menguap menjadi fase gas dan menghasilkan cairan. Namun hasil yang diperoleh belum maksimal. Pada penelitian Sarker, 2012, (didalam Wedayani 2020) menyebutkan bahwa sampah plastic LDPE (*Low Density Polyethylene*) diolah menjadi kerosin dengan menggunakan metode thermal cracking dengan tekanan atmosfer pada temperature 150°C hingga 420°C. Agar perolehan hasil maksimal, biasanya berada pada temperatur antara 350°C sampai 900°C (Untoro Budi, 2013).

C agar rantai hidrokarbon dapat terurai secara keseluruhan. Lebih lanjut, perlu dilakukan penyempurnaan desain reaktor yang lebih detail sehingga proses perengkahan menjadi maksimal tanpa adanya heat loss dari reaktor. Penyempurnaan reaktor ini akan berdampak pada pencapaian tempertaur yang maksimal dari sumber panas kompor.

Sifat dari katalis zeolit memiliki sifat adsorpsi, dan minyak yang dihasilkan lebih jernih dan kurang impuritiesnya. Secara umum, zeolit mampu menyerap, menukar ion dan menjadi katalis, zeolit sintesis memiliki pori pori lebih sedikit, tetapi memiliki kandungan Si dan Al yang lebih banyak serta aktivitas katalitik yang baik.

SIMPULAN

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penambahan katalis zeolit pada proses pirolisis berdampak pada hasil yang didapat. Pengujian dengan menggunakan katalis zeolit, hasil minyak yang didapat lebih sedikit dibanding dengan hasil minyak yang didapat dari proses pirolisis tanpa menggunakan katalis zeolit.

Lama waktu pengujian, berdampak terhadap hasil yang didapat, semakin lama waktu pirolisis maka hasil yang didapat semakin banyak, hal ini menandakan proses perengkahan rantai atom C panjang menjadi rantai atom C pendek menjadi lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Sutabri, T. (2015). Konsep sistem informasi. Penerbit Andi.
Reni Hiola Dan Nur Ayini S. Lalu, 2017. Pengolahan Sampah Plastik Dengan Metode Penyulingan Sederhana

Menjadi Minyak Mentah Di Desa Dambalo Kecamatan Tomilito Kabupaten Gorontalo Utara. Fakultas Olagraha Dan Kesehatan Universitas Negeri Gorontalo.

Mochamad Syamsuro. 2015. Rancang Bangun Mesin Pencacah Plastik Sebagai Bahan Baku Mesin Pirolisis Skala Komunal. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Janabadra. Yogyakarta.

Wadji, B., Safiruddin., Novianti, B. A., Zahara, L.,. 2020. Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak (BBM) Dengan Metode Pirolisis Sebagai Energi Alternatif. Kappa Journal : Program Studi Pendidikan Fisika. FMIPA. Universitas Hamzanwadi.

Wedayani, N.M.,. 2018 . Studi Pengelolaan Sampah Plastik di Pantai Kuta. Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan Vol.15 No.2 September 2018.

Chen, Y.; Awasthi, A.K.; Wei, F.; Tan, Q.; Li, J. Single-use plastics: Production, usage, disposal, and adverse impacts. Sci. Total Environ. 2020, 752, 141772.

Baca, D.; Monroy, R.; Castillo, M.; Elkhazraji, A.; Farooq, A.; Ahmad, R. Dioxins and plastic waste: A scientometric analysis and systematic literature review of the detection methods. Environ. Adv. 2023, 13, 100439.

Williams, P.T.; Slaney, E. Analysis of products from the pyrolysis and liquefaction of single plastics and waste plastic mixtures. Resour. Conserv. Recycl. 2007, 51, 754–769.

Untoro Budi S, 2013. Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak. Jurusan Teknik Mesin Universitas Janabadra Yogyakarta. Yogyakarta.