

**PIROLISIS LIMBAH PLASTIK POLYPROPYLENE DENGAN TAMBAHAN
ZEOLIT ALAM**
***PYROLYSIS OF POLYPROPYLENE PLASTIC WASTE WITH ADDITIONAL
NATURAL ZEOLITE***

Hermanto¹⁾, Mokh. Hairul Bahri²⁾*, Ardhi Fathonisyam P.N³⁾

¹ Mahasiswa Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : hermanto@gmail.com

²Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember *Koresponden Author

Email : mhairulbahri@unmuhjember.ac.id

³Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : ardhifathonisyam@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Sampah plastik menjadi salah satu faktor penyebab rusaknya lingkungan hidup di Indonesia. Proses pembakaran merupakan salah satu alternatif metode pengolahan limbah yang efektif digunakan untuk mengurangi populasi sampah yang menumpuk dan sampah dapat dikelola dengan baik yang bisa bermanfaat lagi di lingkungan masyarakat. Metode pirolisis dapat merubah sampah menjadi bahan bakar. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh jenis plastik dan penambahan katalis terhadap produk hasil pirolisis. Variabel bebas yang digunakan adalah plastik PP, suhu, kandungan, dan bahan bakar sedangkan variabel terikat yang digunakan adalah uji kandungan senyawa zat kimia, temperatur, dan waktu. Hasil penelitian didapatkan bahwa pengaruh penambahan zeolite alam terhadap hasil pirolisis menyatakan bahwa adanya tambahan zeolite alam pada saat proses pirolisis dapat mempercepat proses penguapan dengan hasil lebih cepat keluarnya bahan bakar dari tabung kondensor, dan memiliki ketahanan terhadap suasana asam maupun terhadap suhu tinggi hingga 900°C. Penelitian menggunakan alat GC MS yang telah dilakukan, menjelaskan bahan bakar Polypropylene murni terdapat 79 unsur, Polypropylene + zeolite 5% terdapat 77 unsur, Polypropylene + zeolite 10% terdapat 79 unsur dan Polypropylene + zeolite 15% terdapat 79 unsur senyawa zat kimia. Perbandingan fisik visual dari segi warna hasil dari pirolisis limbah plastik Polypropylene adalah berwarna kuning dan cenderung lebih kehijauan hampir mirip seperti warna bahan bakar pertalite.

Kata kunci: plastik PP, suhu, bahan bakar

Abstract

Plastic waste is one of the factors causing environmental damage in Indonesia. The combustion process is one of the alternative methods of effective waste treatment used to reduce the population of waste that accumulates and waste can be managed properly which can be useful again in the community. The pyrolysis method can convert waste into fuel. This study aims to determine the effect of the type of plastic and the addition of a catalyst on the pyrolysis product. The independent variables used were PP plastic, temperature, content, and fuel while the dependent variable used was the test of chemical compound content, temperature, and time. The results showed that the effect of the addition of natural zeolite on the pyrolysis results stated that the addition of natural zeolite during the pyrolysis process could accelerate the evaporation process with the result that fuel was released faster from the condenser tube, and had resistance to acid conditions and high temperatures up to 900°C. Research using the GC MS tool that has been carried out, explains that pure Polypropylene fuel contains 79 elements, Polypropylene + zeolite 5% contains 77 elements, Polypropylene

+ zeolite 10% contains 79 elements and Polypropylene + zeolite 15% contains 79 elements of chemical compounds. Physical visual comparison in terms of color results from the pyrolysis of Polypropylene plastic waste is yellow and tends to be more greenish, almost similar to the color of pertalite fuel.

Keywords: PP plastic, temperature, fuel

1. PENDAHULUAN

Sampah adalah hal yang meresahkan saat ini bagi masyarakat, dimana banyaknya sampah yang di buang secara sembarangan dan memiliki dampak yang buruk bagi lingkungan. Permasalahan sampah di Indonesia sendiri merupakan masalah yang belum dapat terselesaikan hingga saat ini. Sementara itu, dengan adanya pertambahan jumlah penduduk di Indonesia mengakibatkan bertambahnya jumlah volume sampah yang dihasilkan dari aktivitas manusia dalam kehidupan sehari-hari (Priamita P., 2016)¹.

Penanganan sampah dikota hanya menimbun dan membakar langsung sampah di udara terbuka pada TPA (tempat pembuangan akhir). Pembakaran ini juga tidak bisa mengurangi 100% sampah dan akan menimbulkan permasalahan yaitu produksi yang dihasilkan zat-zat polutan yang dapat mencemari lingkungan. Proses pengolahan limbah padat dengan cara pembakaran pada temperatur lebih dari 800°C untuk mereduksi sampah mudah terbakar yang sudah tidak dapat didaur ulang lagi, membunuh bakteri, virus dan kimia toksik (A. Sutowo Latief, 2012)².

Proses ini dilakukan di dalam sebuah alat bernama incinerator. Salah satu kelebihan yang dikembangkan terus dalam teknologi, terbaru dari incinerator adalah sampah dapat dimusnahkan dengan cepat dan terkendali, serta tidak memerlukan lahan yang luas.

Metode pirolisis dapat merubah sampah menjadi bahan bakar. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh jenis plastik dan penambahan katalis terhadap produk hasil pirolisis. Proses pembuatan bahan bakar dari limbah menggunakan metode pirolisis dengan

memotong sampel kemudian mencampur dengan zeolit sesuai variabel yang ditentukan lalu memanaskan tungku pembakaran Lalu mengambil sampel dari hasil pirolisis setelah itu di analisa kualitas bahan bakar meliputi densitas, viskositas, fire point, nilai kalor. Hasil dari percobaan Pirolisis campuran katalis zeolite diketahui bahwa semakin tinggi suhu pemanasan hasil minyak yang dihasilkan akan semakin banyak, zat yang akan terurai menjadi gas dan cair (minyak). Dalam percobaan ini menggunakan tambahan zeolit yang berbeda, dimana terdiri dari 10%, 20%, 30%, 40%. Volume terbanyak tanpa penambahan katalis terdapat pada suhu 320°C yaitu sebanyak 55 ml dan volume terkecil terdapat pada suhu 200 °C yaitu sebanyak 14 ml. Volume terbanyak dengan penambahan katalis terdapat pada suhu 320 °C yaitu sebanyak 51 ml dan volume terkecil terdapat pada suhu 200 °C yaitu sebanyak 11 ml (Pangestu, dkk. 2018)³. Sedangkan dalam penelitian yang dilakukan terdapat perbedaan yang terjadi, dimana dalam penelitian ini tidak melakukan pengujian terhadap nilai kalor, pengujian densitas, viskositas dan fire point. Dalam pengujian ini dilakukan pengujian waktu pirolisis dan kandungan unsur senyawa zat kimia. Sehingga menghasilkan perbedaan antara bahan murni dengan bahan bakar yang menggunakan bahan tambahan zeolit.

Penelitian ini menerapkan pengelolaan limbah pada sampah masyarakat yang meningkat setiap harinya, harapannya setelah melakukan penelitian ini dengan menggunakan alat incinerator ini bisa membantu dalam mengolah sampah plastik menjadi lebih manfaat lagi untuk membantu kebutuhan masyarakat

seperti bahan bakar alternatif ataupun yang lainnya. Hasil yang di diharapkan di penelitian ini adalah pemanfaatan limbah atau sampah plastik sebagai bahan bakar alternatif.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Plastik

Plastik merupakan senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya adalah Karbon dan Hidrogen. Untuk membuat plastik, salah satu bahan baku yang sering digunakan adalah Naphta (Kumar S., 2011)⁴.

Sampah plastik rumah tangga dihasilkan terkait dengan aktivitas manusia sehari-hari misalnya plastik kemasan, plastik tempat makanan atau minuman (Syamsiro dkk, 2015)⁵.

B. Polypropylene

PP (Polypropylene) merupakan jenis sampah plastik yang paling banyak ditemui di perkotaan (Faruqi, 2019)⁶. PP memiliki sifat dan penggunaan yang hampir sama dengan *polyethleene*. Plastik PP memiliki sifat lebih kuat dan ringan dengan daya tembus uap yang rendah, ketahanan yang baik terhadap lemak, stabil terhadap suhu tinggi dan cukup mengkilap (Rohman, S., 2018)⁷.

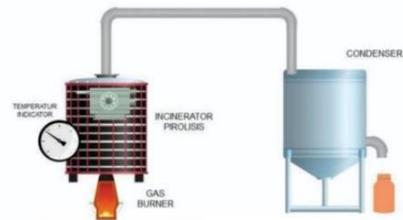
C. Pirolisis

Pirolisis adalah dekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen atau reagen lainnya. Pirolisis dilakukan di dalam sebuah reaktor pengurangan atmosfer (hampa udara) pada temperature hingga 800°C (Ramadhan, 2013)⁸.

Proses pirolisis dapat disebut juga dengan proses perengkahan atau *cracking*. *Cracking* adalah proses pemecahan rantai polimer menjadi senyawa dengan berat molekul yang lebih rendah. Hasil dari proses *cracking* plastik ini dapat digunakan sebagai bahan kimia atau bahan bakar (Nazif, 2016)⁹.

Hasil pirolisis berupa tiga jenis produk yaitu padatan (charcoal/arang), gas (fuel gas) dan cairan (bio-oil). (Usman, 2021)¹⁰.

D. Incinerator



Gambar 1. Skema Incenerator.

Incinerator berfungsi sebagai pembakar sampah dan sebagai pembangkit uap dengan mengkonversikan panas pembakaran. Incenerator apabila ditinjau dari segi pemanfaatannya yaitu memanfaatkan panas yang timbul dari pembakaran sampah untuk dikonversikan ke tenaga listrik atau produksi uap (Kurniawan, 2012)¹¹.

E. Uji Kandungan

GCMS (Gas Chromatography and Mass Spectrometry) adalah alat yang digunakan untuk menganalisa senyawa didalam sampel. Salah satu metode pemisahan kimia yang paling utama adalah kromatografi . (Hartulistiyoso, 2015)¹².

Adapun mekanisme pemisahan antara beberapa senyawa terjadi karena perbedaan harga kelarutan masing-masing dalam pelarut yang bergerak, dan perbedaan keterserapan masing-masing senyawa kepada fasa diam. Dalam kromatografi gas (GC), fasa gerak adalah gas helium (Praputri, 2016)¹³.

Shimadzu menyediakan bermacam-macam fasa diam yang mengikuti sifat-sifat senyawa dalam sampel. Spektroskopi massa (MS) adalah metode untuk menganalisis senyawa murni yang sudah dipisahkan dari GC. Senyawa yang masuk ke „inlet“ MS akan dipecah-pecah dengan bombardir elektron sehingga menjadi ion-

ion. Pola pemecahan molekul akan sangat bergantung pada kestabilan ikatan yang ada dalam suatu molekul. Dari pola-pola pecahan molekul ini, struktur molekul dapat diketahui.

3. METODE PENELITIAN

Pada tahap ini bahan baku plastik polypropylene (PP) didapat dari pengumpulan sampah plastik yang dibuang oleh masyarakat. Plastik tersebut dibersihkan terlebih dahulu, dicuci, dikeringkan kemudian di potong kecil dengan ukuran $\pm 3 \times 3$ cm untuk memperbesar luas permukaan kontak antara plastik dengan zeolit.

Plastik selanjutnya ditimbang seberat 3kg dan tambahkan zeolite alam yang telah dihaluskan dengan ukuran 100 mesh dengan variasi zeolite 150gr, 300gr, 450gr dan masukkan kedalam tabung reactor. Lubang pengisian sampah plastik selanjutnya di tutup rapat agar tidak terjadi kebocoran.

Pemasangan alat ukur (thermometer) dipasang pada samping tutup tabung reaktor berfungsi untuk mengetahui temperatur pembakaran yang ada didalam tabung reactor dan mengisi air pada tabung kondensor dan bak penampung air.

Proses destilasi sampah plastik dilakukan selama 76 menit dan 93 menit dengan suhu 300°C yang diamati setiap enam menit sekali dengan menggunakan variasi campuran tambahan zeolite alam.

Bahan bakar yang dihasilkan dari proses kondensasi ditampung terlebih dahulu di wadah yang telah tersedia dilubang saluran kondensor, setelah hasil destilasi telah dingin selanjutnya kita ukur menggunakan gelas ukur untuk mengetahui seberapa banyak bahan bakar yang dihasilkannya.

Hasil destilasi sampah plastik kemudian dimasukkan pada botol yang telah diberi label untuk selanjutnya akan diuji menggunakan alat GC MS untuk

mengetahui kandungan unsur senyawa zat kimianya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Waktu Hasil Pembuatan Bahan Bakar Plastik Polypropylene

Tabel 1 Tabel pengujian waktu pembuatan bahan bakar plastik Polypropylene

No	Massa (kg)	t-1 (menit)	t-2 (menit)	Suhu (°C)	Hasil (ml)	Keterangan
1	3	73	93	300	250	3 kg plastik PP murni
2	3	67	87	300	250	3 kg + zeolit 5%
3	3	61	81	300	250	3 kg + zeolit 10%
4	3	56	76	300	250	3 kg + zeolit 15%

Tabel 1 menunjukkan hasil dari pengujian pembuatan bahan bakar Polypropylene terhadap variasi penambahan zeolit alam sebagai campuran bahan baku pembuatan bahan bakar yakni :

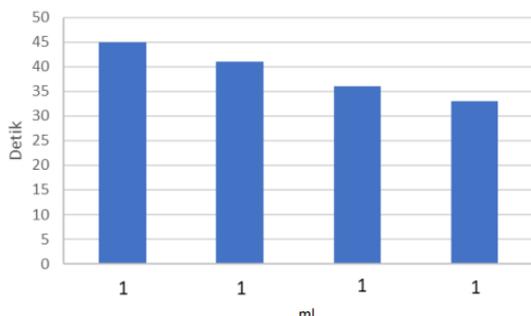
Pertama, massa bahan baku plastik polypropylene murni dengan berat 3 kg membutuhkan waktu 73 menit, dan berlangsung sampai menit ke 93 dengan suhu 300 °C dimana suhu tersebut minimal agar bahan bakar dapat menetes pada output alat incinerator.

Kedua, massa bahan baku plastik polypropylene 3 kg dengan tambahan zeolit 5% membutuhkan waktu 67 menit, dan berlangsung sampai menit ke 87 dengan suhu 300 °C.

Ketiga massa bahan baku plastik polypropylene 3 kg dengan tambahan zeolit 10% membutuhkan waktu 61 menit, dan berlangsung sampai menit ke 81 dengan suhu 300 °C.

Keempat massa bahan baku plastik polypropylene 3 kg dengan tambahan zeolit 15% membutuhkan waktu 56 menit, dan berlangsung sampai menit ke 76 menit dengan suhu 300 °C.

B. Pengaruh Penambahan Zeolit Alam Terhadap Hasil Pirolisis



Gambar 2. Daya waktu uji bahan bakar

Dari gambar diagram diatas menjelaskan bahwa hasil uji daya bakar bahan bakar masing” sampel 1 ml yakni :

Diagram batang yang pertama bahan bakar Polypropylene murni waktu uji daya bakarnya 45 detik, diagram batang yang kedua dengan tambahan zeolite 5% waktu uji daya bakarnya 41 detik, diagram batang yang ketiga dengan tambahan zeolit 10% waktu uji daya bakarnya 36 detik, diagram batang yang keempat dengan tambahan zeolit 15% waktu daya uji bakarnya 33 detik. Jadi kesimpulannya semakin banyak campuran zeolit daya bakarnya semakin cepat.

Pengaruh zeolite alam terhadap hasil pirolisis yang telah dilakukan pada penelitian menyatakan bahwa adanya tambahan zeolit alam pada saat proses pirolisis dapat mempercepat proses penguapan dengan hasil lebih cepat keluarnya bahan bakar dari tabung kondensor.

Beberapa peneliti sebelumnya telah diamati penggunaan katalis zeolit alam dari berbagai sumber dengan rasio Si/Al tertentu terhadap perolehan hasil pirolisis limbah plastik. Maka pada penelitian ini digunakan pada zeolit alam untuk mengolah limbah plastik khususnya jenis plastik Polypropylene melalui proses pirolisis secara batch.

C. Data Hasil Pengujian Alat GCMS

Tabel 2 . Bahan bakar Polypropylene murni

No	Nama	Area %	Height %
1	Diisodecyl ether	9.24	6.84
2	Decanedioic acid, didecyl ester	9.04	6.82
3	2-Undecene, 4,5-dimethyl-, [R*,R*-(E)]	7.12	6.35

Dari kesimpulan tabel diatas ada 3 unsur kimia yang memiliki urutan presentase tertinggi yakni:

- Diisodecyl ether memiliki 9,24% Area dan 6,84% Height.
- 2-Undecene, 4,5-dimethyl memiliki 9,04% Area dan 6,82% Height.
- 2-Undecene,4,5-dimethyl memiliki 7,12% Area dan 6,35% Height.

Tabel 3 BB Polypropylene + Zeolit 5%

No	Nama	Area %	Height %
1	Diisodecyl ether	9.19	7.09
2	2-Undecene, 4,5-dimethyl-, [R*,R*-(E)]	7.66	6.57
3	Decanedioic acid, didecyl ester	7.14	6.26

Dari kesimpulan tabel diatas ada 3 unsur kimia yang memiliki urutan presentase tertinggi yakni:

- Diisodecyl ether memiliki 9,19% Area dan 7,09% Height.
- 2-Undecene, 4,5-dimethyl memiliki 7,66% Area dan 6,57% Height.
- Decanedioic acid, didecyl ester memiliki 7,14% Area dan 6,26% Height.

Tabel 4 BB Polypropylene + Zeolit 10%

No	Nama	Area %	Height %
1	Diisodecyl ether	8.55	6.58
2	Decanedioic acid, didecyl ester	8.54	6.44
3	2-Undecene, 4,5-dimethyl-, [R*,R*-(E)]	7.19	6.03

Dari kesimpulan tabel diatas ada 3 unsur kimia yang memiliki urutan presentase tertinggi yakni:

- Diisodecyl ether memiliki 8,55% Area dan 6,58% Height.
- Decanedioic acid, didecyl ester memiliki 8,54% Area dan 6,44% Height.
- 2-Undecene, 4,5-dimethyl memiliki 7,19% Area dan 6,03% Height.

Tabel 5 BB Polypropylene + Zeolit 15%

No	Nama	Area %	Height %
1	Decanedioic acid, didecyl ester	9.09	6.40
2	Diisodecyl ether	8.17	6.23
3	2-Undecene, 4,5-dimethyl-, [R*,R*-(E)]	6.58	5.64

Dari kesimpulan tabel diatas ada 3 unsur kimia yang memiliki urutan presentase tertinggi yakni:

- Decanedioic acid, didecyl ester memiliki 9,09% Area dan 6,40% Height
- Diisodecyl ether memiliki 8,17% Area dan 6,23% Height.
- 2-Undecene, 4,5-dimethyl memiliki 6,58% Area dan 5,64% Height.

D. Perbandingan Fisik Visual Bahan Bakar Polypropylene



Gambar 6. Sampel bahan bakar

Gambar diatas menunjukkan bahan bakar Polypropylene diantaranya :

1. Bahan bakar Polypropylene murni dengan ciri fisik memiliki warna kuning seperti premium.
2. Bahan bakar Polypropylene tambahan zeolite 5% dengan ciri fisik memiliki warna yang tidak terlalu kuning.
3. Bahan bakar Polypropylene tambahan zeolite 10% dengan ciri fisik memiliki warna sedikit kehijauan.
4. Bahan bakar Polypropylene tambahan zeolite 15% dengan ciri fisik memiliki warna yang hampir mirip seperti pertalite.

1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Perbandingan waktu pirolisis bahan bakar Polypropylene dengan massa yang sama berbanding turun. Dengan adanya semakin banyak tambahan zeolite alam, waktu pirolisis semakin cepat dan bahan bakar yang dihasilkan sama.
2. Dari hasil pirolisis bahan bakar yang ada tambahan zeolite pengaruhnya terhadap uji bakar, semakin banyak tambahan zeolite durasi uji bakarnya semakin cepat dibandingkan dengan yang murni.
3. Dari hasil uji GC MS ada 3 unsur kimia yang memiliki persentase terbesar yakni, Diisodecyl ether, Decanedioic

acid, didecyl ester, 2-Undecene, 4,5-dimethyl-, [R*,R*-(E)].

4. Perbandingan warna fisik visualnya kesimpulannya semakin banyak tambahan zeolite warna bahan bakar semakin hijau.

1. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kinerja mesin menggunakan bahan bakar Polypropylene murni maupun dengan yang menggunakan campuran zeolit alam.

2. Untuk penelitian selanjutnya bisa menggunakan bahan zat adiktif lainnya.

3. Penelitian selanjutnya bisa menggunakan sampah plastik lain selain sampah plastik jenis Polypropylene.

2. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Priamita, P. (2016). Upaya Mengurangi Timbulan Sampah Plastik Di Lingkungan.
- [2] Latief, A. Sutowo. (2012). Manfaat dan Dampak Penggunaan Insinerator Terhadap Lingkungan. (http://www.polines.ac.id/teknis/upload/jurnal/jurnal_teknis_1336471916.pdf).
- [3] Pangestu, Alifa Adinda and Robbani, Yusuf (2018) Pemanfaatan Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Dengan Menggunakan Metode Pirolisis dan Penambahan Katalis Zeolit. Diploma thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [4] Kumar S., P. A. (2011). A Review on Tertiary Recycling of high-Density Polyethylene to fuel, resources. Conservation and Recycling, 55, 893-910.
- [5] Syamsiro, M. (2015). Kajian pengaruh penggunaan katalis terhadap kualitas produk minyak hasil pirolisis.
- [6] Faruqi, A. (2019). Studi Pengaruh Variasi Komposisi Binder Sampah Plastik Polypropylene (PP) Dan High-Density Polyethylene (HDPE) Terhadap Sifat Fisis Dan Sifat Mekanik Komposit Berpenguat Serbuk Ampas Tebu Untuk Aplikasi Papan Partikel.
- [7] Sidik, R. (2018). Studi Pengaruh Penambahan *Polypropylene* Dan *Low Density Polyethylene* Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik *Wood Plastic Composite* Untuk Aplikasi Genteng Ramah Lingkungan
- [8] Nazif, R. (2016). Pengaruh Suhu Pirolisis dan Jumlah Katalis karbon aktif terhadap yield dan kualitas bahan bakar cair dari limbah plastik jenis polipropilena.
- [9] Ramadhan, A. d. (2013). Pengolahan Sampah plastik menjadi minyak menggunakan proses pirolisis.
- [10] Usman, F. (2021, 1 29). apa itu pirolisis? bisa ubah sampah plastik jadi BBM. Diambil kembali dari [pertamina.com](https://www.pertamina.com): <https://www.pertamina.com/id/newsroom/energia-news/apa-itu-pirolisis-bisa-ubah-sampah-plastik-jadi-bbm>
- [11] Kurniawan, A. (2012). Mengenal Kode kemasan plastik yang aman dan tidak. Retrieved november 11, 2021, from <http://ngeblogging.wordpress.com/2012/06/14/mengenal-kodekemasan-plastik-yang-aman-dan-tidak/>

- [12] Hartulistiyoso, E. S. (2015). Temperature distribution of the plastics pyrolysis process to produce fuel at 450°C. *Procedia Environmental Sciences*, 234-241.
- [13] Praputri, E. M. (2016). Pengolahan Limbah Polypropylene sebagai bahan bakar minyak (BBM) dengan proses Pyrolysis. seminar nasional Teknik Kimia Teknologi Oleo Petro Kimia Indonesia. Pekanbaru