

## UJI KARAKTERISTIK MINYAK PIROLISIS BERBAHAN BAKU LIMBAH PLASTIK *POLYETHYLENE TEREPHTHALATE*

**Aza Diananda Isna Mufidah**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: [aza.18069@mhs.unesa.ac.id](mailto:aza.18069@mhs.unesa.ac.id)

**Indra Herlamba Siregar**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: [indrasiregar@unesa.ac.id](mailto:indrasiregar@unesa.ac.id)

### Abstrak

Tingginya konsumsi botol plastik yang tidak disertai dengan kemampuan mendaur ulang (recycling) mengakibatkan banyaknya jumlah sampah plastik yang ada di bumi. Plastik memiliki sifat susah untuk diuraikan. Salah satu metode yang banyak digunakan untuk memproses sampah plastik adalah pirolisis yang merupakan proses yang ramah lingkungan karena tidak terdapat limbah selama proses berlangsung. Hasil yang diperoleh selama proses pirolisis merupakan char (residu), Minyak, dan gas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa hasil minyak pirolisis plastik *PolyethyleneTerephthalate* dengan pengaruh suhu reaktor terhadap karakteristik minyak pirolisis, yang meliputi; massa jenis, viskositas, nilai kalor, titik nyala, GC (*gas chromatography*) dan angka setana. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan analisis data kualitatif deskriptif yaitu dengan memvariasikan suhu tungku dengan temperatur 250°C, 300°C, dan 350°C. Untuk mengetahui nilai dan karakteristik dari hasil minyak pirolisis yaitu: densitas, viskositas, nilai kalor, titik nyala, *cetane number*, dan GC (*gas chromatography*). Karakteristik dari hasil minyak pirolisis tertinggi terdapat pada; densitas, viskositas, *cetane number* pada suhu tungku 250°C yaitu 0.7816 kg/L, 0.40 cP, 34.7. Nilai kalor dan *flash Point* pada pada temperature 350°C yaitu 11965 kkal/kg dan 42°C. GC-MS memiliki jumlah presentase senyawa hidrokarbon dengan total 62.62%, 54.75%, 44.65%. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa karakteristik minyak pirolisis PET (*PolyethyleneTerephthalate*) mirip dengan karakteristik minyak tanah.

**Kata Kunci:** Pirolisis, Limbah Plastik *PolyethyleneTerephthalate*, Karakteristik Minyak Pirolisis.

### Abstract

*The high consumption of plastic bottles, which is not accompanied by the ability to recycling, results in a large amount of plastic waste on earth. Plastic has properties that are difficult to decompose. One method that is widely used to process plastic waste is pyrolysis which is an environmentally friendly process because there is no waste during the process. The results obtained during the pyrolysis process are char (residue), oil and gas. This study aims to analyze the results of Polyethylene Terephthalate plastic pyrolysis oil with the effect of reactor temperature on the characteristics of pyrolysis oil, which include; density, viscosity, heating value, flash point, GC (gas chromatography) and cetane number. This study used an experimental method with descriptive qualitative data analysis by varying the furnace temperature at 250°C, 300°C, and 350°C. To determine the value and characteristics of pyrolysis oil products, namely: density, viscosity, calorific value, flash point, cetane number, and GC (gas chromatography). The characteristics of the highest pyrolysis oil yields are found in; density, viscosity, cetane number at a furnace temperature of 250°C, namely 0.7816 kg/L, 0.40 cP, 34.7. The calorific value and flash point at a temperature of 350°C are 11965 kcal/kg and 42°C. GC-MS has a total percentage of hydrocarbon compounds with a total of 62.62%, 54.75%, 44.65%. From these results it can be concluded that the characteristics of PET (PolyethyleneTerephthalate) pyrolysis oil are similar to those of kerosene.*

**Keywords:** Pyrolysis, PolyethyleneTerephthalate Plastic Waste, Characteristics of Pyrolysis Oil.

### PENDAHULUAN

Plastik merupakan terbuat dari minyak bumi yang didapat dengan proses pemurnian. Plastik sendiri mempunyai ikatan kimia yang sangat kuat di alam, sehingga masyarakat banyak menggunakan bahan yang berasal dari plastik (Wahyudi et al., 2018)

Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), adapun besar persentase sampah plastik di Indonesia yaitu 11.600 ton. Sampah plastik yang dibuang secara sembarangan juga dapat menyumbat

selokan dan sungai, oleh karena itu sering dianggap sebagai penyebab utama banjir di Indonesia. Gas beracun dilepaskan ke udara selama pembuatan plastik. Hal ini tentu saja menimbulkan pencemaran di darat, di laut maupun di udara. Pemanfaatan sampah plastik saat ini sudah meluas, baik sebagai sampah plastik daur ulang atau daur ulang, yang dapat dimanfaatkan untuk sektor energi dengan mengubahnya menjadi bahan bakar minyak, baik bensin, solar maupun minyak tanah.

Berbagai jenis sampah plastik saat ini tertimbun, salah satunya yang paling umum adalah polyethylene

terephthalate (PET). PET secara fisik adalah bahan yang tembus pandang, dan lentur dengan benturan dan ketahanan robek yang luar biasa. Menurut para ahli, limbah plastik PET harus diurai menjadi minyak solar atau bensin dengan panas untuk memutus rantai karbon. Proses ini disebut proses pirolisis. (Salamah & Maryudi, 2019)

Dengan banyaknya kerusakan yang diakibatkan oleh sampah plastik, wajar jika masih banyak yang harus dilakukan untuk memperbaiki masalah tersebut. Beberapa teknik dalam pengolahan limbah yaitu menggunakan teknik inersia. Meskipun sampah plastik dapat dikurangi dengan metode ini, pembakaran sampah plastik bisa menghasilkan gas beracun yang dapat mencemari lingkungan. Cara lain dalam mengolah sampah plastik adalah dengan mendaur ulang. Namun, daur ulang ini tidak dapat mengatasi jumlah sampah plastik yang ada di Indonesia karena hanya mengubahnya menjadi bentuk plastik yang baru. Metode pirolisis merupakan cara pengolahan sampah plastik yang tepat, pirolisis merupakan dekomposisi termal bahan tanpa atau tanpa oksigen (Patni et al. 2013).

Pirolisis sendiri berarti dekomposisi termal bahan organik. Pirolisis merupakan penyederhanaan pada rantai kimia yang mana dengan sedikit udara, pirolisis terjadi pada suhu sekitar 230°C dan melalui tiga tahap, yaitu tahap memulai, tahap perambatan, dan tahap penghentian. Pirolisis menghasilkan produk berupa residu, gas, dan minyak. Paraffin, olefin, naftalena dan aromatik merupakan kandungan yang ada pada hasil minyak pirolisis. Bahan baku, suhu tungku, waktu ini dapat mempengaruhi hasil pirolisis sendiri. (Taufan Landi & Ariyanto, 2017).

Mengingat jumlah sampah plastik di Indonesia cukup banyak, pirolisis merupakan metode yang bisa disebut menguntungkan dalam pengolahan sampah plastik, maka itu untuk mengetahui karakteristik dari minyak pirolisis dari sampah plastik polietilen tereftalat yang digunakan untuk pengganti bahan bakar fosil.

## METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dan menggunakan beberapa faktor yang diteliti, meliputi ; sifat fisika dan sifat kimia. Viskositas dan massa jenis merupakan sifat fisik. Nilai kalor dan titik nyala merupakan sifat kimia. Penelitian ini difokuskan pada jenis sampah plastik *polyethylene terephthalate* (PET) di proses dengan metode pirolisis pada suhu reaktor 200°C , 250°C dan 300°C.

## Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Lab.PFDM . A8.04, Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya

## Waktu Penelitian

Penelitian dapat dilakukan setelah sidang proposal skripsi dan diperkenankan untuk dilanjut sampai data dan analisa yang diperlukan semua terpenuhi.

## Variabel Penelitian

### Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini menggunakan variasi pada suhu dari reaktor yaitu : 250°C , 300°C dan 350°C.

### Variabel Terikat

Dalam penelitian ini variabel terikat meliputi; densitas, viskositas, nilai kalor, titik nyala, GC (*gas chromatography*), dan angka cetana.

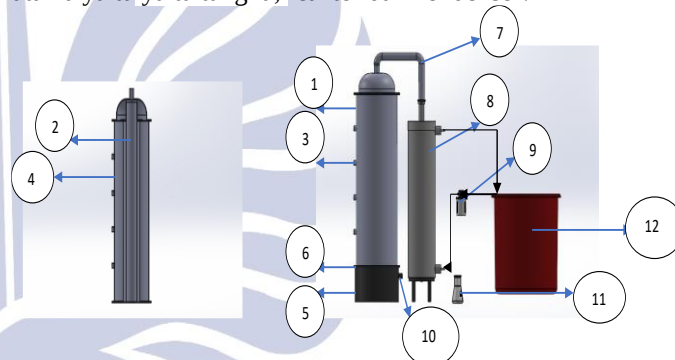
### Variabel Kontrol

Variabel kontrol dalam penelitian ini yaitu:

- *Liquid Petroleum Gas* (LPG) Adalah bahan bakar yang digunakan untuk memanaskan tungku
- Pengujian ini menggunakan sampah plastik *polyethylene terephthalate* (PET)
- Pengambilan data dilakukan selama 200 menit
- Volume bahan baku sebanyak 1500 gram.
- Menggunakan pendinginan arah aliran *counter flow* dengan kapasitas 31 liter air .

## Peralatan dan Instrumen Penelitian

Rancangan fungsional alat ini terbagi menjadi tiga bagian utama yaitu tungku, reaktor dan kondensor.

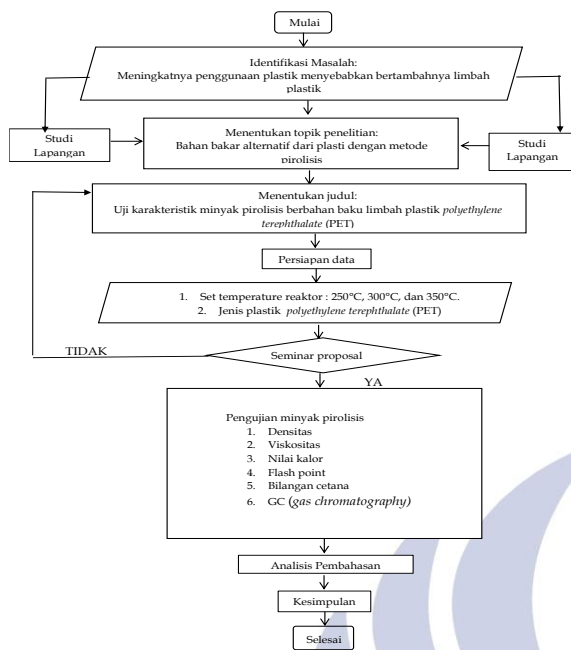


Gambar 1. Skema Proses Pirolisis

Keterangan:

1. Tungku
2. Tempat plastik
3. Lobang termokopiel
4. *Passage cover*
5. Dudukan reaktor
6. Alas reaktor
7. Lubang reaktor
8. Lubang *outlet* reaktor
9. Kondensor
10. Pompa
11. Tungku LPG
12. Wadah Minyak
13. Bak air

## Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Flow cart

## Teknik Pengumpulan Data

Data dikumpulkan dengan cara yang ditentukan oleh variabel yang sudah dijelaskan. Penelitian ini dilakukan dengan cara mengukur atau menguji subjek yang diteliti dengan mencatat hasilnya sebagai teknik pengumpulan data.

## Teknik Analisa Data

Pada tahap ini menggunakan alat ukur untuk pengumpulan data yang dimasukkan kedalam tabel, dihitung dan digambarkan melalui grafis untuk pemahaman yang lebih baik. Yang mana dilakukan agar mendapatkan hasil tentang kinerja alat yang efisien dalam hubungan antara variabel dan fenomena yang terjadi dalam penelitian yang dilaksanakan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

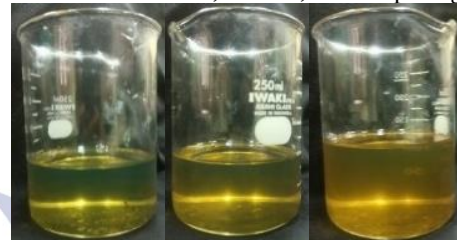
### Hasil Penelitian

Berdasarkan proses pengumpulan data yang telah dilaksanakan terhadap hasil minyak pirolisis plastik PET (*polyethylene terephthalate*), karakteristiknya dianalisis di laboratorium penelitian UB (Universitas Brawijaya), UM (Universitas Malang) dan UNDIP (Universitas Diponegoro). Hasil analisis karakteristik yang diperoleh ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 1. Hasil Akumulasi Data dan Hasil Nilai Penelitian Minyak Pirolisis

| No | Properties            | Variasi Temperatur Reaktor |        |        |
|----|-----------------------|----------------------------|--------|--------|
|    |                       | 250°C                      | 300°C  | 350°C  |
| 1  | Densitas (kg/l)       | 0.786                      | 0.7573 | 0.7610 |
| 2  | Viskositas (cP)       | 0.40                       | 0.30   | 0.28   |
| 3  | Nilai Kalor (kcal/kg) | 11069                      | 11752  | 11965  |
| 4  | Flash Point (°C)      | 33                         | 37     | 42     |
| 5  | Bilangan Cetane       | 34.7                       | 27.3   | 20.3   |

Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan bahan awal yaitu jenis plastik *polyethylene terephthalate*, dengan setiap perubahan temperatur untuk pengujian kompon plastik yang digunakan adalah 1500 gram. Massa minyak pirolisis yang dihasilkan untuk setiap perubahan suhu adalah 52 gram pada suhu reaktor 250°C, 68 gram untuk suhu reaktor 300°C, dan 95 gram untuk suhu reaktor 350°C. secara visual warna minyak yang diperoleh dari pirolisis PET (*polyethylene terephthalate*) berwarna kuning jernih untuk suhu 250 °C, 300 °C, 350 °C pada gambar 3.



A 250°C 52 gram  
B 300°C 68 gram  
C 350°C 95 gram

Gambar 3. Hasil Minyak Pirolisis PET (*Polyethylene Terephthalate*),

Setelah mendapatkan hasil berupa sampel minyak pirolisis, dianalisis sifat-sifatnya, yaitu: Massa jenis, viskositas, nilai kalor, titik nyala, angka setana dan kromatografi gas (GC). Hasil yang diperoleh selama pengujian karakteristik tersebut dibandingkan dengan standart dan mutu dari minyak yang dipakai di Indonesia.

Pengujian pertama yaitu densitas yang mana memakai prosedur ASTM D-854. Hasil sebesar 0.7816 kg/l dengan suhu tungku 250°C, 0.7573 kg/l untuk suhu reaktor 300°C dan 0.7610 kg/l untuk suhu reaktor 350°C.

Pengujian berikutnya adalah viskositas dengan memakai prosedur ASTM D-445. Memperoleh hasil yaitu untuk temperatur reaktor 250 °C, 300 °C, dan 350 °C yaitu 0.40cP, 0.30cP, 0.28cP.

Pada pengujian kalor selanjutnya diperoleh hasil pengujian dengan metode ASTM D-240 sebesar 11.069 Kkal/kg pada suhu reaktor 250 °C, 11.752 Kkal/kg pada suhu reaktor 300 °C dan 11.965 Kkal/kg pada reaktor suhu 350 °C.

Pengujian berikutnya dilakukan adalah titik nyala, pengujian ini menggunakan metode ASTM D-93. Pengujian ini memperoleh hasil 33°C pada suhu reaktor 250°C, 37°C untuk suhu 300°C dan 42°C untuk suhu reaktor 350°C.

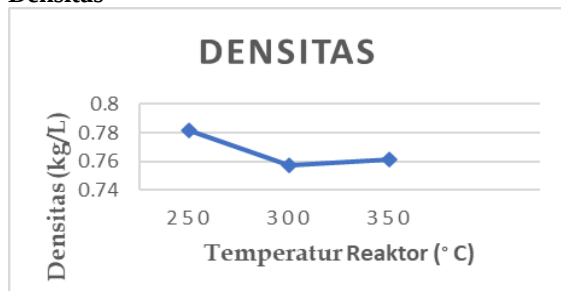
Uji selanjutnya angka setana menggunakan ASTM D-613. Untuk suhu tungku 250°C didapatkan hasil 34,7, kemudian dilakukan pengujian dengan suhu tungku 300°C menunjukkan angka setane sebesar 27,3, Cetane number yang diperoleh pada suhu reaktor 350 °C adalah 20,3.

Pengujian terakhir yang dilakukan adalah kromatografi gas dengan GCMS-QP2010 SE. Hasil uji GC-MS disajikan sebagai senyawa yang diukur sebagai persentase luas sampel. Senyawa yang terkandung dalam produk PET cair. Kandungan senyawa dari produk pirolisis dianalisa menggunakan GC-MS. Hasil dari analisa GC-MS menunjukkan bahwa cairan pirolisis mengandung 35 macam senyawa untuk masing-masing temperatur 250 °C,

300 °C, dan 350 °C. yang mana pengujian dan pengumpulan data yang dilaksanakan kemudian dianalisis dan dianalisis.

#### Pembahasan

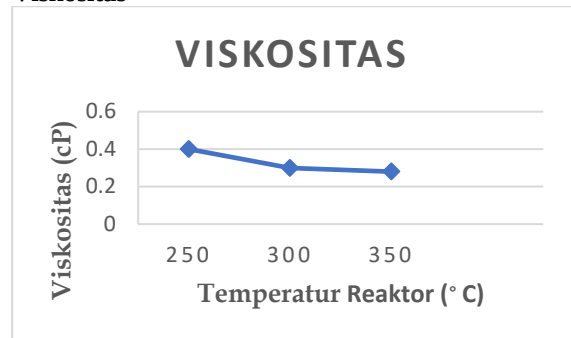
- **Densitas**



Gambar 4. Hasil Pengujian Densitas Minyak Pirolisis (*Polyethylene Terephthalate*).

Hasil dari pengujian densitas minyak pirolisis disajikan, yangmana densitas diperoleh pada setiap kenaikan temperatur reaktor juga berbeda, hasil terendah diperoleh untuk suhu reaktor 300 °C beserta yield sebesar 0.7573 kg/l. Densitas terbaik dicapai dengan suhu tungku 250 °C, yang mana mendapatkan nilai densitas sebesar 0.7816 kg/l. sedangkan pada suhu reaktor 350°C diperoleh densitas sebesar 0.7610 kg/l. Hasil pengujian menunjukkan bahwa densitas minyak pirolisis plastik PET (*polyethylene terephthalate*) menurut penelitian (Iswadi et al., 2017) mirip dengan karakteristik bahan bakar minyak tanah. Densitas minimum 0,78 kg/L dan densitas maksimum 0.81 kg/l. Sesuai dari data GC-MS unsur dominan yang didapatkan dari masing masing variasi suhu adalah 250°C terdapat Tetradeceane, 300C terdapat tridecane, sedangkan pada suhu 350 terdapat senyawa Eicosene ( $C_{20}H_{40}$ ) dan Octadecene ( $C_{18}H_{36}$ ) yang mana senyawa tersebut tidak terdapat pada suhu 250 dan 300. Dengan adanya penjelasan diatas menunjukkan bahwa semakin besar suhu minyak kerja maka semakin panjang rantai karbon dari senyawa hidrokarbon yang dihasilkan. Maka semakin panjang rantai karbon, densitasnya juga semakin besar. Lalu, pada suhu 250 terdapat ikatan rangkap yang mana dapat membuat nilai densitas lebih besar dari pada suhu 300 dan 350. (Ibrahim Ahmad Ibadurrohman, Nurkholis Hamid, 2021)

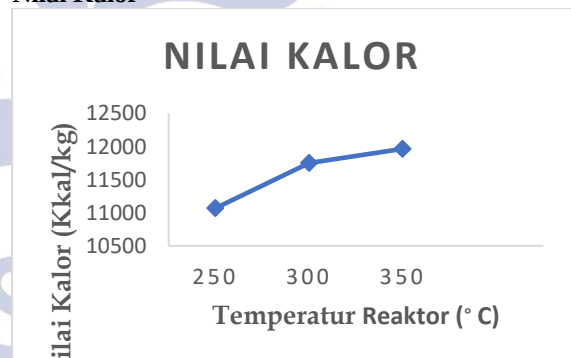
- **Viskositas**



Gambar 5. Hasil Pengujian Viskositas Minyak Pirolisis (*Polyethylene Terephthalate*).

Hasil dari pengujian viskositas yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu reaktor maka semakin tinggi pula minyak pirolisis yang dihasilkan terhadap nilai viskositasnya. Viskositas berpengaruh terhadap kemudahan aliran dan penyalan. Viskositas yang diperoleh pada suhu reaktor 250 °C adalah 0,40 cP, sedangkan pada suhu reaktor 300 °C viskositasnya adalah 0,30 cP, viskositas pada suhu reaktor 350 °C adalah 0,28 cP. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa menurut penelitian (Iswadi et al., 2017), viskositas minyak pirolisis plastik PET (*polyethylene terephthalate*) mirip dengan karakteristik bahan bakar minyak tanah dengan viskositas minimum 0,29 cP dan maksimum 3,34 cP.

- **Nilai Kalor**

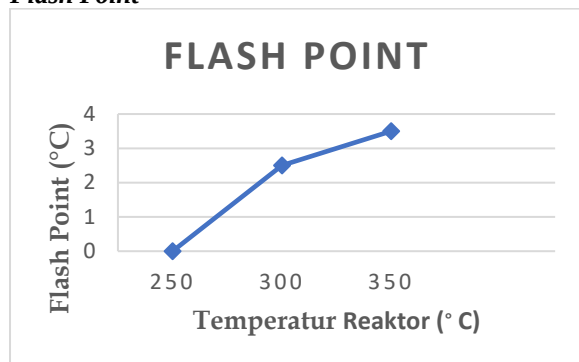


Gambar 6. Hasil Pengujian Nilai Kalor Minyak Pirolisis (*Polyethylene Terephthalate*).

Hasil pengujian minyak pirolisis ini pada suhu 250 °C diperoleh nilai kalor sebesar 11069 Kkal/kg, kemudian pada suhu reaktor 300 °C diperoleh nilai kalor sebesar 11752 Kkal/kg, kemudian pada suhu reaktor 350 °C Nilai kalor yang diperoleh dalam °C adalah 11965 Kkal/kg. Hasil pengujian ini menunjukkan jika nilai kalor pada minyak pirolisis plastik PET (*polyethylene terephthalate*) dikatakan cukup tinggi dibandingkan bensin 10.160 Kkal/kg - 11.000 Kkal/kg (Wiratmaja, 2014), solar 10.509 Kkal/kg - 1546 Kkal/kg. Minyak tanah 10.478 Kkal/kg, (Ramadhan & Ali, 2012). Sesuai dari data GC-MS unsur dominan yang didapatkan dari masing masing variasi suhu adalah 250C terdapat Tetradeceane, 300C terdapat tetradecane serta 350

terdapat Octadecane yang menandakan bahwa semakin besar suhu juga semakin Panjang rantai Karbon berdampak pada semakin naiknya nilai kalor dari hasil minyak pirolisis. Data diatas sesuai dengan sifat hidrokarbon sendiri dimana semakin Panjang dari rantai karbon maka akan semakin naik nilai kalor dari suatu senyawa hidrokarbon (Ibadurrohman et al., 2021)

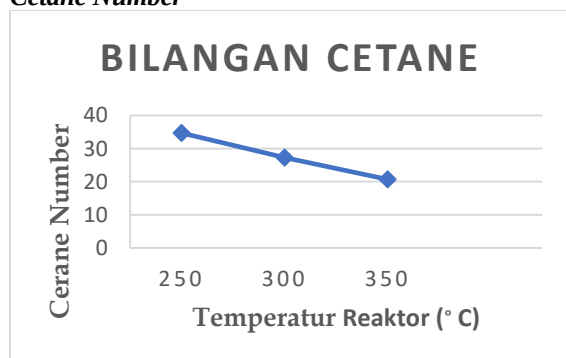
- **Flash Point**



Gambar 7. Hasil Dari Pengujian *flash point* Minyak Pirolisis (*Polyethylene Terephthalate*).

Hasil pengujian titik nyala menunjukkan bahwa nilai titik nyala yang diperoleh pada suhu reaktor 250°C adalah 33°C, kemudian nilai titik nyala yang diperoleh pada suhu 300°C adalah 37°C. Titik nyala pada suhu reaktor 350 °C adalah 42 °C. Titik nyala pirolisis menggunakan limbah plastik PET (*polyethylene terephthalate*) mirip dengan karakteristik bahan bakar minyak tanah menurut (Jimmy, 2012. ), yaitu memiliki titik nyala minimal 37 °C dan maksimal 65 °C. Sesuai dari data GC-MS unsur dominan yang didapatkan dari masing masing variasi suhu adalah 250C terdapat Tetradecane, 300C terdapat tetradecane serta 350 terdapat Octadecane yang menandakan bahwa semakin besar suhu juga semakin Panjang dari rantai Karbon maka akan semakin naik titik nyala dari minyak hasil pirolisis. Data diatas sesuai dengan sifat hidrokarbon sendiri dimana semakin Panjang dari rantai karbon maka akan semakin Meningkat titik nyala dari suatu senyawa hidrokarbon (*Hydrocarbons - Autoignition Temperatures and Flash Points*, n.d.)

- **Cetane Number**



Gambar 8. Hasil Pengujian Angka Setana Minyak Pirolisis (*Polyethylene Terephthalate*).

Hasil dari pengujian yang telah dilaksanakan menunjukkan angka cetane pada minyak pirolisis, merupakan pengaruh suhu reaktor terhadap angka cetane minyak pirolisis. Angka setana terkecil dicapai suhu reaktor 350 °C, yang mana angka setana adalah 20,3. Pada pengujian selanjutnya yaitu pada suhu reaktor 300°C angka setana adalah 27,3. Cetane number tertinggi diperoleh pada suhu reaktor 350 °C, dimana cetane number mencapai 34,7. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa plastik PET (*polyethylene terephthalate*) minyak pirolisis ini belum termasuk dalam kategori bahan bakar karena belum memenuhi persyaratan kualitas bahan bakar.

- **Gas Chromatography mass spectrometry (GC-MS)**

Tabel 2. Senyawa Pada Produk Cair PET 250°C

| Area% | Nama Senyawa                     |
|-------|----------------------------------|
| 28,89 | Tetradecane (CAS)                |
| 26,74 | 1-Tridecene (CAS)                |
| 7,78  | 1-Dodecanol (CAS)                |
| 4,21  | CYCLOBUTANE, 1-BUTYL-2-ETHYL-    |
| 4,07  | 1-Tetradecanol (CAS)             |
| 4,05  | METHYLENE CYCLOHEXANE-3,3,5,5-D4 |
| 2,75  | 1,8-DIHYDRO-AS-INDACENE          |
| 2,33  | 4-UNDECENE, (Z)-                 |
| 1,91  | Octane (CAS)                     |
| 1,61  | 3-Octene, 2,2-dimethyl- (CAS)    |
| 1,58  | Octane, 3-chloro- (CAS)          |
| 1,51  | 2-DODECENE, (Z)-                 |
| 1,36  | 1,3-Propanediol, 2-dodecyl       |
| 1,3   | 2,4-Dimethyl-1-heptene           |
| 1,17  | (2)-7-DODECENOL                  |
| 1,03  | 3-HEXADECENE, (Z)-               |
| 0,96  | 2-UNDECENE, (Z)-                 |
| 0,92  | 4-Decene (CAS)                   |
| 0,87  | Benzoic acid, ethyl ester (CAS)  |
| 0,86  | Pentadecane (CAS)                |
| 0,71  | CYCLOHEXENE, 1-METHYL-           |
| 0,69  | 1-Tridecanol (CAS)               |
| 0,67  | CYCLOHEXANE, ETHYLIDENE-         |
| 0,65  | Pentatriacontane (CAS)           |
| 0,59  | Hexadecane (CAS)                 |
| 0,55  | Cyclopropane, 1,2-dibutyl- (CAS) |

Dari hasil kromatogram diatas nampak bahwa terdapat 6 nama senyawa penyusun paling besar

adalah Tetradecane (CAS) 28.89%, 1-Tridecene (CAS) 26.74%, 1-Dodecanol (CAS) 7.78%, CYCLOBUTANE, 1-BUTYL-2-ETHYL- 4.21%, 1-Tetradecanol (CAS) 4.07%, dan METHYLENE CYCLOHEXANE-3,3,5,5-D4 4.05%.

Tabel 3. Senyawa Pada Produk Cair PET 300°C

| Area% | Nama Senyawa                                           |
|-------|--------------------------------------------------------|
| 26,04 | 1-Tridecene (CAS)                                      |
| 25,25 | Tetradecane (CAS)                                      |
| 8,71  | 1-Decene (CAS)                                         |
| 3,98  | CYCLOBUTANE, 1-BUTYL-2-ETHYL-                          |
| 3,15  | HEPTANE, 2,4-DIMETHYL-                                 |
| 2,34  | N-(4-METHOXY-1,2,5-OXADIAZOL-3-YL)BENZAMIDE            |
| 2,25  | 1,1'-Biphenyl (CAS)                                    |
| 2,12  | 1-Tetradecanol (CAS)                                   |
| 2,1   | Cyclobutane, 1-butyl-2-ethyl-                          |
| 1,94  | Octane (CAS)                                           |
| 1,92  | 1,10-DECANEDIOL                                        |
| 1,76  | 1,3,5-Cycloheptatriene (CAS)                           |
| 1,68  | 1,2-Benzenedicarboxylic acid, mono(2-ethylhexyl) ester |
| 1,54  | CYCLOPENTENE, 1-ETHENYL-3-METHYLENE-                   |
| 1,49  | 2-Octene, 2,3,7-trimethyl- (CAS)                       |
| 1,45  | BENZOIC ACID                                           |
| 1,38  | E-10-Pentadecenol                                      |
| 1,34  | Benzene, 1,2-dimethyl- (CAS)                           |
| 1,22  | Benzoic acid, ethyl ester (CAS)                        |
| 1,21  | CYCLOPROPANE, NONYL-                                   |
| 1,01  | 5-Undecene (CAS)                                       |
| 0,99  | 3-tert-Butyl-5-chloro-2-hydroxybenzophenone            |
| 0,97  | Benzene, 1,4-dimethyl- (CAS)                           |
| 0,92  | 2,4-Dimethyl-1-heptene                                 |
| 0,87  | 8-Dodecenol                                            |
| 0,8   | Pentatriacontane (CAS)                                 |
| 0,78  | 4-Decene (CAS)                                         |
| 0,76  | Cyclopropanol, 1-(3,7-dimethyl-1-octenyl)- (CAS)       |

Dari hasil kromatogram diatas nampak terdapat 3 nama senyawa penyusun paling besar yaitu ; 1-Tridecene (CAS) 26.40%, Tetradecane (CAS) 25.25%, dan 1-Decene (CAS) 8.71

Tabel 4. Senyawa Pada Produk Cair PET 350°C

| Area% | Nama Senyawa                                                |
|-------|-------------------------------------------------------------|
| 8,04  | 3-EICOSENE, (E)-                                            |
| 7,9   | 1-Tridecene (CAS)                                           |
| 7,15  | 3-OCTADECENE, (E)-                                          |
| 5,86  | 1-Decene (CAS)                                              |
| 5,04  | ACENAPHTHYLENE                                              |
| 4,4   | 1-Dodecene (CAS)                                            |
| 4,2   | 3-DECENE, 2,2-DIMETHYL-, (E)-                               |
| 4,15  | CYCLOBUTANE, 1-BUTYL-2-ETHYL-                               |
| 3,8   | 1-Octanesulfonyl chloride                                   |
| 3,26  | Tetradecane (CAS)                                           |
| Area% | Nama Senyawa                                                |
| 3,18  | CYCLOPROPANE, 1-METHYL-2-(3-METHYLPENTYL)-                  |
| 2,94  | 1,7-OCTADIENE, 2,3,3-TRIMETHYL-                             |
| 2,88  | HEPTANE, 2,4-DIMETHYL-                                      |
| 2,75  | Tridecanol (CAS)                                            |
| 1,99  | Octane (CAS)                                                |
| 1,98  | 1,2-BENZENEDICARBOXYLIC ACID                                |
| 1,91  | Phenylglyoxal                                               |
| 1,82  | Benzoic acid, ethyl ester (CAS)                             |
| 1,7   | CYCLOHEXANE, 1,5-DIETHYL-2,3-DIMETHYL-                      |
| 1,68  | Octane, 3-chloro- (CAS)                                     |
| 1,66  | 1-Heptanol, 2,4-diethyl-                                    |
| 1,5   | 1,3,5-Cycloheptatriene (CAS)                                |
| 1,49  | Isodecyl methacrylate                                       |
| 1,44  | CYCLOPENTENE, 1-ETHENYL-3-METHYLENE-                        |
| 1,32  | 2-DECENE, 2,4-DIMETHYL-(2,4,6-Trimethylcyclohexyl) methanol |
| 1,25  |                                                             |
| 1,13  | Benzene, 1,4-dimethyl- (CAS)                                |
| 1,12  | 1-Tetradecanol (CAS)                                        |
| 1,11  | R(+)-5,7-Dimethyl-1,6-octadiene                             |
| 1,01  | 2-Pyrazoline, 1-isopropyl-5-methyl- (CAS)                   |

Dari hasil kromatogram diatas Nampak terdapat 8 nama senyawa penyusun paling besar yaitu ; 3-EICOSENE, (E)- 8.04%, 1-Tridecene (CAS) 7.90%, 3-OCTADECENE, (E)- 7.15%, 1-Decene (CAS), ACENAPHTHYLENE 5.04%, 1-Dodecene (CAS) 4.40%, 3-DECENE, 2,2-DIMETHYL-, (E)- 4.20%, dan CYCLOBUTANE, 1-BUTYL-2-ETHYL- 4.15 %.

Berdasarkan pada tabel Tabel 2-Tabel 4 yang mana pada tabel tersebut menjelaskan terkait nama – nama senyawa yang terkandung dalam minyak pirolisis PET dengan variasi suhu 250, 300, dan 350 dari hasil pengujian menggunakan alat GC – MS. Adapun dari hasil alat GC – MS dapat diperoleh dengan berbagai macam senyawa. Tetapi tidak semua senyawa yang terkandung dari minyak pirolisis PET tersebut dapat dijadikan sebagai

senyawa yang terkandung dalam bahan bakar minyak. Dari berbagai macam senyawa yang terkandung dari minyak pirolisis itu hanya terdapat beberapa senyawa yang dapat diklasifikasikan senyawa yang terdapat pada minyak tanah.

Menurut buku "John Wiley & Sons, Inc., From Holum, J. R., *General, Organic, And Biological Chemistry, Ninth Edition*. 1995" rantai karbon dari minyak tanah yaitu  $C_{12}$  sampai  $C_{18}$ . Dengan itu rumus molekul yang ada pada minyak tanah yaitu  $C_{12}H_{26}$  (Dodecane),  $C_{13}H_{28}$  (Tridecane),  $C_{14}H_{30}$  (Tetradecane),  $C_{15}H_{32}$  (Pentadecane),  $C_{16}H_{34}$  (Hexadecane),  $C_{17}H_{36}$  (Heptadecane), dan  $C_{18}H_{38}$  (Octadecane).

Tabel 5. Hasil Komposisi Minyak Tanah yang Terkandung dalam Minyak Pirolisis

| Nama Senyawa                           | Nama Molekul   | Suhu 250°C    | Suhu 300°C    | Suhu 350°C    |
|----------------------------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| Dodecene                               | $C_{12}H_{24}$ | 1.76          | -             | 4.40          |
| Tridecene                              | $C_{13}H_{26}$ | 26.74         | 26.04         | 7.9           |
| Tetradecane                            | $C_{14}H_{30}$ | 28.89         | 25.25         | 12.58         |
| Pentadecane                            | $C_{15}H_{32}$ | 0.86          | -             | -             |
| Hexadecane                             | $C_{16}H_{36}$ | 0.59          | -             | -             |
| Hexadecene                             | $C_{16}H_{34}$ | 1.03          | -             | -             |
| Octadecene                             | $C_{18}H_{36}$ | -             | -             | 7.15          |
| 1,8-dihydro-as-indacene                | $C_{12}H_{10}$ | 2.75          | -             | -             |
| Cyclopropane, nonyl                    | $C_{12}H_{24}$ | -             | 1.21          | -             |
| 1,1-biphenyl                           | $C_{12}H_{10}$ | -             | 2.25          | -             |
| Cyclohexane, 1,5-diethyl-2,3-dimethyl- | $C_{12}H_{24}$ | -             | -             | 1.70          |
| 2-DECENE, 2,4-DIMETHYL -               | $C_{12}H_{24}$ | -             | -             | 1.32          |
| 3-DECENE, 2,2-DIMETHYL                 | $C_{12}H_{24}$ | -             | -             | 4.2           |
| Acenaphthylene                         | $C_{12}H_{10}$ | -             | -             | 5.4           |
| <b>TOTAL</b>                           |                | <b>62.62%</b> | <b>54.75%</b> | <b>44.65%</b> |

Berdasarkan hasil diatas dapat disimpulkan bahwa pada tabel komposisi minyak tanah suhu 250°C memiliki jumlah presentase yang tinggi dengan senyawa hidrokarbon total 62.62%, yang mana nilai tersebut menjadi yang tertinggi dibandingkan pada minyak suhu 300 dan 350, dan mana nilai tersebut menunjukkan bahwa komposisi senyawa yang terkandung ini didominasi oleh senyawa-senyawa yang terkandung dalam minyak tanah.

## PENUTUP

### Simpulan

- Densitas minyak pirolisis PET (*Polyethylene Terephthalate*) mirip dengan karakteristik bahan bakar jenis minyak tanah terdapat pada suhu reaktor 250°C dengan nilai 0,7816 kg/l. Viskositas yang didapat pada penelitian ini mirip karakteristik dari minyak tanah didapat pada variasi temperatur reaktor 250°C dengan nilai 0.40 cP, 300°C dengan nilai 0.30 cP, dan 350°C dengan nilai 0.28 cP. Nilai kalor minyak pirolisis PET (*Polyethylene Terephthalate*) tertinggi terdapat pada suhu reaktor 350°C dengan hasil 11.965 kkal/kg. Flash point pada minyak pirolisis PET (*Polyethylene Terephthalate*) mirip dengan karakteristik bahan bakar jenis minyak tanah didapat pada suhu reaktor 350°C yakni 42°C. Angka setane pada pengujian minyak dari pirolisis PET (*Polyethylene Terephthalate*) masih belum termasuk kedalam kategori bahan bakar, dikarenakan masih belum bisa memenuhi nilai dari standart mutu dari bahan bakar. Dari hasil GC-MS memiliki jumlah presentase senyawa hidrokarbon dengan total 62.62%, 54.75%, 44.65% yang mana nilai tersebut menjadi yang tertinggi, dan juga nilai tersebut menunjukkan bahwa komposisi senyawa yang terkandung ini didominasi oleh senyawa-senyawa yang terkandung dalam minyak tanah.
- Hasil dari keseluruhan pengujian menunjukan bahwa minyak pirolisis PET (*Polyethylene Terephthalate*) mirip dengan karakteristik bahan bakar minyak tanah.

### Saran

Perlu dilakukan uji parameter bilangan oktan dan karakteristik sesuai dengan standar direktorat jenderal minyak dan gas bumi, supaya minyak dari hasil pirolisis berbahan baku limbah plastik *Polyethylene Terephthalate* dapat dipergunakan sebagai bakar minyak alternatif dan sebagai pengganti bahan bakar fosil.

### DAFTAR PUSTAKA

- Astm. (1997). Standard Test Method for Heat of Combustion of Liquid Hydrocarbon Fuels by Bomb Calorimeter. *ASTM D 240-92 (Reapproved 1997)*, 05, 144–151.
- ASTM International. (2008). Astm D445. *ASTM International*, 126-126–128. <https://doi.org/10.1520/D0445-11.In>
- ASTM International. (2020a). Standard Test Methods for Flash Point by Pensky-Martens Closed Cup Tester 1. *ASTM International*, 1–18. <https://doi.org/10.1520/D0093-18>.
- ASTM International. (2020b). Standard Test Methods For Specific Gravity Of Soil Solids By Water Pycnometer. *ASTM International*, 2(1), 1–12. <http://clik.dva.gov.au/rehabilitation-library/1introductionrehabilitation%0Ahttp://www.scirp.org/journal/doi.aspx?DOI=10.4236/as.2017.81005%0Ahttp://www.scirp.org/journal/PaperDownload.aspx?DOI=10.4236/as.2012.34066%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.pbi.2013.02.0>

- D613-05, A. (2000). Standard Test Method for Cetane Number of Diesel Fuel Oil. *ASTM International*, 14, 1–17.
- Ibrahim Ahmad Ibadurrohman, Nurkholis Hamid, L. Y. (2021). Pengaruh Panjang Rantai Karbon Dan Derajat Ketidakjenuhan Terhadap Karakteristik Pembakaran Droplet Asam Lemak Tunggal. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 315–323. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1034/1/012060>
- 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>
- Jimmy. (2012). Penggunaan Minyak Nyamplung Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pengganti Minyak Tanah. *Teknik Kimia*, vol 1, no, 28–33. <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>
- Landi, T., & Arijanto, A. (2017). Perancangan Dan Uji Alat Pengolah Sampah Plastik Jenis Ldpe (Low Density Polyethylene) Menjadi Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Teknik Mesin Undip*, 5(1), 1–8.
- Patni, N., Shah, P., Agarwal, S., & Singhal, P. (2013). Alternate Strategies for Conversion of Waste Plastic to Fuels. *ISRN Renewable Energy*, 2013(May 2014), 1–7. <https://doi.org/10.1155/2013/902053>
- Ramadhan, A., & Ali, M. (2012). Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak Menggunakan Proses Pirolisis. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 4(1), 44–53.
- Salamah, S., & Maryudi, M. (2019). Recycle Limbah Plastik Jenis PET (Polyethylene Terephthalate) dengan Proses Pirolisis dengan katalis Silika-Alumina. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 14(1), 104–111. <https://doi.org/10.23955/rkl.v14i1.11954>
- Wahyudi, J., Prayitno, H. T., & Astuti, A. D. (2018). Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Litbang: Media Informasi Penelitian, Pengembangan Dan IPTEK*, 14(1), 58–67. <https://doi.org/10.33658/jl.v14i1.109>
- Wiratmaja, I. (2014). Pengujian karakteristik fisika biogasoline sebagai bahan bakar alternatif pengganti bensin murni. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 4(2), 148–154.