

**PENGARUH VARIASI SUHU PADA PROSES PIROLISIS SAMPAH  
PLASTIK LDPE SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF**

**SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)  
Program Studi Teknk Mesin



Disusun oleh :

**AHMAD FUDLOILUL A'LA**

**NPM. 21801052031**

**UNIVERSITAS ISLAM MALANG**

**FAKULTAS TEKNIK**

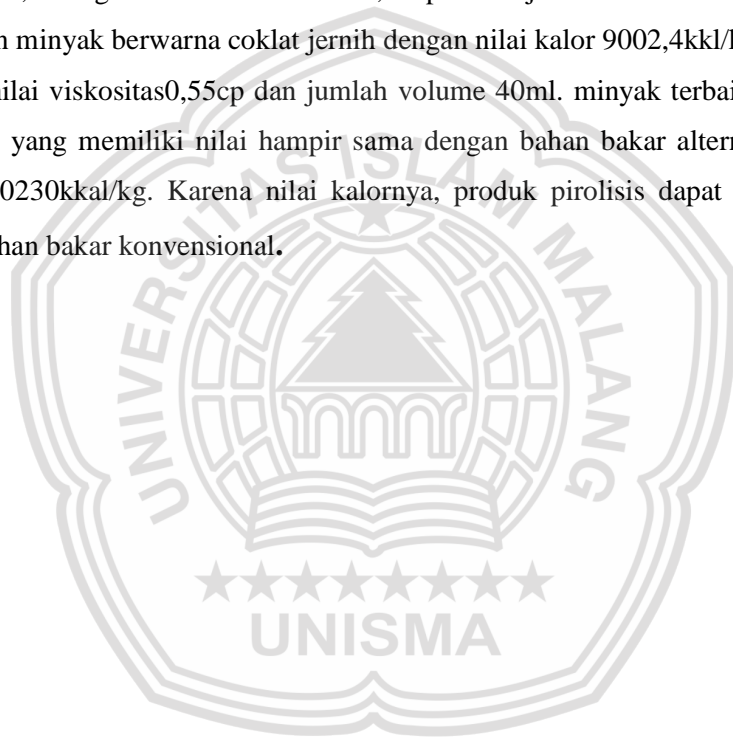
**PROGAM STUDI TEKNIK MESIN**

**MALANG**

**2022**

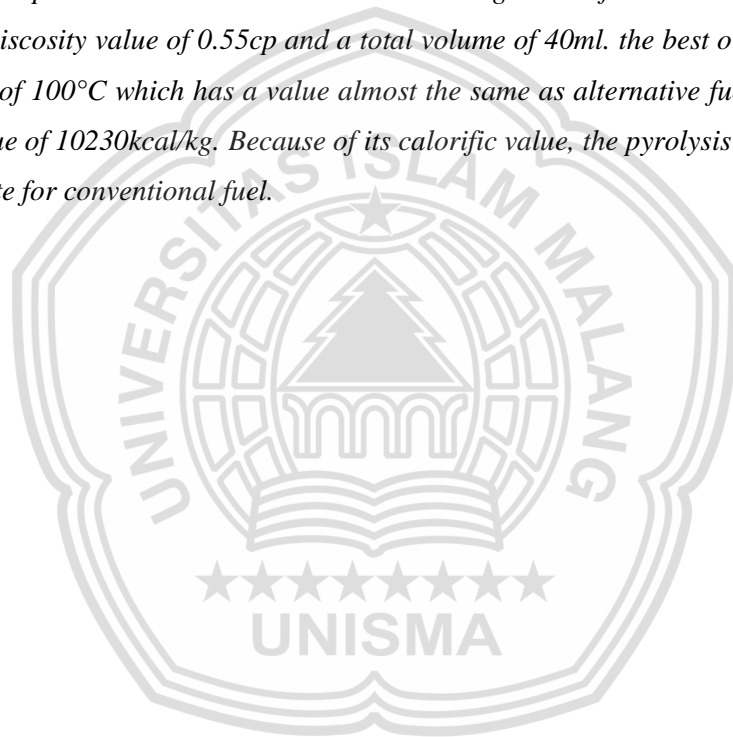
## ABSTRAK

Metode pirolisis merupakan beberapa teknik pengerjaan limbah saat dicerna. Tujuan percobaan ini adalah melakukan sampah plastik sebagai bahan bakar pirolisis. Jenis sampah plastik LDPE yang digunakan dalam penelitian ini adalah variabel, dan masing-masing percobaan dijalankan selama 15 menit pada suhu 100°C, 200°C, dan 300°C. Penelitian dengan variasi suhu sampel a menghasilkan minyak berwarna kuning dengan nilai kalor 10230 kkal/kg nilai masa jenis 0,6 kg/m<sup>3</sup> nilai viskositas 0,40 cp dan jumlah volume 20 ml, sampel b menghasilkan minyak berwarna coklat keruh dengan nilai kalor 9411,6 kkal/kg nilai masa jenis 0,63 kg/m<sup>3</sup> nilai viskositas 0,58 cp dan jumlah volume 38 ml, sampel c menghasilkan minyak berwarna coklat jernih dengan nilai kalor 9002,4 kkal/kg nilai masa jenis 0,65 kg/m<sup>3</sup> nilai viskositas 0,55 cp dan jumlah volume 40 ml. minyak terbaik dihasilkan pada suhu 100°C yang memiliki nilai hampir sama dengan bahan bakar alternatif yaitu dengan nilai kalor 10230 kkal/kg. Karena nilai kalornya, produk pirolisis dapat berfungsi sebagai pengganti bahan bakar konvensional.



## ABSTRACT

*The pyrolysis method is one of the waste treatment techniques that has been developed. The aim of this research is to utilize plastic waste as pyrolysis fuel. The type of LDPE plastic waste used in this study was variable, and each experiment was run for 15 minutes at 100°C, 200°C and 300°C. Research with variations in temperature sample a produces yellow oil with a calorific value of 10230kl/kg, density value of 0.6 kg/m<sup>3</sup>, viscosity value of 0.40cp and total volume of 20ml, sample b produces brown turbid oil with a calorific value of 9411.6kl/kg mass value type 0.63 kg/m<sup>3</sup> viscosity value 0.58cp and total volume 38ml, sample c produces clear brown oil with a heating value of 9002.4kl/kg density value of 0.65 kg/m<sup>3</sup> viscosity value of 0.55cp and a total volume of 40ml. the best oil is produced at a temperature of 100°C which has a value almost the same as alternative fuels, namely with a calorific value of 10230kcal/kg. Because of its calorific value, the pyrolysis product can serve as a substitute for conventional fuel.*



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Sampah plastik dikatakan sampah yang sangat sulit untuk mendaur ulang sendiri. Sampah plastik yaitu sampah terbanyak kedua didunia dengan kapasitas 5.4 juta ton per tahun atau total 14% dari produksi sampah. Karena itu penumpukan sampah di indonesia perlu ditanggulangi agar dapat mengurangi kapasitas sampah yang banyak, dengan cara mendaur ulang sampah menjadi bahan bakar alternative. Pirolisis adalah mendestilasi wujud material padat menjadi gas dan cair. Dalam proses daur ulang ini membutuhkan biaya yang terjangkau. Penggunaan tangki reactor dalam proses pembakaran dan kondensor yang dihubungkan oleh selang untuk tempat mengalirnya uap menuju kondensor. Berdasarkan data yang dikumpulkan oleh (Brizantha et al., 2020)

Masyarakat Indonesia mempergunakan benda-benda berbahan plastik karena sangat memudahkan dalam pembawaan atau dalam pengemasan makanan. Plastik yang berjenis LDPE (Low Density Polythilene) banyak tersebar di masyarakat Indonesia sebab plastik yang berjenis LDPE bersifat lentur, tidak kaku, tidak robek, kuat, serta harga plastik relatif murah atau rendah. Plastik berjenis plastik LDPE memiliki dampak negatif jika proses pengolahannya tidak benar maka berimbas pada kerusakan lingkungan. Telah banyak metode yang dikembangkan, mulai dari pembakaran atau insinerasi di udara terbuka, namun hasilnya berupa gas racun seperti gas CO, furan, dioxin, dan logam berat seperti kromium, kobalt, tembaga, timbal, selenium, dan cadmium yang merupakan semua zat-zat tersebut berbahaya untuk kesehatan masyarakat (A. Kurniawan et al., 2021)

Dengan terus bertambahnya konsumsi plastik di Indonesia, Dirjen Pengelola Sampah, Limbah, dan B3 LHK memperkirakan bahwa total sampah plastik di Indonesia akan mencapai 9,52 juta ton pada tahun 2019. Banyaknya sampah plastik yang terbuang tersebut merupakan hal yang memperhatikan ditambah lagi plastik merupakan bahan yang sangat sulit terurai. Oleh karena bahan yang sulit terurai di

alam maka sampah plastik tersebut sangat berpotensi untuk merusak lingkungan apabila sampah tersebut dibiarkan begitu saja.

Sampah plastik yang sangat umum ditemui yaitu kantong plastik atau biasa disebut plastik kresek yang biasa digunakan sebagai pembungkus suatu makanan, minuman, atau barang yang kita beli dari tempat perbelanjaan. Kantong plastik tersebut termasuk ke dalam plastik jenis Low Density Poly Ethylene (LDPE). LDPE merupakan jenis plastik yang sulit dihancurkan tetapi dapat didaur ulang (Sofiana, 2010). Untuk mengurangi dampak negatif dari sampah plastik yang sulit terurai, maka sampah plastik jenis LDPE ini dapat diolah menjadi minyak yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif karena plastik sendiri asalnya dari minyak bumi sehingga dapat dikembalikan ke bentuk asalnya, plastik juga memiliki nilai kalor yang cukup tinggi, hampir setara dengan solar dan bensin (Prasetyo, 2015). Dengan mendaur ulang sampah plastik menjadi bahan bakar alternatif diharapkan dapat mengurangi polusi lingkungan akibat banyaknya sampah plastik yang sulit terurai serta mengatasi permasalahan ketergantungan bahan bakar fosil yang menyebabkan semakin berkurangnya pasokan bahan bakar di Indonesia.

Plastik adalah salah satu jenis polimer yang bahan dasarnya secara umum adalah *polipropilena* (PP), *polietilena* (PE), *polistirena* (PS), *poli metil metakrilat* (PMMA), *high density polyethylene* (HDPE) dan *poli vinilklorida* (PVC). Plastik hingga saat ini masih merupakan bahan yang banyak digunakan oleh kalangan industri maupun rumah. Penggunaan plastik yang sangat tinggi memunculkan akibat terjadinya penumpukan sampah plastik, dan sampah plastik merupakan sampah yang tidak mudah diuraikan secara cepat oleh mikroorganisme. Di balik segala kelebihannya, limbah plastik menimbulkan masalah bagi lingkungan. Penyebabnya adalah sifat plastik yang tidak dapat diuraikan dalam tanah. Untuk mengatasinya, para pakar lingkungan dan ilmuwan dari berbagai disiplin ilmu telah melakukan berbagai penelitian dan tindakan. Salah satunya dengan cara mendaur ulang limbah plastik. Namun, cara ini tidak terlalu efektif. Hanya sekitar 4% yang dapat didaur ulang, sisanya menggenung di tempat penampungan sampah. Mengolah sampah

plastik kresek menjadi kantong kresek lagi atau produk plastik *lower grade* lainnya merupakan salah satu usaha untuk menanggulangi masalah sampah plastik.

Plastik terbagi menjadi 2 jenis yaitu thermoplastik dan thermosets. Thermoplastik merupakan plastik yang jika dipanaskan hingga suhu tertentu akan mencair dan dapat dibentuk kembali sesuai kebutuhan. Thermoplastik umumnya digunakan sebagai bahan pembuat botol kemasan dan dapat didaur ulang. Sedangkan thermosets adalah plastik yang apabila dipanaskan tidak dapat mencair kembali.

Proses pirolisis yaitu mendekomposisi bahan kimia terutama bahan organik yang terdapat dalam limbah plastik melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen. Dimana massa umpan plastik 500 gr akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas dan cair dan terdapat residu. Penelitian ini dilakukan dua kali proses pirolisis. Sampah kantong kresek untuk proses pirolisis pertama selama 140 menit dicapai temperatur 256.4° C didapat minyak sebesar 13 ml untuk proses pirolisis II dilakukan selama 60 menit dicapai temperature 369° C didapat minyak sebanyak 180 ml. Nilai densitas dan viskositas rata-rata untuk dua proses didapat densitas 0.72 gr/ml dan nilai viskositas 0.615 cp. Sampah gelas minuman plastik pada proses pirolisis pertama selama 140 menit dicapai temperatur 266.5° C didapat minyak sebesar 7 ml untuk proses pirolisis II dilakukan selama 60 menit dicapai temperature 264.2 °C didapat minyak sebanyak 170 ml. Nilai densitas dan viskositas rata-rata untuk dua proses densitas 0.76 gr/ml dan nilai viskositas 0.55 cp. Sampah campuran kantong kresek+gelas minuman plastik pada proses pirolisis pertama selama 140 menit dicapai temperatur 286.7° C didapat minyak sebesar 34 ml untuk proses pirolisis II dilakukan selama 60 menit dicapai temperature 326.3 °C didapat minyak sebanyak 150 ml. Nilai densitas dan viskositas rata-rata untuk dua proses densitas 0.84 gr/ml dan nilai viskositas 0.88cp. Karakteristik minyak yang didapat ini mendekati bahan bakar bensin dan minyak tanah (Fatimura et al., 2019)

Pirolisis adalah cara fraksinasi material yang disebabkan oleh temperatur. Pirolisis termasuk proses penguraian material anorganik atau sintesis dalam keadaan sedikit oksigen dengan memanfaatkan panas dari pembakaran dalam keadaan

temperatur tinggi. Cara kerja alat pirolisis adalah dengan memanaskan plastik pada tabung reaktor dengan tanpa oksigen dalam temperatur tertentu. Selama proses pembakaran plastik akan mencair kemudian plastik mengalami penguapan (gas). Setelah itu, uap hasil pembakaran sampah plastik akan diteruskan melalui pipa pendingin dan uap mengalami proses penyubliman sehingga berubah menjadi zat cair. Zat cair itulah yang menjadi minyak mentah, cikal bakal dari bahan bakar minyak (A. Kurniawan et al., 2021)

Di balik segala kelebihannya, limbah plastik menimbulkan masalah bagi lingkungan. Penyebabnya tak lain sifat plastik yang tidak dapat diuraikan dalam tanah. Untuk mengatasinya, para pakar lingkungan dan ilmuwan dari berbagai disiplin ilmu telah melakukan berbagai penelitian dan tindakan. Salah satunya dengan cara mendaur ulang limbah plastik. Namun, cara ini tidak terlalu efektif. Hanya sekitar 4% yang dapat didaur ulang, sisanya menggunung di tempat penampungan sampah.

Untuk mengkonversikan plastik menjadi bahan bakar alternatif, biasa digunakan dengan proses pirolisis yaitu dengan cara memecah molekul hidrokarbon yang kompleks pada sampah plastik menjadi molekul yang lebih sederhana. Hasil utama dari proses pirolisis itu sendiri ada 3 yaitu produk cair, padat, dan gas. Berdasarkan penelitian Aprian dkk (2011), sampah plastik dapat didaur ulang menjadi bahan bakar cair dengan menggunakan metode pirolisis. Berdasarkan pengujian, sampah plastik yang dipirolisis pada temperatur 400°C dengan waktu 60 menit menghasilkan minyak terbanyak selama proses yang dilakukan pada rentang temperatur 200-420°C dan memiliki karakteristik hampir sama dengan minyak diesel. Oleh karena sampah plastik dapat bermanfaat sebagai bahan bakar alternatif, maka penulis akan meneliti mengenai proses pirolisis pada sampah plastik berjenis LDPE untuk mendapatkan kualitas dan kuantitas bahan bakar minyak berdasarkan pengaruh temperatur pembentukan *fuel oil*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, dirumuskan sebuah permasalahan yaitu bagaimana pengaruh variasi suhu pembentukan bahan bakar terhadap minyak hasil proses pirolisis sampah plastik LDPE untuk mengetahui sifat fisik agar menjadi bahan bakar siap konsumsi pada kendaraan.

## 1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah maka penulis memberikan beberapa batasan masalah, yaitu:

1. Plastik yang digunakan adalah plastik jenis LDPE
2. Produk pirolisis yang dianalisa hanya produk cair
3. Pada saat pengujian dianggap tidak ada kebocoran pada reaktor
4. Menggunakan dua reaktor dengan kapasitas plastik 400 gram
5. Pengujian variasi suhu hanya dilakukan di reaktor kedua
6. Reaktor pertama menggunakan suhu 450°C dengan waktu 2 jam
7. Reaktor kedua menggunakan suhu 100°C, 200°C, 300°C dengan waktu 15 menit setiap percobaan

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh variasi suhu pembentukan bahan bakar terhadap sifat fisik dari minyak sampah plastik LDPE hasil pirolisis sebagai bahan bakar alternatif.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui sifat fisik bahan bakar (massa jenis, *viskositas*, dan nilai kalor).
2. Mengetahui pengaruh variasi suhu terhadap sifat fisik bahan bakar hasil pirolisis.
3. Dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya mengenai pengolahan sampah plastik dengan proses pirolisis.

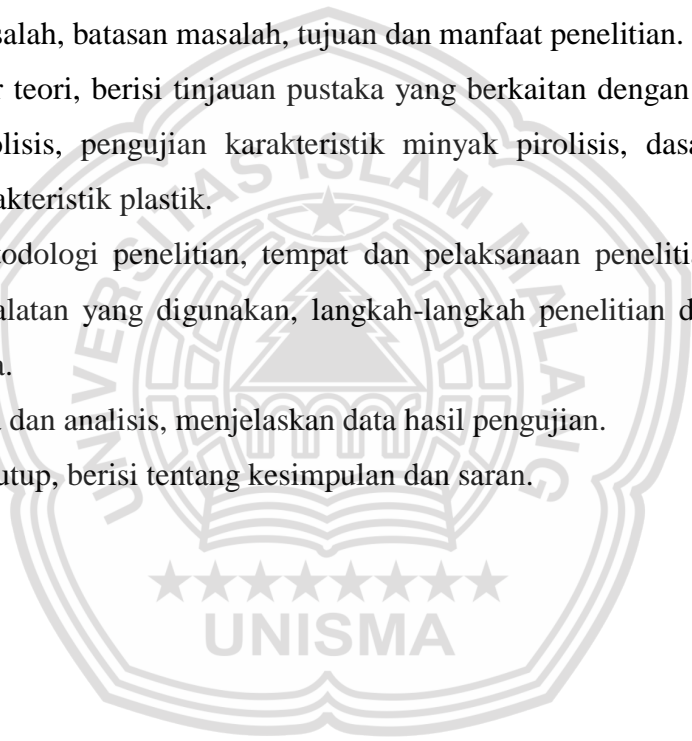


4. Sebagai solusi bahan bakar alternatif dan mengurangi pencemaran lingkungan akibat sampah plastik yang sulit terurai.
5. Bisa menjadi pengetahuan kepada masyarakat mengenai pengaruh variasi suhu pembentukan bahan bakar terhadap hasil minyak sampah plastik LDPE dengan menggunakan metode pirolisis.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- BAB I : Pendahuluan, menjelaskan tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian.
- BAB II : Dasar teori, berisi tinjauan pustaka yang berkaitan dengan sampah plastik, pirolisis, pengujian karakteristik minyak pirolisis, dasar teori tentang karakteristik plastik.
- BAB III : Metodologi penelitian, tempat dan pelaksanaan penelitian, menjelaskan peralatan yang digunakan, langkah-langkah penelitian dan pengambilan data.
- BAB IV : Data dan analisis, menjelaskan data hasil pengujian.
- BAB V : Penutup, berisi tentang kesimpulan dan saran.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan berupa pirolisis plastik LDPE, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

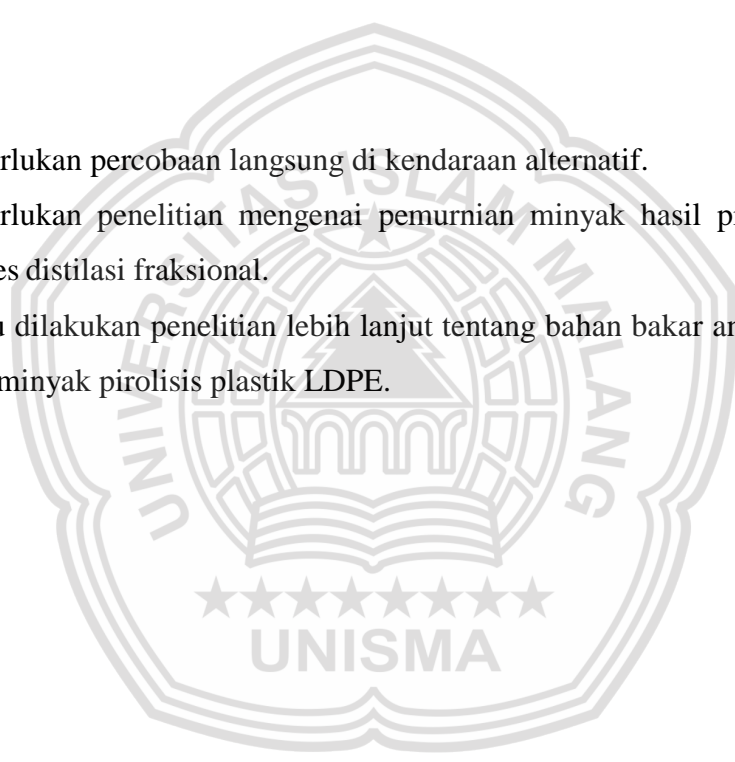
1. Hasil pirolisis variasi suhu perbedaan dari segi warna sesuai suhu yang ditentukan diantara suhu 100°C menghasilkan minyak berwarna kuning jernih, suhu 200°C menghasilkan minyak berwarna coklat keruh, dan suhu 300°C menghasilkan minyak berwarna coklat jernih.
2. minyak terbanyak pada suhu 300°C dengan waktu 15 menit menghasilkan minyak sebesar 40 ml.
3. Nilai kalor berbanding terbalik dengan densitas, jika nilai densitasnya rendah maka nilai kalor yang dihasilkan tinggi.
4. Masa jenis minyak pirolisis plastik LDPE meningkat pada peningkatan suhu reaktor.
5. Semakin panas proses pirolisis dengan variasi suhu 100°C, 200°C, dan 300°C dilakukan maka semakin tinggi berat masa jenis cairan yang dihasilkan karena semakin banyak molekul berat yang ikut terdekomposisi.
6. Masa jenis dari minyak pirolisis plastik LDPE suhu 100°C sebesar 0,60 kg/L, suhu 200°C sebesar 0,63 kg/L dan suhu 300°C sebesar 0,65 kg/L
7. Viskositas dinamik rata-rata minyak pirolisis plastik LDPE menghasilkan 0,51 cp.
8. Semakin tinggi suhu pirolisis mengakibatkan masa jenis dan viskositas hasil pirolisis akan semakin meningkat.
9. Minyak hasil variasi suhu 100°C , 200°C , dan 300°C menghasilkan bahan bakar yang lebih efektif dari percobaan di suhu tinggi karena lebih sedikit

pula persen kadar abu yang nempel dibahan bakar.

10. Minyak hasil pirolisis plastik jenis LDPE pada suhu pemanasan 100°C memiliki nilai viskositas yang tidak jauh berbeda dengan nilai viskositas bensin. Sedangkan minyak hasil pirolisis plastik jenis LDPE pada suhu pemanasan 200°C memiliki nilai viskositas yang sama dengan viskositas kerosen dan minyak hasil pirolisis plastik jenis LDPE pada temperatur pemanasan 300°C memiliki nilai viskositas yang hampir sama dengan bahan bakar diesel.

## 1.2 Saran

1. Diperlukan percobaan langsung di kendaraan alternatif.
2. Diperlukan penelitian mengenai pemurnian minyak hasil pirolisis melalui proses distilasi fraksional.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang bahan bakar antara kestabilan dari minyak pirolisis plastik LDPE.



## DAFTAR PUSTAKA

- Aprian, R. P. (2011). *Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak Menggunakan Proses Pirolisis*. Jawa Timur: Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”
- Basu, P. (2010). *Biomass Gasification and Pyrolysis*. Oxford: Elsevier Inc.
- Brady, James E. 1999. *Kimia Universitas Azas dan Struktur Jilid I Edisi ke-5*. Jakarta : Bina Rupa Aksara.
- Brizantha, P. E., Fauziah, M., & Ikawanty, B. A. (2020). Kontrol Suhu dan Waktu pada Proses Pirolisis Limbah Plastik Menjadi BBM Menurut Jenis Plastik HDPE. *Jurnal Elektronika Dan Otomasi Industri*, 2(2), 64.  
<https://doi.org/10.33795/elkolind.v2i2.56>
- Fatimura, M., Masriatini, R., Sepriyanti, R., & Yunita, R. (2019). Pengolahan Limbah Plastik Jenis Kantong. 4, 41–48.
- Iswadi, D., Nurisa, F., Liastuti, E., Kimia, J. T., Teknik, F., Pamulang, U., Surya, J., No, K., & Selatan, T. (2017). Pemanfaatan Sampah Plastik Ldpe Dan Pet Menjadi Bahan Bakar Minyak Dengan Proses Pirolisis. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 1(2), 77–85.  
<http://openjournal.unpam.ac.id/index.php/JITK/article/view/718>
- Jahirul, M. I. (2012). *Biofuels Production through Biomass Pyrolysis*. Energies. Australia: Central Queensland University
- Jambeck, Jenna R. (2015). *Plastic Waste Inputs from Land Into The Ocean*. Athens: University of Georgia
- Kurniawan, A., Basuki, B., & Irfa’i, M. A. (2021). Analisis jumlah volume bahan bakar yang dihasilkan pada alat pirolisis sampah plastik tipe LDPE. *ARMATUR: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur*, 2(1), 1–6.  
<https://doi.org/10.24127/armatur.v2i1.338>
- Kurniawan, E., & Nasrun. (2017). Karakterisasi Bahan Bakar dari Sampah Plastik Jenis High Density Polyethelene (HDPE) Dan Low Density Polyethelene (LDPE). *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 3(2), 41–52.

- M. Rijani and C. Rangkuti, "Konversi Plastik Polipropilena Menjadi Bahan Bakar Minyak," in Seminar Nasional Cendekianwan, 2015, pp. 229–236
- Marpaung, G.S., dan Widiaji. (2009). Raup Rupiah dari Sampah Plastik. Pustaka Bina Swadaya. Jakarta.
- Miskah, S., Yusra, A., dan Permana, W.H. 2016. Pengaruh Penggunaan Katalis CU-AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Terhadap Pembuatan Bahan Bakar Cair Dari Bahan LDPE dan PET. Jurnal Teknik Kimia No.1, Vol.22.
- Moavenzadeh , Taylor, 1995. Recycling and Plastics. Center for Construction Research and Education Departement of Civil and Environtmental Engineering Massachuett Institute of Technology. Cambridge. Massachuett, USA.
- Mustofa K, D. (2014). Pirolisis Sampah Plastik Hingga Suhu 900oC Sebagai Upaya Menghasilkan Bahan Bakar Ramah Lingkungan. Jakarta: Politeknik Negeri Jakarta
- Permana, Y. A., Mulyadi, S., Sutjahjono, H., & Rosyadi, A. A. (2020). Pengaruh Temperatur Dan Waktu Pemanasan Pada Proses Pirolisis Pet/Pp Terhadap Karakteristik Bahan Bakar. Rotor, 12(2), 1. <https://doi.org/10.19184/rotor.v12i2.15601>
- Pranata, J., 2008, Pemanfaatan Sampah Kota Sebagai Bahan Bakar Pada Turbin Gas yang tidak terpakai di PT Arun NGL Menggunakan Proses Gasifikasi, Aceh.
- Prasetyo, H. (2015). Mesin Pengolah Limbah Menjadi Bahan Bakar Alternatif. Semarang: Universitas Negeri Semarang
- Pravitasari, Anita. (2009). Simbol Daur Ulang pada Botol dan Kemasan Plastik, didownload dari <http://majarimagazine.com/2009/02/simbol-daur-ulang-pada-botol-dan-kemasan-plastik/>
- Putra, H. P., & Yuriandala, Y. (2010). Studi Pemanfaatan Sampah Plastik Menjadi Produk dan Jasa Kreatif. Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan, 2(1), 21–31. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol2.iss1.art3>
- Riandis, J. A., Setyawati, A. R., & Sanjaya, A. S. (2021). Pengolahan Sampah Plastik Dengan Metode Pirolisis Menjadi Bahan Bakar Minyak. Jurnal Chemurgy, 5(1), 8. <https://doi.org/10.30872/cmg.v5i1.4755>

Sharuddin, F. A. (2016). A Review on Pyrolysis of Plastic Waste. Energy Conversion and Management. Malaysia: University of Malaya

Sofiana, Y. (2010). Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Alternatif Bahan Pelapis Pada Produk Interior.

Syamsiro, M., Saptoadi, H., Norsujianto, T., Noviasri, P., Cheng, S., Alimuddin, Z., dan Yoshikawa, K. (2014). Fuel Oil Production from Municipal Plastik Wastes in Sequential Pyrolysis and Catalytic Reforming Reactors. Conference and Exhibition Indonesia Renewable Energy and Energy Conservation.

