

## PEMANFAATAN LIMBAH BOTOL MINERAL UNTUK MENGHASILKAN BAHAN BAKAR ALTERNATIF MELALUI PROSES PIROLISIS PLASTIK

**Agung Prasetyo**

Prodi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
E-mail : [agungprasetyo2@mhs.unesa.ac.id](mailto:agungprasetyo2@mhs.unesa.ac.id)

**Warju**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
E-mail : [warju@unesa.ac.id](mailto:warju@unesa.ac.id)

### Abstrak

Plastik merupakan bahan yang sulit dipisahkan dari kehidupan manusia karena kelebihan dan fungsi yang dimiliki. Metode untuk pemecahan rantai polimer yang ada yaitu pirolisis, gasifikasi, degradasi termal maupun katalik yang ada untuk saat ini. Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk konversi sampah plastik menjadi produk cair berkualitas dan menunjukkan hasil yang prospektif untuk dikembangkan. Penelitian ini dilakukan untuk memanfaatkan limbah botol mineral yang akan dijadikan bahan bakar alternatif melalui proses pirolisis dan selanjutnya akan diuji di laboratorium. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk mengetahui sebab akibat antara beberapa faktor yang saling berpengaruh. Pengambilan data dilakukan untuk mengetahui kelayakan dan karakteristik bahan bakar dengan variabel-variabel yang telah ditentukan. Data yang diambil dari eksperimen adalah hasil minyak pirolisis, variasi botol mineral, suhu, waktu, hasil pengujian nilai kalor, kadar abu, viskositas, titik nyala api, lama nyala api. Dari hasil penelitian yang dilakukan telah dihasilkan minyak pirolisis dari bahan botol Aqua dan Ades. Hasil produk minyak yang dihasilkan tidak banyak perbedaan dari segi hasil maupun karakteristik bahan bakar. Untuk hasilnya pada suhu 400°C hasil yang paling bagus dari segi pengujian nilai kalor, titik nyala api, viskositas, kadar abu, dan lama nyala api. Minyak yang dihasilkan masih di bawah standar karakteristik bahan bakar sehingga hasilnya belum layak digunakan. Namun, disisi lain pemanfaatan botol botol mineral mampu mengurangi masalah sampah di Indonesia yang semakin meningkat setiap tahunnya.

**Kata Kunci :** Energi terbarukan, Pirolisis, Limbah botol mineral.

### Abstract

*Plastic is a material that is difficult to separate from human life because of its advantages and functions. Methods for the breakdown of existing polymer chains, namely pyrolysis, gasification, thermal degradation and catalysis are currently available. Many studies have been carried out for the conversion of plastic waste into quality liquid products and show prospective results to be developed. This research was conducted to utilize mineral bottle waste which will be used as an alternative fuel through the pyrolysis process and will then be tested in the laboratory. This study uses an experimental method to determine the cause and effect between several factors that influence each other. Data collection was carried out to determine the feasibility and characteristics of the fuel with predetermined variables. The data taken from the experiment are the results of pyrolysis oil, variations in mineral bottles, temperature, time, the results of the calorific value test, ash content, viscosity, flash point, flame duration. From the results of the research conducted, pyrolysis oil has been produced from Aqua and Ades bottles. The results of the oil products produced are not much different in terms of yield and fuel characteristics. For the results at a temperature of 400°C the best results in terms of testing the calorific value, flash point, viscosity, ash content, and flame duration. The oil produced is still below the standard fuel characteristics so the results are not suitable for use. However, on the other hand, the use of mineral bottles can reduce the waste problem in Indonesia which is increasing every year*

**Keywords:** Renewable energy, Pyrolysis, Mineral bottle waste.

### PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan kekayaan alam yang melimpah baik hayati maupun non hayati. Sebagai negara berkembang, Indonesia juga merupakan penyumbang limbah terbesar di dunia sehingga Indonesia sering terkena bencana. Salah satunya adalah limbah sampah plastik. Limbah sampah plastik merupakan masalah yang besar yang perlu diatasi untuk

mengurangi kerugian yang ditimbulkan karena sifat plastik yang sulit terurai. Kelangkaan bahan bakar minyak, yang salah satunya disebabkan oleh kenaikan harga minyak dunia yang signifikan, telah mendorong pemerintah untuk mengajak masyarakat mengatasi masalah energi secara bersama-sama. Bahan bakar minyak merupakan komoditas strategis dan vital yang menguasai hajat hidup orang banyak sehingga

pemerintah wajib menjamin kelancaran pendistribusiannya diseluruh wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia.

Dikarenakan minyak bumi merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui sehingga semakin lama akan semakin habis, maka perlu adanya energi alternatif. Banyak hal yang bisa dilakukan untuk menciptakan energi baru pengganti bahan bakar yang salah satunya dengan pemanfaatan limbah plastik. Plastik merupakan senyawa polimer yang memiliki rantai panjang karbon dan elemen lain yang mudah dibentuk. Plastik merupakan komponen yang sulit dipisahkan dari kegiatan sehari-hari manusia karena berbagai kelebihan yang dimilikinya. Pirolisis merupakan proses degradasi termal dari material tanpa adanya oksigen atau dalam keadaan kekurangan oksigen (Patni *et al.* 2013). Dengan menggunakan metode ini, limbah plastik dapat tereduksi hingga 90% (Siddiqui & Redwhi, 2009). Beberapa penelitian seputar konversi sampah plastik menjadi produk cair berkualitas bahan bakar telah dilakukan dan menunjukkan hasil yang cukup prospektif untuk dikembangkan (Mulyadi, 2004). Pada pirolisis plastik, hal yang perlu diperhatikan adalah suhu pada reaktor. Menurut Ramadhan *et al.* (2012), suhu optimal untuk pirolisis plastik HDPE (*High-density Polyethylene*) adalah 420°C. Alat pirolisis plastik memiliki potensi yang sangat baik sebagai alat konversi energi, terutama untuk limbah plastik yang sulit untuk ditangani.

Sudah banyak penelitian mengenai pirolisis plastik ini dan mempunyai sumber panas yang berbeda-beda. Gabe (2015) meneliti mengenai pirolisis plastik PE dimana sumber panas menggunakan listrik. Santoso (2010) meneliti mengenai pirolisis plastik PP (*Polypropylene*) dan LDPE (*Low-density Polyethylene*) dimana sumber panas menggunakan gas LPG (*Liquefied Petroleum Gas*). Akan tetapi penggunaan listrik sebagai sumber panas tergolong mahal, dan gas LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) merupakan bahan bakar yang tidak terbarukan. Oleh karena itu peneliti tertarik untuk menggunakan kompor listrik sebagai sumber panas pada proses pirolisis dimana kompor listrik mempunyai efisiensi atau lebih baik daripada LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) dan lebih terjangkau

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen, yaitu penelitian dengan cara mencari suatu hubungan sebab akibat antara beberapa faktor yang saling berpengaruh. Eksperimen dalam penelitian ini dilaksanakan di laboratorium dengan kondisi dan peralatan yang disesuaikan guna memperoleh data tentang hasil dari proses pirolisis untuk mengetahui karakteristik bahan bakar.

## Waktu dan Tempat Penelitian

- Waktu  
Penelitian ini dilakukan sejak judul penelitian disetujui oleh dosen pembimbing, kemudian menganalisis dan menghasilkan data.
- Tempat  
Tempat penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Performa Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.

## Obyek Penelitian

Objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampah plastik botol mineral yang akan diubah menjadi bahan bakar alternatif melalui proses pirolisis.

## Variabel Penelitian

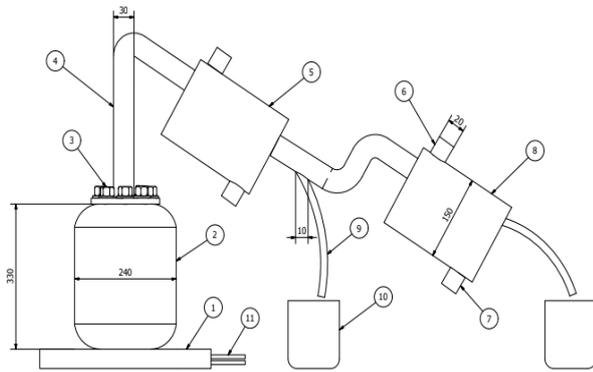
Variabel penelitian pada dasarnya adalah segala sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiono, 2010).

Variabel- variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Variabel kontrol  
Variabel kontrol adalah variabel yang digunakan untuk mengendalikan variabel yang lain. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah:
  - a. Temperatur ruang uji  $25 \pm 5^\circ\text{C}$ .
  - b. Kelembapan udara  $50 \pm 10\% \text{ RH}$ .
- Variabel terikat  
Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi. Dalam penelitian ini variabel terikatnya yaitu nilai kalor (*heating value*), kadar air (*moisture content*), kadar abu (*ash content*), titik nyala (*flash point*), densitas dan lama nyala api.
- Variabel bebas  
Variabel bebas adalah variabel yang mendahului atau variabel penyebab. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah:
  - a. Merek botol mineral (Aqua dan Ades).
  - b. Suhu pirolisis (300, 350, 400)°C.
  - c. Waktu proses pirolisis 60 menit.

## Skema Alat Penelitian

Untuk gambar skema penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1 di bawah ini:



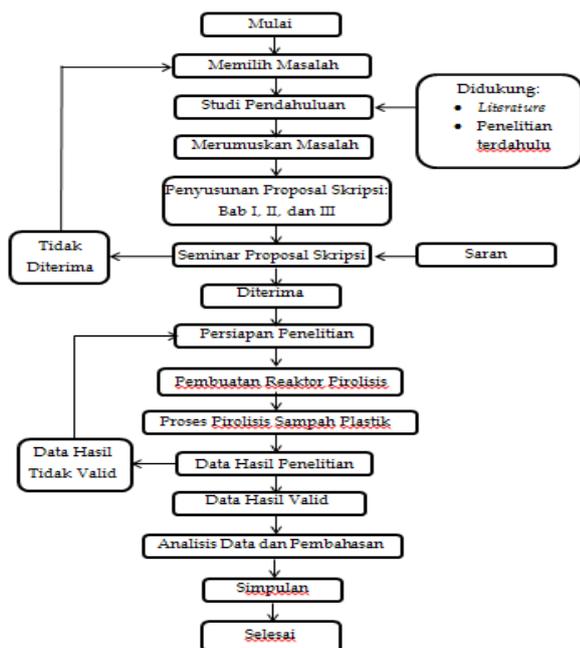
Gambar 4.1 Skema Alat Pirolisis Plastik

### Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data adalah suatu cara yang digunakan untuk mengumpulkan data-data penelitian yang diperoleh selama melakukan penelitian. Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah observasi, dokumentasi dan eksperimen.

- **Observasi**  
Observasi merupakan kegiatan pemusatan perhatian terhadap sesuatu objek dengan menggunakan seluruh alat indera.
- **Dokumentasi**  
Dokumentasi merupakan sebuah cara penyajian dokumen-dokumen, foto, video sebagai bukti yang akurat.
- **Eksperimen**  
Metode eksperimen digunakan karena akan memberikan data yang valid dan dapat dipertanggungjawabkan dalam penelitian ini.

### Rancangan Penelitian



Gambar 2. Flowcart Rancangan Penelitian

### Teknik Pengambilan Data

Teknik pengambilan data yang digunakan dalam pengumpulan data pada penelitian ini adalah teknik eksperimen, yaitu mengumpulkan data dengan cara mengukur atau menguji objek yang diteliti selanjutnya mencatat data-data yang diperlukan.

Data-data yang diperlukan adalah hasil dari minyak pirolisis, variasi merek botol mineral, suhu, waktu, dan hasil pengujian nilai kalor (*heating value*), lama nyala api, kadar abu dan titik nyala (*flash point*), dan viskositas

Tabel 1. Format Pengumpulan Data

No	Merek	Temperatur (°C)			Waktu	Hasil Minyak		
		300	350	400		300°C	350°C	400°C
1	Aqua							
2	Ades							

### Teknik Analisis Data

Metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif. Menurut Sugiono (2010) pada statistik deskriptif ini, akan dikemukakan cara-cara penyajian data, dengan tabel biasa maupun distribusi frekuensi. Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan cara menelaah data yang diperoleh dari eksperimen. Data yang dianalisis adalah hasil pengujian nilai kalor (*heating value*), lama nyala api, kadar abu dan titik nyala (*flash point*), dan viskositas. Langkah selanjutnya adalah mendiskripsikan data yang diperoleh dalam bentuk kalimat yang mudah dibaca, dipahami, dan dipresentasikan untuk menjawab rumusan masalah.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian proses pirolisis antara dua merek botol mineral Ades dan Aqua dibuat dalam bentuk grafik sehingga membentuk suatu pola kecenderungan tertentu yang nantinya dapat dibandingkan dan ditarik kesimpulan tentang objek yang diteliti. Dengan cara ini akan diketahui bagaimana pengaruh dari perbedaan merek botol mineral antara Ades dan Aqua dengan perbedaan temperatur uji mulai dari 300°C, 350°C dan 400°C. Data hasil penelitian yang didapat dari penelitian eksperimen proses pirolisis botol Aqua dan Ades dengan temperatur uji mulai dari 300°C, 350°C dan 400°C adalah nilai kalor, kadar abu, titik nyala dan lama nyala api disajikan pada gambar berikut ini :

**Tabel 4.1 Hasil Pengujian Laboratorium botol Aqua**

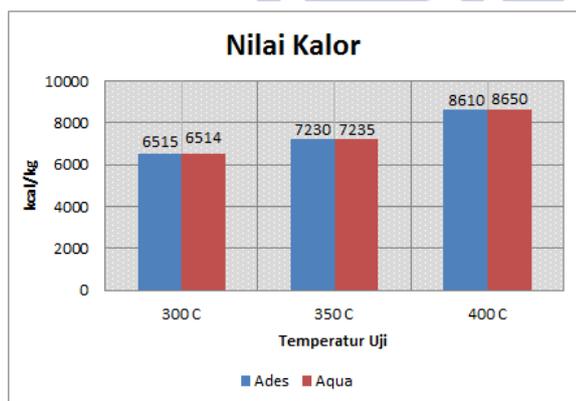
No	Pengujian	Suhu		
		400°C	350°C	300°C
1	Nilai Kalor	8650	7235	6514
2	Titik Nyala Api	98,70	105,60	110,50
3	Viskositas	2,55	3,18	4,20
4	Kadar Abu	0,01	0,05	0,11
5	Lama Nyala Api	2,65	3,70	3,85

**Tabel 4.2 Hasil Pengujian Laboratorium Botol Ades**

No	Pengujian	Suhu		
		400°C	350°C	300°C
1	Nilai Kalor	8610	7230	6515
2	Titik Nyala Api	98,50	105,50	110,45
3	Viskositas	2,50	3,15	4,16
4	Kadar Abu	0,01	0,06	0,12
5	Lama Nyala Api	2,65	3,75	3,86

**Data Hasil Penelitian**

**A. Hasil Penelitian Nilai Kalor**

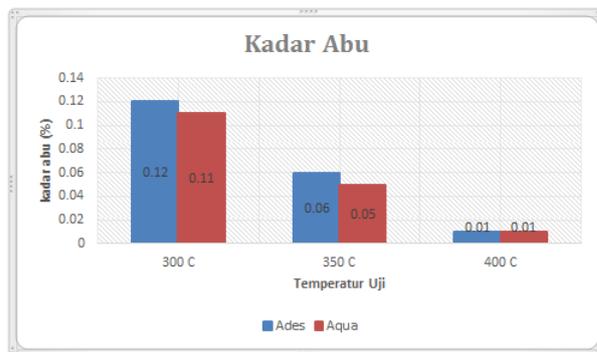


**Gambar 4.1 Hasil Pengujian Nilai Kalor**

Hasil penelitian nilai kalor dapat dilihat pada gambar 4.1 bahwa nilai kalor yang dihasilkan tidak terlalu signifikan dikarenakan menggunakan jenis botol PET (*polyethylene terephthalate*) yang sama walaupun berbeda merek antara Ades dan Aqua. Hasil penelitian tersebut dapat dilihat bahwa nilai kalor tertinggi ada pada temperatur uji 400°C dengan nilai kalor 8650 kcal/kg untuk merek Aqua dan 8610 kcal/kg untuk merek Ades. Hasil terendah didapatkan pada temperatur 300°C dengan nilai kalor 6514 kcal/kg untuk merek Aqua dan 6515 kcal/kg untuk merek Ades. Perbedaan antara hasil nilai kalor antara Aqua dan Ades dapat terjadi karena berbagai faktor eksternal diantara proses pembuatan botol tersebut, kondisi fisik dari botol tersebut dan usia dari botol yang digunakan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Syafari (2011) dengan judul penelitian proses pembuatan biodiesel dari minyak kelapa dengan metode transesterifikasi menyatakan

bahwa nilai kalor pada bahan bakar minyak di pasaran adalah 10.160 kcal/kg – 11.500 kcal/kg.

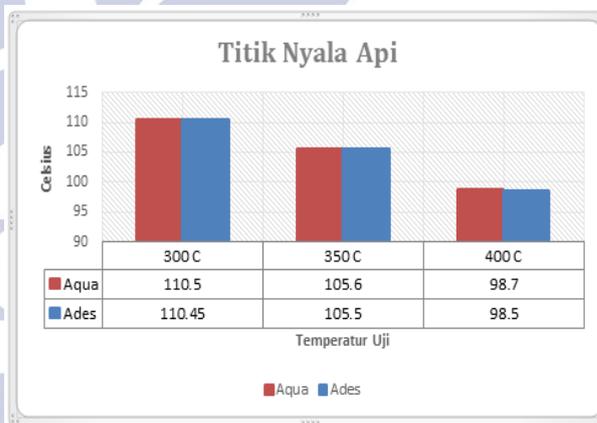
**B. Hasil Penelitian Kadar Abu**



**Gambar 4.2 Hasil Pengujian Kadar Abu**

Hasil pada pengujian kadar abu pada gambar 4.2 terlihat bahwa nilai kadar abu tertinggi untuk kedua botol mineral dari merek Aqua terdapat pada temperatur uji 300°C dengan persentase untuk merek Ades 0,12% sedangkan untuk kadar abu paling rendah terdapat pada temperatur uji 400°C dengan presentase kadar abu sebesar 0,01%. Kadar abu yang dihasilkan dari penelitian ini masuk dalam standar seperti yang dilakukan dalam penelitian Tjokowisastro dkk (1990) yang menyatakan bahwa kadar abu pada bahan bakar di Indonesia rata-rata berada pada kisaran 0,03% – 0,4%.

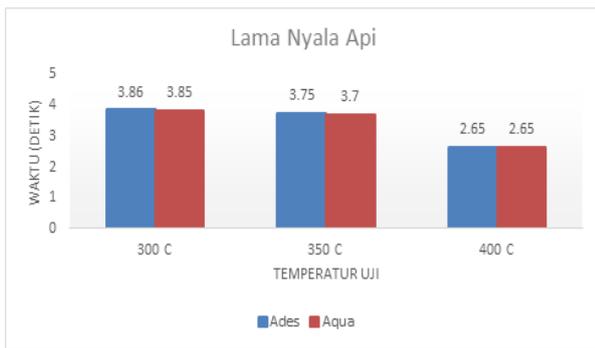
**C. Hasil Penelitian Titik Nyala Api**



**Gambar 4.3 Hasil Titik Nyala Api**

Hasil yang didapat pada tabel 4.3 menyatakan bahwa hasil yang terlihat dalam gambar adalah untuk botol mineral merek Aqua memiliki nilai titik nyala tertinggi 110,5°C pada temperatur uji 300°C seiring dengan meningkatnya temperatur uji pada temperatur 350°C, maka nilai titik nyala yang dihasilkan oleh merek botol air mineral tersebut mengalami penurunan menjadi 105,6°C dan 98,7°C untuk suhu 400°C botol air mineral merek Aqua dan ini terjadi juga pada merek Ades dengan penurunan yang signifikan.

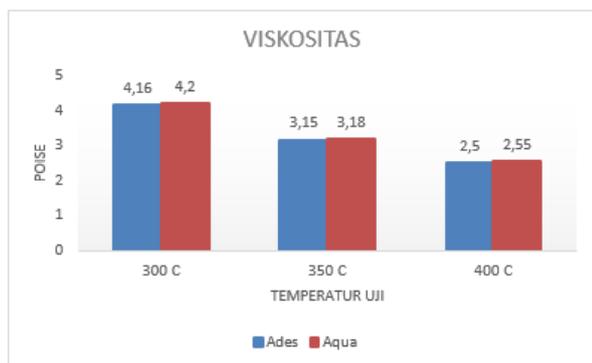
#### D. Hasil Pengujian Lama Nyala Api



Gambar 4.4 Lama Nyala Api

Hasil yang diperoleh dalam eksperimen ini untuk data lama nyala api terlihat bahwa untuk botol air mineral merek Aqua memiliki waktu nyala api yang lebih lama pada temperatur 300°C selama 3 detik dan mengalami penurunan pada temperatur 400°C menjadi 156 detik dan penurunan juga dialami oleh botol merek Ades.

#### E. Hasil Pengujian Viskositas



Gambar 4.5 Hasil Pengujian Viskositas

Hasil yang diperoleh dari eksperimen ini untuk data viskositas terlihat bahwa suhu 300°C memiliki viskositas tertinggi dengan waktu 4,16 poise untuk botol merek Ades dan 3,85 poise untuk merek botol Aqua. Sedangkan waktu yang paling singkat terjadi pada suhu 400°C untuk botol merk Ades 2,50 poise dan 2,55 poise untuk merek botol Aqua

#### Pembahasan

Santoso (2012) melakukan uji terhadap minyak pirolisis yang dihasilkan melalui kompor. Hasil pengujian menyatakan bahwa efisiensi minyak pirolisis paling tinggi adalah 50%. Santoso (2010) juga membandingkan efisiensi tersebut dengan minyak tanah dan bensin yang nilainya masing-masing adalah 24% dan 68%. Pengujian minyak hasil pirolisis juga dilakukan sebagai bahan substitusi solar yang digunakan pada kendaraan bermotor berbahan diesel oleh Tamilkolundu dan Murugesan (2012).

Konsumsi bahan bakar antara minyak pirolisis yang dicampur dengan solar dibandingkan dengan solar dengan nilai masing-masing adalah 0,61 kg/jam dan 0,69 kg/jam. Sedangkan efisiensi termal yang dicapai oleh campuran minyak adalah 27,4% dan solar adalah 22,5%. Bahkan Harshal dan Syailendra (2013) dalam tulisannya menjelaskan bahwa mesin diesel dapat bekerja menggunakan minyak pirolisis sebagai bahan bakar tunggal. Hal ini dikarenakan efisiensi termalnya yang mencapai 75%. Berbagai pengujian yang telah diuraikan menunjukkan bahwa minyak hasil pirolisis layak untuk digunakan sebagai bahan bakar tunggal maupun substitusi bahan bakar.

#### PENUTUP

##### Simpulan

- Cara kerja alat pirolisis adalah sebagai alat untuk memanaskan botol plastik pada suhu tertentu, pada saat suhu tertentu. Botol plastik mencair dan kemudian berubah menjadi gas. Gas dari hasil pemanasan akan mengalami proses pendinginan dan membentuk cairan. Sehingga cairan inilah yang menjadi bahan bakar berupa minyak plastik.
- Parameter yang mempengaruhi kinerja alat pirolisis adalah bahan yang digunakan untuk pembuatan alat, suhu yang digunakan dan desain alat yang dirancang.
- Minyak yang dihasilkan pada proses pirolisis adalah bervariasi 330 - 360 ml untuk hasil minyak pirolisis, hal ini sebanding dengan peneliti sebelumnya sekitar 368 ml untuk PET (*polyethylene terephthalate*).
- Hasil dari pirolisis limbah plastik yang digunakan belum nampak dari segi ekonomisnya dikarenakan besarnya biaya operasional yang digunakan belum sebanding dengan hasil yang diperoleh.

##### Saran

- Pada pirolisis sampah plastik ini masih banyak kekurangan dari segi desain maupun bahan yang digunakan untuk eksperimen.
- Semoga alat *pyrolysis* ini dapat digunakan sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya sebagai mana untuk mengurangi limbah plastik khususnya botol mineral.
- Penelitian ini diharapkan mampu untuk perbandingan hasil eksperimen yang selanjutnya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanto, S.B. 2017. Penggunaan Limbah Domestik Dalam Pembelajaran Keterampilan Meronce Untuk Menumbuhkan Motivasi Kewirausahaan Pada Kelas 5 di SD Muhammadiyah 19 Kemlayan. [Skripsi]. Surakarta: Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

- Budiyantoro, C. 2010. *Thermoplastik dalam Industri, Teknik Media*, Surakarta.
- Bajus, M. dan Hajekova, E. 2010. *Thermal Cracking of The Model Seven Components Mixed Plastiks into Oils/Waxes*. Petroleum and Coal.
- Basu, Prabir. 2010, "Biomass Gasification and Pyrolysis: Practical Design and Theory", Academic Press, Elsevier.
- Endang, K. Mukhtar G. 2016. *Pengolahan Sampah Plastik dengan Metoda Pirolisis menjadi Bahan Bakar Minyak*. Politeknik Negeri Bandung. ISSN 1693-4393.
- Ermawati, R. 2011. *Konversi Limbah Plastik Sebagai Sumber Energi Alternatif*. *Jurnal Riset Industri*.5/3: 257-263.
- Gabe, FAPA. 2015. "Analisa Termal Pada Rancang Bangun Reaktor Pirolisis Untuk Memproduksi Bahan Bakar Minyak dari Limbah Plastik".
- Mulyadi, E. 2004. *Termal Dekomposisi Sampah Plastik*. Jurnal Rekayasa Perencanaan, ISSN 1829-913x, Vol-1.
- Mustofa, K., D., dan Zainuri, F. (2014). *Pirolisis Sampah Plastik Hingga Suhu 900°C Sebagai Upaya Menghasilkan Bahan Bakar Ramah Lingkungan*. Simposium Nasional RAPI XIII - 2014 FT UMS.
- Nasrun, Eddy Kurniawan, Inggit Sari. (2015). *Pengolahan Limbah Kantong Plastik Jenis Kresek Menjadi Bahan Bakar Menggunakan Proses Pirolisis*. Vol 4, No 1.
- Nur, Alfi. Isna, R., dkk. (2017). *Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Alternatif Bahan Bakar Terbarukan*. UIN Alauddin Makassar. ISBN: 978-602-72245-2-0.
- Obeid, F., Zeaiter, J., Al-Muhtaseb, A.H., dan Bouhadir, K. (2014). *Thermo-Catalytic Pyrolysis of Waste Polyethylene Bottles in A Packed Bed Reactor with Different Bed Materials and Catalysts*. Energy Conversion and Management.
- Permana, Agus. 2010. *Pengaruh Penambahan Metanol Terhadap Angka Oktan Pada Bensin Premium*. Politeknik negeri Sriwijaya. Palembang.
- Ramadhan A, Ali M. 2012. *Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak*. Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Vol. 4. No 1.
- Rodiansono, Trisunaryanti W, Triyono. 2007. *Pembuatan, Karakterisasi dan Uji Aktivitas Katalis NiMo/Z Pada Reaksi Hidrorengka Menjadi Fraksi Bensin*. Berkala MIPA, 17, 2.
- Sarker M, Rashid MM, Rahman MS, Molla M. 2012. *Environmentally Harmful Low Density Waste Plastik Conversion into Kerosene Grade Fuel*. Journal of Environmental Protection. 2012, 3, 700 – 708.
- Supriyanto, Herry. 2018. *Perancangan Pirolisis Untuk Membuat Bahan Bakar Cair Dari Limbah Plastik Kapasitas 10Kg*.
- Surono, U.B. (2013). *Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak*. Jurnal Teknik, Vol.3, No.1.
- Vatria, B. (2013). *Berbagai Kegiatan Manusia yang Dapat Menyebabkan Terjadinya Degradasi Ekosistem Pantai Serta Dampak yang ditimbulkannya*. *Kumpulan e-Journal Belian* 9(1): 47-54.
- Zainuri, Fuad (2014) dalam penelitiannya yang berjudul "Pirolisis Sampah Plastik hingga Suhu 900°C Sebagai upaya Menghasilkan Bahan Bakar Ramah Lingkungan".