

**TUGAS AKHIR**

**PIROLISIS SAMPAH PLASTIK JENIS *LOW DENSITY POLYETHYLENE* (LDPE) MENGGUNAKAN KATALIS PASIR MERAPI SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN BAKAR MINYAK (BBM)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



**NEYSAPUTRI RAHMADANTY  
18513135**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS  
TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS  
ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA  
2022**



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

الجامعة الإسلامية  
الاستدراكية

**TUGAS AKHIR**

**PIROLISIS SAMPAH PLASTIK JENIS *LOW DENSITY POLYETHYLENE* (LDPE) MENGGUNAKAN KATALIS PASIR MERAPI SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN BAKAR MINYAK (BBM)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



**NEYSAPUTRI RAHMADANTY**  
18513135

Disetujui,  
Dosen Pembimbing:

  
**Yebi Yuriandala, S.T., M.Eng**

**NIK.13513503**

Tanggal: 18 Oktober 2022

  
**Dr. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng.**

**NIK.095130404**

Tanggal: 18 Oktober 2022

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

  
**Dr. Eng. Awaluddin Nurhivanto, S.T., M.Eng.**

**NIK. 095130403**

Tanggal: 18 Oktober 2022



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

الجامعة الإسلامية  
الابستد الاندو

**HALAMAN PENGESAHAN\***

**PIROLISIS SAMPAH PLASTIK JENIS *LOW DENSITY POLYETHYLENE* (LDPE) MENGGUNAKAN KATALIS PASIR MERAPI SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN BAKAR MINYAK (BBM)**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Selasa  
Tanggal : 18 Oktober 2022

Disusun Oleh:

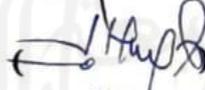
**NEYSPUTRI RAHMADANTY**  
18513135

Tim Penguji :

Yebi Yuriandala, S.T., M.Eng

Dr. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng.

Dr. Ir. Kasam, M.T.

()  
()  
()

\*Halaman ini dibuat apabila sudah selesai pendadaran



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

الجامعة الإسلامية الأندونيسية

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 19 Oktober 2022

Yang membuat pernyataan,



**Neysaputri Rahmadanty**

18513135



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## PRAKATA

Puji dan syukur atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala rahmat, inayah, taufik, dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Judul yang dipilih pada penelitian yang dilaksanakan sejak 15 Maret 2022 ini adalah “Pirolisis Sampah Plastik Jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE) Menggunakan Katalis Pasir Merapi Sebagai Alternatif Bahan Bakar Minyak (BBM)”.

Begitu banyak bimbingan, petunjuk, dorongan, dan bantuan baik moral maupun material, serta doa restu dari semua pihak yang telah penulis dapatkan sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Maka dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat, perkenankanlah penulis untuk mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarkanya kepada:

1. Almh. Ibu Maskanah dan Bapak Suwono Sapawi tercinta atas segala doa dan perjuangan untuk mendidik, membimbing, dan mencari nafkah sehingga saya bisa seperti sekarang ini. Saya sangat bersyukur memiliki orangtua seperti Ibu dan Bapak.
2. Mas Ary, Mbak Tias, dan Mbak Mita selaku kakak saya yang selalu menyemangati dan menguatkan saya. Serta Mas Barra dan Adek Bhumi yang menghibur saya
3. Bapak Yebi Yuriandala, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing 1 telah memberikan ilmu serta sabar dalam memberikan bimbingan dan saran selama penyusunan tugas akhir.
4. Bapak Dr. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing 2 yang telah membimbing serta membantu dalam kelancaran penyusunan tugas akhir.
5. Bapak Dr. Kasam, M.T. selaku penguji yang telah sabar dalam memberikan masukan dalam penyusunan tugas akhir.
6. Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
7. Seluruh dosen Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu dan pembelajaran yang bermanfaat hingga di kemudian hari.

8. Bapak Sangudi yang banyak membantu serta memberikan saran dan masukan selama melakukan pengujian.
9. Teman-teman saya yang selalu menemani dari awal masa perkuliahan hingga sekarang.
10. Semua pihak yang telah memberikan dukungan bagi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa penulisan laporan ini tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang sifatnya membangun dari pembaca diharapkan agar penulisan di kemudian hari dapat menjadi lebih baik. Semoga laporan ini dapat bermanfaat dan dapat dijadikan zzzzzzzzzzz pembelajaran maupun referensi untuk penelitian-penelitian lainnya di kemudian hari.

Yogyakarta, 19 Oktober 2022



*Neysaputri Rahmadanty*



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

الجامعة الإسلامية  
الابستد الاندو

## ABSTRAK

NEYSAPUTRI RAHMADANTY. Pirolisis Sampah Plastik Jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE) Menggunakan Katalis Pasir Merapi sebagai Alternatif Bahan Bakar Minyak (BBM). Dibimbing oleh Yebi Yuriandala, S.T., M.Eng., dan Dr. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng.

Plastik LDPE merupakan *thermoplastic* dimana pembuatannya dengan menggunakan minyak bumi sehingga dapat dikembalikan ke bentuk semulanya. Katalis pasir Merapi digunakan dalam penelitian ini karena mengandung silika yang tinggi dengan tujuan untuk meningkatkan kuantitas dan kualitas minyak. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui kuantitas dan kualitas hasil minyak pirolisis sehingga dapat digunakan sebagai alternatif bahan bakar. 540gram plastik dan 60gram katalis diperlukan untuk 1 kali proses pirolisis dan menggunakan suhu 450 °C dan 500 °C. Pirolisis adalah sistem pemanasan yang menggunakan sedikit atau tidak dibantu oleh oksigen dan akan menghasilkan produk minyak. Didapatkan minyak dengan kuantitas yang optimum pada variasi suhu 500 °C senilai 69,23%. Hasil uji minyak berdasarkan parameter *flash point* 149,67 °C – 155,33 °C, nilai densitas 0,76 gr/cm<sup>3</sup> – 0,77 gr/cm<sup>3</sup>, dan nilai kalor 9341,88 kal/gr – 9440,19 kal/gr. Hasil kualitas dari produk minyak tersebut menunjukkan bahwa minyak hasil pirolisis LDPE dapat dikategorikan sebagai minyak tanah dan biodiesel berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia).

Kata kunci: alternatif bahan bakar, kualitas produk pirolisis, kuantitas produk pirolisis, LDPE.

## ABSTRACT

NEYSAPUTRI RAHMADANTY. *Pyrolysis of Low Density Polyethylene (LDPE) Plastic waste using Merapi's Sand as Catalyst as an Alternative Fuel. Supervised by Yebi Yuriandala, S.T., M.Eng and Dr. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng.*

*LDPE plastic is a thermoplastic which is made using petroleum so that it can be returned to its original shape. Merapi sand catalyst was used in this study because it contains high silica in order to increase the quantity and quality of oil. The purpose of this study was to determine the quantity and quality of the pyrolysis oil yield so that it can be used as an alternative fuel. 560 grams of plastic and 60 grams of catalyst are required for 1 time pyrolysis process and using temperatures of 450 °C and 500 °C. Pyrolysis is a heating system that uses little or no oxygen and produces oil products. Obtained oil with the optimum quantity at a temperature variation of 500 °C worth 69.23%. The results of the oil test were based on the flash point parameters 149.67 °C – 155.33 °C, the density value was 0.76 gr/cm<sup>3</sup> – 0.77 gr/cm<sup>3</sup>, and the calorific value was 9341.88 cal/gr – 9440.19 cal/gr. The results of these oil products indicate that LDPE pyrolysis oil can be categorized as kerosene and biodiesel based on SNI (Indonesian National Standard).*

*Keywords: fuel alternative, quality of pyrolysis yields, quantity of pyrolysis yields, LDPE*



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

الجامعة الإسلامية  
الاستدراكية  
الاندونيسية

## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Manfaat.....	3
1.5. Ruang Lingkup TA.....	3
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Plastik.....	4
2.2. Permasalahan Plastik di Indonesia.....	5
2.3. Pirolisis.....	5
2.4. Katalis.....	7
2.5. Minyak Hasil Pirolisis.....	8
BAB III.....	11
METODE PENELITIAN.....	11
3.1. Metodologi Penelitian.....	11
3.2. Prosedur Penelitian.....	12
3.2.1. Persiapan Sampel Sampah Plastik.....	13
3.2.2. Pembuatan Katalis.....	14
3.2.3. Uji Nilai <i>Flash Point</i> .....	14
3.2.4. Uji Densitas.....	14
3.2.5. Uji Nilai Kalor.....	15

BAB IV .....	14
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	14
4.1. Waktu Proses Pirolisis .....	14
4.2. Perbandingan Berat dan Volume Puncak .....	15
4.3. Perbandingan Akumulasi Berat dan Volume .....	17
4.4. Keseimbangan Massa pada Proses Pirolisis .....	20
4.5. Kualitas Minyak Pirolisis .....	22
4.5.1. Perbandingan Nilai <i>Flash point</i> .....	23
4.5.2. Perbandingan Nilai Densitas .....	24
4.5.3. Perbandingan Nilai Kalor .....	25
BAB V.....	28
KESIMPULAN DAN SARAN.....	28
5.1. Simpulan.....	28
5.2. Saran.....	28





*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

الجامعة الإسلامية  
الاستدراكية

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Jenis-Jenis Plastik .....	4
Tabel 2. Kandungan Unsur Mayor Abu Gunung Merapi .....	7
Tabel 3. Perbandingan Nilai Kalor Plastik dan Bahan Bakar Lainnya.....	8
Tabel 4. Perbandingan Nilai <i>Flash Point</i> .....	23
Tabel 5. Perbandingan Nilai Densitas.....	24
Tabel 6. Perbandingan Nilai Kalor .....	26





*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

الجامعة الإسلامية  
الاستدراكية  
الاندونيسية

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Skema Kerangka Berpikir Penelitian .....	3
Gambar 2. Perbandingan Cairan, Padatan, dan Gas Pirolisis Katalis (MMPW) ....	9
Gambar 3. Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	11
Gambar 4. Alat Pirolisis.....	13
Gambar 5. (a) Area Batu Gajah, (b) Proses Pengayakan Pasir Merapi, (c) Pasir Merapi dalam Desikator, (d) Penyaringan Katalis Pasir Merapi, (e) Katalis Pasir Merapi Sumber: Dokumentasi Pribadi.....	14
Gambar 6. Perbandingan Durasi Pirolisis .....	14
Gambar 7. Berat Minyak Per-Menit .....	16
Gambar 8. Volume Minyak Per-Menit .....	16
Gambar 9. Perbandingan Akumulasi Berat.....	18
Gambar 10. Perbandingan Akumulasi Volume .....	19
Gambar 11. Keseimbangan Massa Pirolisis.....	21



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Plastik adalah salah satu bahan yang paling banyak digunakan karena sifatnya yang ringan, kuat, mudah dibentuk, tahan bahan kimia, dan mempunyai biaya proses yang murah. Plastik mempunyai berbagai jenis berdasarkan pengelompokannya menjadi 7 jenis, yaitu PET/ PETE, HDPE, PVC, LDPE, PP, PS, dan OTHER. Pengelompokan ini bertujuan untuk memudahkan dalam proses daur ulang. Salah satu plastik yang banyak digunakan adalah jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE) dengan kode 4.

Beberapa penggunaan plastik jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE) adalah kantong sampah. Plastik jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE) merupakan *thermoplastic* dimana pembuatannya dengan menggunakan minyak bumi sehingga dapat dikembalikan ke bentuk semulanya. Plastik jenis ini dapat melunak pada suhu 70°C. Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) banyak ditemukan di TPA karena dinilai tidak ekonomis ketika di daur ulang. Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) ditemukan di TPA Sukoharjo dengan persentase sebesar 17,29% dimana persentasenya tertinggi kedua setelah sampah organik karena dinilai tidak ekonomis (Astuti, 2020).

Disamping banyaknya keuntungan penggunaan plastik, plastik bersifat tidak terurai sehingga akan menghasilkan limbah yang berpotensi mencemari lingkungan. Bahkan, berdasarkan Sistem Informasi Pengolahan Sampah Nasional (SIPSN), pada tahun 2021, timbulan sampah di Indonesia mencapai 22,7 juta ton/ tahun, dimana sampah plastik mempunyai persentase sebesar 15,5% atau setara dengan 3,4 juta ton.

Apabila permasalahan sampah plastik ini tidak cepat terselesaikan, timbulan sampah plastik akan terus meningkat. Hal ini dikarenakan plastik membutuhkan waktu selama 1000 tahun untuk terurai oleh tanah dengan sempurna. Ketika terurai pun partikel sampah plastik ini akan mencemari tanah dan air.

Konsep 3R dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut. 3R merupakan singkatan dari *Reduce*, *Reuse*, dan *Recycle*. *Reduce* adalah upaya untuk

mengurangi sampah dengan tidak menggunakan bahan yang tidak dapat digunakan Kembali. *Reuse* adalah penggunaan kembali sampah dengan fungsi yang sama maupun berbeda. *Recycle* adalah mendaur ulang sampah sehingga dapat dihasilkan suatu produk yang baru. Salah satu contoh penerapan *recycle* adalah dengan mengubah sampah plastik menjadi alternatif bahan bakar dengan menggunakan metode pirolisis.

Pirolisis merupakan sistem pemanasan yang menggunakan sedikit atau tidak dibantu oleh oksigen. Saat proses pirolisis berlangsung, energi panas akan mendorong terjadinya oksidasi sehingga molekul karbon akan terurai. Agus (2011) telah melakukan pengujian terhadap mesin pirolisis yang hasilnya adalah minyak yang dihasilkan pada proses pirolisis merupakan sumber bahan kimia yang berharga. Selain itu, terdapat penelitian oleh Suryo (2011) dengan memanfaatkan minyak hasil pirolisis untuk memasak air dengan menggunakan kompor.

Dikarenakan sampah plastik yang terus bertambah jumlahnya dan tidak bisa terurai, salah satu cara untuk menyelesaikan permasalahan tersebut adalah dengan pirolisis. Terlebih dengan pemilihan plastik jenis LDPE yang banyak ditemukan di TPA karena kurang terolah dinilai cocok untuk diolah dengan menggunakan metode pirolisis ini. Plastik LDPE merupakan thermoplastic sehingga dapat dikembalikan ke bentuk aslinya, yaitu minyak bumi. Dari proses pirolisis ini akan dihasilkan minyak dan diharapkan dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang dapat dipergunakan.

## **1.2. Perumusan Masalah**

1. Bagaimana pengaruh suhu pembakaran sampah plastik jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE) terhadap kuantitas minyak yang dihasilkan?
2. Bagaimana kualitas minyak hasil pirolisis sampah plastik jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE)?

## **1.3. Tujuan**

1. Mengetahui pengaruh suhu pembakaran sampah plastik jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE) terhadap kuantitas minyak yang dihasilkan
2. Mengetahui kualitas minyak hasil pirolisis sampah plastik jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE)

#### 1.4. Manfaat

1. Mengurangi timbunan sampah
2. Mengurangi pencemaran lingkungan akibat sampah plastik
3. Menjadikan minyak hasil pirolisis menjadi bahan bakar alternatif

#### 1.5. Ruang Lingkup TA

1. Penelitian menggunakan sampah plastik jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE)
2. Sampah plastik dibersihkan dan dipotong menjadi ukuran  $\pm 3$  cm x 3 cm
3. Melakukan analisis pada proses pirolisis dengan parameter yang ditentukan berupa nilai densitas, kalor, dan titik nyala

Skema kerangka berpikir penelitian dapat dilihat pada gambar 1 berikut:



Gambar 1. Skema Kerangka Berpikir Penelitian

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Plastik

Plastik digunakan oleh banyak orang di Indonesia karena bahannya murah, tidak mudah lapuk, ringan, dan anti karat. Plastik dikelompokkan menjadi 7 jenis agar memudahkan pada saat mendaur ulangnya. Berikut adalah jenis- jenis plastik berdasarkan karakteristiknya:

*Tabel 1. Jenis-Jenis Plastik*

Kode	Tipe Plastik	Beberapa Penggunaan Plastik
	PET atau PETE	Botol minuman ringan dan air mineral, bahan pengisi kantong tidur dan serat tekstil
	HDPE	Kantong belanja, kantong freezer, botol susu dan krim, botol sampo dan pembersih
	PVC atau V	Botol juice, kotak pupuk, pipa saluran
	LDPE	Kotak ice cream, kantong sampah, lembar plastik hitam.
	PP	Kotak ice cream, kantong kentang goreng, sedotan, kotak makanan.
	PS	Kotak yoghurt, plastik meja, cangkir minuman panas, wadah makanan siap saji, baki kemasan.
	OTHER	Botol minum olahraga, acrylic dan nylon.

Sumber: Pareira, 2009

Plastik bersifat tidak dapat terurai sehingga menjadi penyumbang limbah terbesar dan mengakibatkan pencemaran lingkungan (Asia & Arifin, 2017). Kadangkala, sampah plastik tidak sampai ke tempat pembuangan sampah dan tidak

didaur ulang. Sehingga, sampah kantong plastik ini terdapat di saluran air dan nantinya akan membawa sampah ini menuju sungai dan berakhir di laut.

Pada tahun 2008, sampah plastik di Indonesia mencapai 280.500 ton/ hari dengan rata rata individu yang menghasilkan sampah plastik adalah 0,12 kg sampah plastik/hari atau lebih dari 100 milyar kantong plastik yang digunakan pada tiap tahunnya di Indonesia. Berdasarkan data dari KLHK, Indonesia menghasilkan kantong plastik sebanyak 10,95 juta lembar/ tahun/100 gerai (Jambeck, 2015).

Pola pengelolaan sampah di Indonesia adalah diangkut dan ditimbun di TPA sebanyak 69%, dikubur sebanyak 10%, dikompos dan didaur ulang sebanyak 7%, dibakar sebanyak 5%, dan sampah yang tidak terolah sebanyak 7%.

## **2.2. Permasalahan Plastik di Indonesia**

Sampah plastik membutuhkan 1000 tahun untuk terurai dengan sempurna. Namun, ketika terurai pun partikel dari sampah plastik ini akan mencemari tanah dan juga air tanah. Sedangkan jika dibakar, kadar gas rumah kaca di atmosfer akan bertambah serta menghasilkan asap beracun berupa dioksin (Zulkarnain, 2011). Sampah plastik berbahaya dan akan memunculkan banyak dampak negatif bagi lingkungan juga manusia. Berikut adalah dampak yang ditimbulkan:

- a. Lapisan ozon menipis
- b. Pencemaran air tanah
- c. Pencemaran tanah
- d. Mengkontaminasi makanan dan dapat merusak sistem peranakan dan menghasilkan janin yang cacat
- e. Kontaminasi zat warna plastik dalam makanan.

(Karuniastuti, 2013).

## **2.3. Pirolisis**

Pirolisis adalah suatu sistem pemanasan yang penggunaannya tidak dibantu oleh oksigen. Pada saat proses pirolisis berlangsung, energi panas akan mendorong terjadinya oksidasi sehingga molekul karbon akan terurai. Dengan menggunakan teknologi ini, dapat dihasilkan produk lain berupa:

- a. Gas yang nilai kalorinya bervariasi, mulai dari rendah hingga sedang dan dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif

- b. Residu hasil pembakaran nilai kalorinya tinggi sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif
- c. Wax dapat digunakan untuk bahan bakar alternatif dan menghasilkan air yang mengandung bahan-bahan organik (Bridgwater, 1980).

Hasil pirolisis dipengaruhi oleh beberapa faktor. Berikut adalah faktor yang mempengaruhi hasil pirolisis:

- a. Waktu

Penentuan waktu optimal diperlukan agar mendapatkan hasil pirolisis yang optimal. Ketika pembakaran melewati waktu optimal, karbon akan teroksidasi menjadi karbondioksida dan abu.

- b. Suhu

Semakin tinggi suhunya, maka semakin laju proses pirolisisnya. Terdapat penelitian pirolisis sampah plastik dimana suhunya bervariasi mulai dari 400 hingga 500°C dimana suhu optimumnya adalah 450°C (Almohamadi, 2021).

- c. Ukuran Partikel

Semakin besar ukuran partikel, maka akan semakin lama proses pembakarannya.

- d. Berat Partikel

Hasil pirolisis akan semakin banyak jika material yang dimasukkan banyak (Riandis, 2021).

Pengaruh suhu pada hasil pirolisis didukung oleh hasil penelitian yang dilakukan oleh Riandis pada tahun 2021. Dilakukan penelitian menggunakan plastik jenis LDPE dengan menggunakan variasi suhu 350 °C, 400 °C, dan 450 °C. Hasil volume minyaknya adalah 23,5 mL pada suhu 350 °C, 33mL pada suhu 400 °C, dan 38mL pada suhu °C. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perolehan volume minyak akan optimum pada suhu 450 °C.

Selain 4 faktor diatas, katalis juga menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi hasil pirolisis. Kaimal menyatakan bahwa dengan adanya penambahan katalis, dapat menurunkan suhu proses, meningkatkan hasil minyak, dan membentuk senyawa hidrokarbon. Pada penelitan lainnya, didapatkan bahwa dengan adanya penambahan 20% katalis dengan pembakaran pada suhu 450 °C.

akan menghasilkan hasil minyak yang sejenis dengan diesel (Rubianto, 2020). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Prianto pada tahun 2018, abu vulkanik gunung Merapi dapat menjadi katalis dalam proses pirolisis. Abu vulkanik ini nantinya ditambahkan dengan larutan basa  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  sebagai aktivator.

#### 2.4. Katalis

Katalis merupakan zat yang mempunyai potensi tinggi untuk mengkonversi sampah plastik menjadi minyak dengan hasil kualitas produk yang lebih baik dan pada suhu yang lebih rendah. Terdapat 3 jenis katalis yang biasanya digunakan dalam proses pirolisis, yaitu FCC, *zeolite*, dan katalis *silica-alumina*. FCC atau yang dikenal sebagai *silica-alumina* dengan pengikat yang terdiri dari matriks *zeolite* dan kristal *zeolite*. Katalis *zeolites* adalah saringan *alumino-silikat* kristal yang mempunyai kerangka tiga dimensi dengan rongga. Katalis *silica-alumina* dapat meningkatkan produksi minyak pirolisis dengan tingkat keasaman yang rendah dan menggunakan suhu yang tinggi. (Miandad, 2020)

Ketiga jenis katalis tersebut mengandung silika. Silika dapat juga ditemukan pada pasir, batuan kuarsa, dan gelas. Terdapat penelitian mengenai kandungan utama pada abu Merapi dimana terdapat kandungan silika yang tinggi (Wahyuni, 2012). Berikut adalah kandungan unsur mayor dalam abu Gunung Merapi:

Tabel 2. Kandungan Unsur Mayor Abu Gunung Merapi

Oksida Logam	Nilai rata-rata (%)
	Sample Merapi
$\text{SiO}_2$	52,52
$\text{Al}_2\text{O}_3$	18,69
$\text{CaO}$	8,69
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	9,17
$\text{K}_2\text{O}$	2,10
$\text{MgO}$	2,89
$\text{MnO}$	0,22
$\text{Na}_2\text{O}$	3,71
$\text{P}_2\text{O}_3$	0,29
$\text{TiO}_2$	1,45

Sumber: Wahyuni, 2012

Sampel abu vulkanik gunung Merapi didapatkan disekitar gunung Merapi dan diasumsikan abu tersebut jatuh disekitar gunung Merapi dan telah tercampur dengan pasir dan tanah. Wilayah yang subur setelah terdampak erupsi gunung berapi akan subur karena terdapat kandungan silika yang tinggi pada pasir dan tanah disekitar gunung Merapi tersebut (Prianto, 2018).

## 2.5. Minyak Hasil Pirolisis

Plastik jenis HDPE, LDPE, PP, dan PS merupakan hidrokarbon yang terdiri dari karbon dan hidrogen dan mempunyai kesamaan dengan hidrokarbon bahan bakar seperti *liquefied petroleum gas* (LPG), *petrol*, dan *diesel*. Plastik mempunyai nilai kalor yang serupa dengan LPG, *petrol*, dan *diesel*. Perbandingan nilai kalor antara plastik dan bahan bakar lainnya dapat dilihat pada tabel 2 berikut:

Tabel 3. Perbandingan Nilai Kalor Plastik dan Bahan Bakar Lainnya

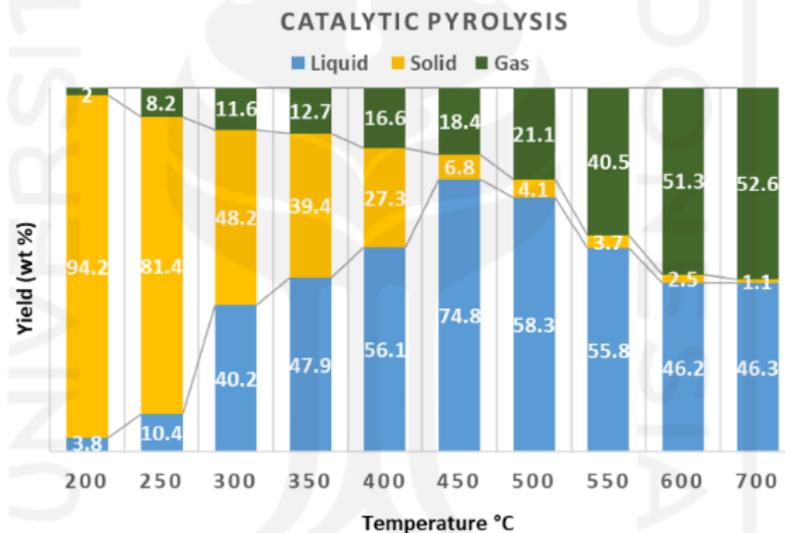
Material	Nilai Kalor (MJ/kg)
<i>Polyethylene</i>	45,3
<i>Polypropylene</i>	46,4
<i>Polystyrene</i>	41,4
<i>Polyvinyl Chloride</i>	18,0
<i>Coal</i>	24,3
<i>Liquefied Petroleum Gas</i>	46,1
<i>Petrol</i>	44,0
<i>Kerosene</i>	43,4
<i>Diesel</i>	43,0
<i>Light Fuel Oil</i>	41,9
<i>Heavy Fuel Oil</i>	41,1

Sumber: Gao, 2010

Nilai kalor menyatakan jumlah panas yang dihasilkan dari suatu proses pembakaran. Selain nilai kalor, terdapat parameter penting lainnya untuk mengetahui apakah minyak hasil pirolisis tersebut dapat dijadikan alternatif bahan bakar minyak (BBM), yaitu densitas dan *flash point*. Densitas atau massa jenis adalah perbandingan antara berat dan volume. Apabila nilai densitas melebihi standar yang ada akan meningkatkan keausan mesin dan dapat merusak mesin (Jahiding, 2020). Titik nyala merupakan suhu saat bahan bakar menghasilkan

nyala api dalam sesaat untuk yang pertama kali dan dapat menentukan apakah bahan bakar tersebut mudah untuk terbakar atau tidak (Maulana, 2022).

Ghodke (2021) melakukan penelitian mengenai hasil bahan bakar dari proses pirolisis dengan menggunakan katalis. Penelitian berupa *Municipal Mixed Plastic Waste* (MMPW). Pada MMPW menggunakan jenis plastik yang berbeda dengan persentase yang berbeda-beda. Komposisi dengan nilai persentase adalah plastik jenis LDPE dengan persentase 25-30%. Katalis yang digunakan pada penelitian ini diambil dari abu yang bersumber dari pegunungan yang terletak di Uttarakhand, India. Penelitian dilakukan dengan menggunakan variasi suhu 200°C – 700°C. Perbandingan hasil pirolisis berupa cairan, padatan, dan gas yang didapatkan dari penelitian oleh Ghodke (2021) dapat dilihat pada gambar 2 berikut:



Gambar 2. Perbandingan Cairan, Padatan, dan Gas Pirolisis Katalis (MMPW)

Dari gambar grafik diatas, dapat dilihat bahwa hasil produksi minyak akan optimum pada suhu 450°C. Diatas suhu 450 °C terlihat adanya penurunan produksi minyak yang signifikan. Hal ini dikarenakan adanya kemungkinan terjadinya reaksi *secondary cracking* pada suhu yang tinggi sehingga molekul besar akan pecah menjadi gas yang tidak dapat terkondensasi. Akibat *secondary cracking* tersebut akan menyebabkan penurunan produksi minyak dan meningkatkan produksi gas (Ghodke, 2021).

Hal ini juga didukung oleh penelitian Santoso (2010) bahwa pirolisis pada suhu 450°C akan menghasilkan *liquid yield* terbanyak. Yuriandala (2016) juga

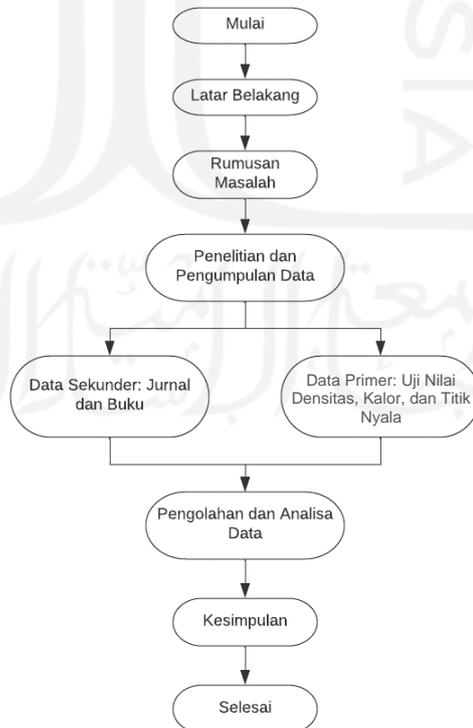
melakukan pirolisis dengan variasi suhu 50 °C - 450 °C dengan menetapkan suhu 450 °C sebagai suhu optimum. Hasil perolehan massa cairannya terbanyak dibandingkan dengan variasi suhu yang lainnya. Pada suhu 450 °C sampah PS menghasilkan massa cair sebanyak 45 gram sedangkan sampah PS30 adalah 55 gram.



## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1. Metodologi Penelitian

Penelitian diawali dengan merumuskan masalah pada latar belakang sehingga hasil penelitian akan tercapai seperti yang diharapkan. Setelah itu melakukan studi pustaka untuk mengetahui informasi serta teori untuk memecahkan masalah. Setelah itu, penelitian dilakukan dan mengumpulkan data dengan variable serta prosedur yang sesuai dengan studi Pustaka. Pada tahapan penelitian, terdapat 2 tahapan, yaitu tahap persiapan awal dan tahap pirolisis. Pada persiapan awal, sampah plastik dan katalis disiapkan untuk digunakan pada tahapan pirolisis. Pada tahap pirolisis, akan dihasilkan 3 produk berupa padatan, gas, dan cairan. Analisa yang dilakukan berupa pencatatan durasi pirolisis, kuantitas berat cairan, dan keseimbangan massa pirolisis. Selanjutnya, hasil produk cairan diuji dengan menggunakan parameter densitas, nilai kalor, dan titik nyala. Berikut adalah diagram alir metodologi penelitian yang digunakan ditunjukkan pada gambar:



*Gambar 3. Diagram Alir Metodologi Penelitian*

### 3.2. Prosedur Penelitian

Proses pirolisis dilakukan dengan menggunakan variasi suhu 450 °C dan 500 °C. Pada tiap variasi suhu, percobaan dilakukan sebanyak 3 kali. 450 °C dipilih dengan pertimbangan bahwa pada penelitian Sianidis (2016), dimana pada suhu tersebut merupakan suhu optimum sehingga menghasilkan minyak yang paling banyak. Sedangkan variasi suhu 500 °C digunakan berdasarkan penelitian Ghodke (2021) karena menghasilkan produk minyak yang banyak setelah variasi suhu 450 °C.

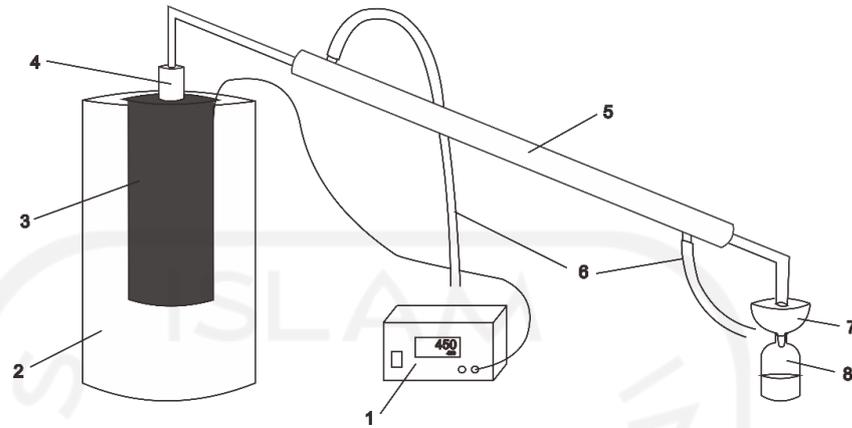
Pada penelitian ini dilakukan percobaan sebanyak 3 kali dengan 2 variasi suhu. Pada variasi suhu 450 °C, percobaan 1, 2, dan 3 berturut – turut diberi kode sampel suhu 450 °C (I), suhu 450 °C (II), dan suhu 450 °C (III). Pada variasi suhu 500 °C, percobaan 1, 2, dan 3 berturut – turut diberi kode sampel suhu 500 °C (I), suhu 500 °C (II), dan suhu 500 °C (III).

Pada penelitian ini mengamati durasi pirolisis, perbandingan berat dan volume produk minyak, serta kualitas produk minyak. Pada pengamatan perbandingan berat dan volume produk minyak, produksi minyak diteliti setiap periode dimana lamanya 1 periode adalah 1 menit. Pengamatan ini hanya dilakukan pada percobaan ke III dengan pertimbangan waktu dikarenakan proses pirolisis dilakukan hingga tidak ada lagi minyak yang terkondensasi. Selain itu, semua perlakuan sampel plastik dan katalis pasir merapi pada tiap percobaan sama.

Sampah plastik seberat 540g diperlukan dalam 1 kali proses pirolisis. Plastik dipotong dengan ukuran  $\pm 3$  cm x 3 cm agar dapat mempercepat proses pirolisis. Katalis diperlukan dengan perbandingan 9:1, sehingga dalam 1 kali proses pirolisis diperlukan katalis seberat 60 gram. Lamanya proses pirolisis adalah sampai proses pirolisis itu sendiri selesai. Proses pirolisis dinyatakan selesai ketika tidak ada lagi minyak yang terkondensasi.

Dalam melakukan pirolisis, bagian kolom pirolisis, kolom katalis, dan kondensor dibongkar terlebih dahulu untuk memasukkan sampah plastik dan katalis. Setelah itu kolom pirolisis dan katalis ditutup kembali dan diletakkan di dalam *furnace*. Setelah itu, disambungkan dengan kondensor. Kondensor harus dipastikan sudah teraliri oleh air sebelum *furnace* dinyalakan dan diatur suhunya

sesuai yang diinginkan. Alat pirolisis yang digunakan dapat dilihat pada gambar 4 berikut:



Gambar 4. Alat Pirolisis

Keterangan gambar 4:

1. *Digital Temperature Controller*
2. *Furnace*
3. Kolom pirolisis
4. Kolom katalis
5. Kondensor
6. Selang
7. Corong
8. Botol penampung cairan

Setelah itu akan dihasilkan minyak, gas, dan padatan dari hasil pirolisis. Minyak hasil pirolisis kemudian diuji di laboratorium dengan parameter nilai densitas, nilai kalor, dan titik nyala yang kemudian akan dibandingkan dengan parameter tersebut pada bahan bakar minyak (BBM).

### 3.2.1. Persiapan Sampel Sampah Plastik

Bahan baku berupa sampah plastik jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE) dipersiapkan. Sampah plastik ini didapatkan dari aktivitas rumah tangga dan TPS 3R. Kemudian, sampah plastik ini dicuci sampai bersih dan kemudian dijemur. Setelah itu, sampah plastik dipotong dengan ukuran  $\pm 3$  cm x 3 cm.

### 3.2.2. Pembuatan Katalis

Dalam pembuatan katalis pasir Merapi digunakan basa  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dikarenakan dinilai mempunyai pengaruh yang lebih besar dalam proses katalis daripada KOH dan NaOH (Jonathan, 2003). Berikut adalah proses pembuatan katalis dari  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  :

1. Sampel abu dimasukkan ke dalam desikator
2.  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ditimbang sebanyak 7,4 gram dengan neraca
3.  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dilarutkan dengan aquades sebanyak 100 ml
4. Pasir Merapi dilarutkan dengan larutan basa dalam gelas beaker dan didiamkan selama 1 hari
5. Larutan disaring dengan menggunakan kertas saring
6. Pasir dikeringkan dengan oven (Prianto, 2018).



Gambar 5. (a) Area Batu Gajah, (b) Proses Pengayakan Pasir Merapi, (c) Pasir Merapi dalam Desikator, (d) Penyaringan Katalis Pasir Merapi, (e) Katalis Pasir Merapi

Sumber: Dokumentasi Pribadi

### 3.2.3. Uji Nilai *Flash Point*

Uji nilai *Flash Point* menggunakan cara uji pada SNI 8238: 2016 mengenai metode uji standar untuk titik nyala dan titik bakar dengan cawan terbuka Cleveland. Langkah kerja dapat dilihat pada lampiran 1.

### 3.2.4. Uji Densitas

Uji nilai densitas menggunakan cara uji pada SNI 8247: 2016

mengenai Metode uji standar untuk densitas, densitas relatif (*specific gravity*) atau *API gravity* minyak mentah dan produk minyak cair dengan metode hidrometer. Langkah kerja dapat dilihat pada lampiran 2.

### 3.2.5. Uji Nilai Kalor

Uji nilai kalor akan diuji dengan menggunakan bom calorimeter (Santosa, 2014). Langkah kerja dapat dilihat pada lampiran 3.

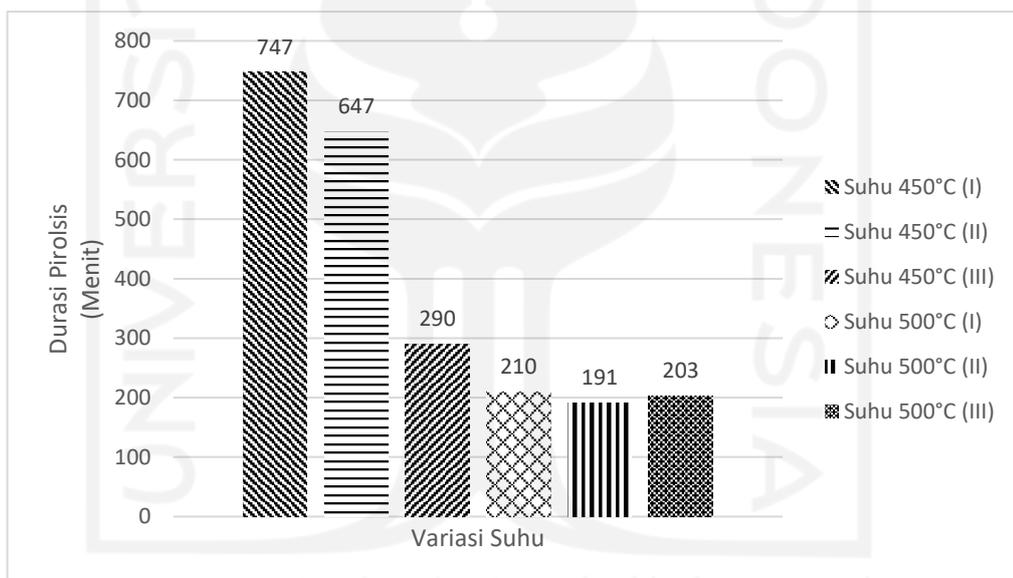


## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Waktu Proses Pirolisis

Waktu yang dibutuhkan proses pirolisis dalam penelitian ini beragam. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan waktu proses pirolisis dengan menggunakan variasi suhu yang berbeda. Sampel plastik dan katalis diberikan perlakuan yang sama. Proses pirolisis dinyatakan selesai ketika tidak ada lagi minyak yang dihasilkan. Perbandingan durasi pirolisis pada proses pirolisis dapat dilihat pada gambar 6:



Gambar 6. Perbandingan Durasi Pirolisis

Gambar 6. Menunjukkan perbandingan durasi proses pirolisis pada 2 variasi suhu yang berbeda. Lamanya durasi pada variasi suhu 450 °C diduga karena kekurangan energi untuk memutus ikatan limbah plastik sehingga memerlukan waktu yang lama untuk plastik terkondensasi.

Sama seperti penelitian oleh Pribadyo (2015) dimana sampel jenis LDPE diuji dan terjadi perbedaan pada lamanya pembakaran. Pada penelitian tersebut dilakukan 2 kali pengujian. Pada hasil uji pertama didapatkan lama waktu

pembakaran selama 57 menit dan terdapat minyak yang diproduksi. Sedangkan pada hasil uji kedua, pembakaran berlangsung selama 93 menit dan tidak terdapat minyak yang diproduksi. Hal ini terjadi karena adanya selisih suhu pada ruang bakar, reaktor, dan kondensor karena jenis sampel plastik yang digunakan berbeda.

Pada suhu 500 °C durasi pirolisis cenderung lebih singkat. Hal ini disebabkan semakin tinggi suhu yang digunakan, maka durasi pirolisis juga akan semakin singkat. Sesuai dengan Soni (2021), penggunaan suhu yang tinggi akan meningkatkan produksi *liquid* dengan waktu yang lebih singkat.

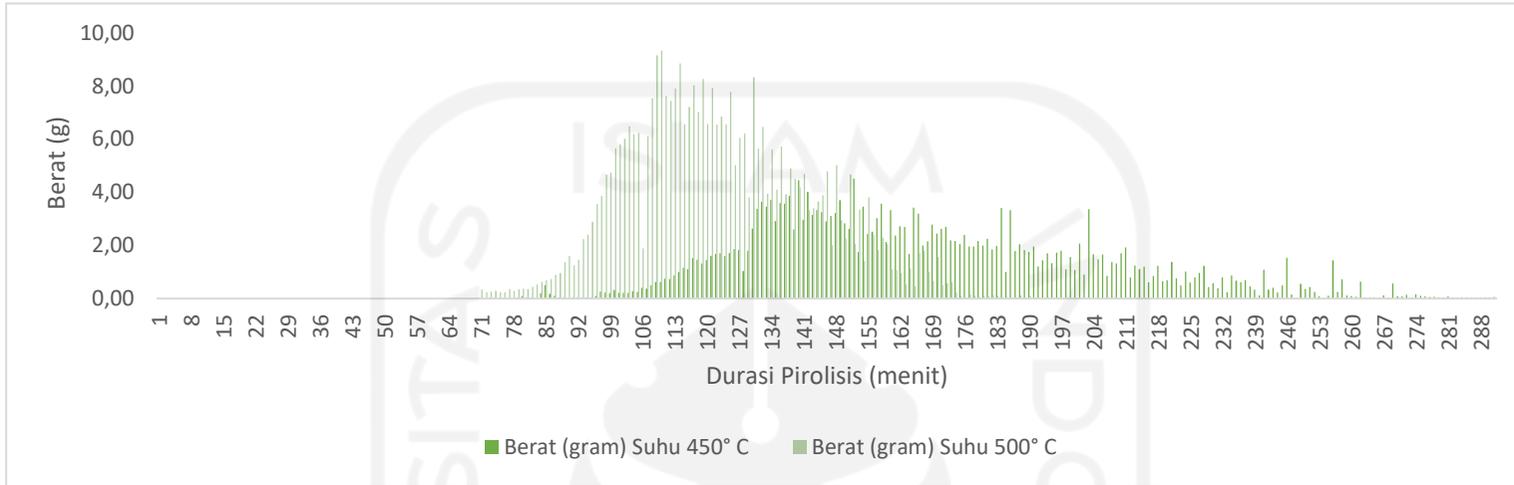
#### **4.2. Perbandingan Berat dan Volume Puncak**

Dalam penelitian ini juga dilakukan pengamatan produksi minyak yang dihitung pada tiap periode dimana lamanya 1 periode adalah 1 menit. Berat minyak pirolisis ditimbang dengan menggunakan timbangan digital dengan tingkat ketelitian 0,01 g. Sedangkan volume minyak pirolisis diukur dengan menggunakan gelas ukur. Pengamatan tersebut dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui titik puncak pada proses pirolisis. Titik puncak adalah ketika proses pirolisis menghasilkan cairan terbanyak (Prianto, 2018).

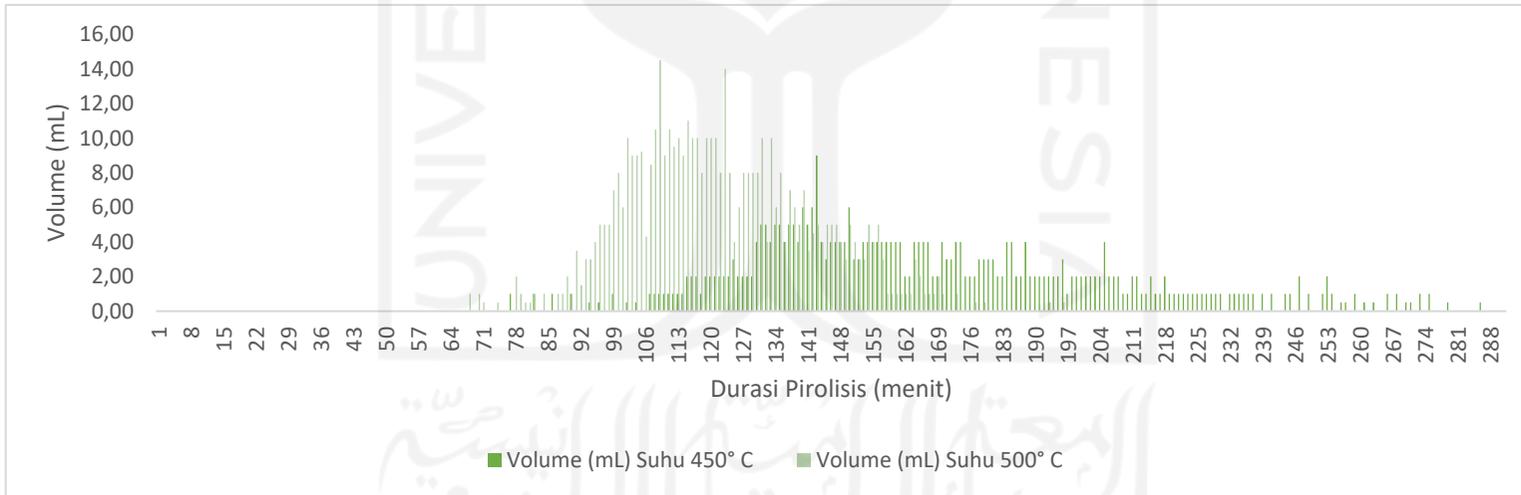
Dapat dilihat pada gambar 7 bahwa pirolisis sampah plastik LDPE dengan menggunakan suhu 450 °C dan 500 °C mempunyai titik puncak yang berbeda. Berat yang didapatkan pada titik puncak pirolisis 450 °C adalah 4,51 gram. Sedangkan pada titik puncak pirolisis 500 °C adalah 9,34 gram. Sementara itu, volume yang didapatkan pada titik puncak 450 °C adalah 9 mL. Pada titik puncak 500 °C adalah 14,50 mL. Hal ini dapat menunjukkan bahwa dengan penggunaan suhu yang lebih tinggi maka produksi minyak juga akan meningkat.

Selain itu, titik puncak berat pirolisis pada kedua variasi suhu terjadi di periode yang berbeda. Pada suhu 450 °C titik puncak terjadi pada periode ke 151. Sedangkan pada penggunaan suhu 500 °C, titik puncak terjadi pada periode ke 109.

Titik puncak untuk volume pirolisis pada variasi suhu 450 °C titik puncaknya terjadi pada periode ke 142 dan variasi 500 °C titik puncaknya terjadi pada periode ke 108. Hal tersebut menunjukkan bahwa dengan penggunaan variasi suhu yang lebih tinggi akan mempercepat proses pirolisis. Berikut adalah gambar 7 dan 8 berupa perbandingan titik puncak berat dan volume yang didapat:



Gambar 7. Berat Minyak Per-Menit



Gambar 8. Volume Minyak Per-Menit

### 4.3. Perbandingan Akumulasi Berat dan Volume

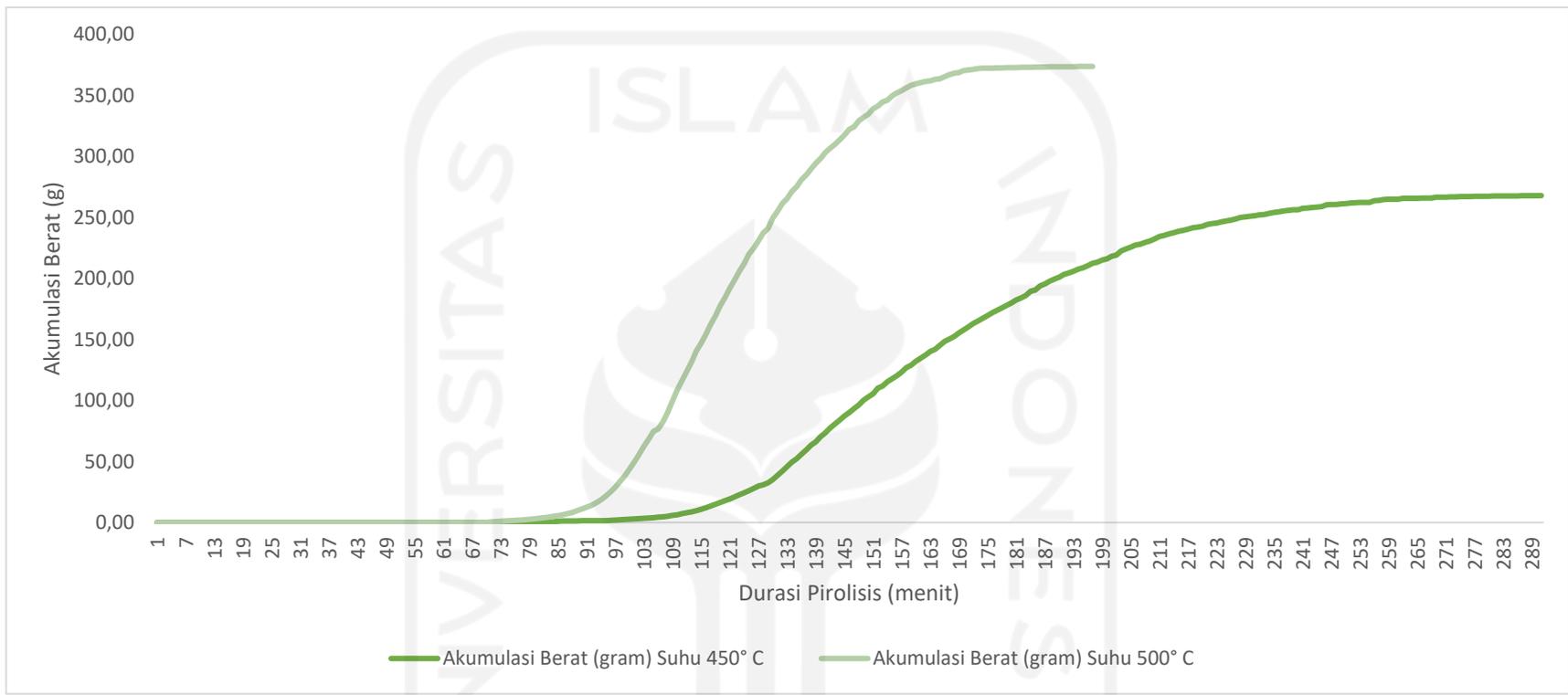
Hasil produk yang dianalisa dalam penelitian ini adalah minyak hasil pirolisis. Penggunaan pasir Merapi sebagai katalis bertujuan untuk meningkatkan kuantitas dan kualitas minyak hasil pirolisis. Namun, yang terjadi pada penelitian ini, penggunaan katalis justru menghambat gas untuk sampai ke kondensor karena volume katalis yang digunakan terlalu rapat. Akibat terhambatnya gas tersebut, pembentukan minyak pirolisis kurang optimal dikarenakan adanya gas yang bocor melalui kolom pirolisis sehingga gas tersebut tidak dapat terkondensasi dengan baik.

Dalam penelitian Arjuansyah (2021) menyatakan bahwa penggunaan katalis yang berlebih akan menurunkan efektifitas dalam proses *cracking*. Faktor lain yang mempengaruhi produksi minyak dengan menggunakan katalis berlebih adalah terbentuknya residu *coke* pada sisi aktif katalis sehingga akan mengurangi sisi aktif katalis tersebut. Namun, hal ini dapat diimbangi dengan meningkatkan suhu operasi ketika menggunakan persentase katalis yang tinggi sehingga kinerja katalis optimal.

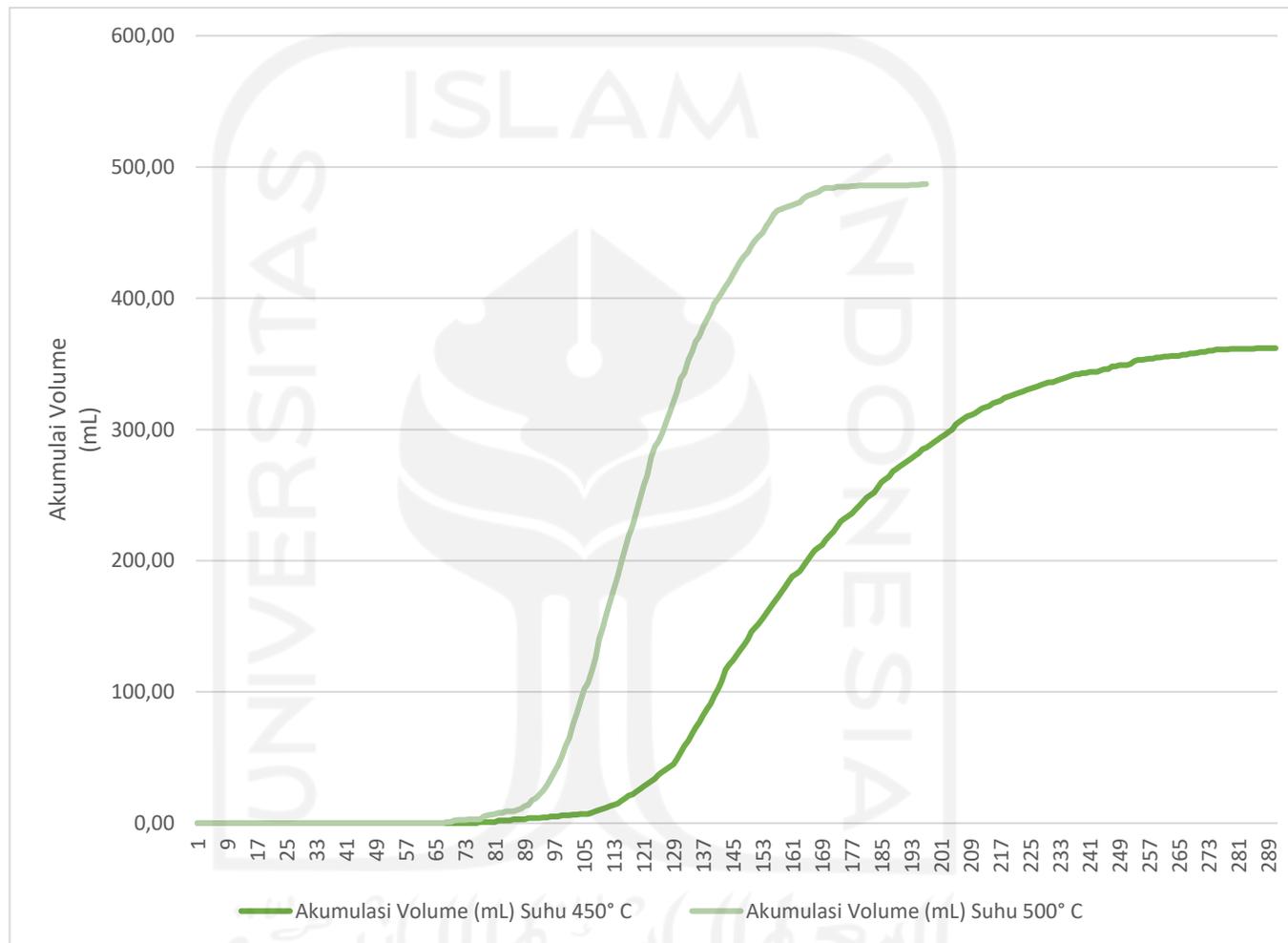
Pada gambar 9 dapat terlihat bahwa pada suhu 450 °C akumulasi beratnya adalah 267,80 gram. Sedangkan akumulasi berat pada suhu 500 °C adalah 373,58 gram. Pada gambar 10 dapat terlihat bahwa pada suhu 450 °C akumulasi volumenya adalah 362,00 mL. Sedangkan akumulasi volume pada suhu 500 °C adalah 487,00mL.

Pada suhu 450 °C, waktu yang diperlukan pirolisis lebih lama jika dibandingkan dengan suhu 500 °C. Dari proses yang lebih lama ini menunjukkan bahwa perpindahan kalor dari gas ke air kecil sehingga gas yang terkondensasi menjadi minyak lebih sedikit (Norsujianto, 2014).

Hal tersebut menunjukkan bahwa pada penggunaan suhu pirolisis yang lebih tinggi akan menghasilkan minyak hasil pirolisis yang optimum dimana pada penelitian ini suhu optimum produksi minyak adalah pada suhu 500 °C.



Gambar 9. Perbandingan Akumulasi Berat



Gambar 10. Perbandingan Akumulasi Volume

Rianis (2020), melakukan penelitian serupa pada jenis plastik LDPE dengan variasi suhu 350 °C – 450 °C. Dihasilkan volume minyak yang bervariasi antara 23,5 mL hingga 38 mL. Peningkatan produksi volume minyak tersebut terjadi seiring peningkatan variasi suhu yang digunakan dalam proses pirolisis.

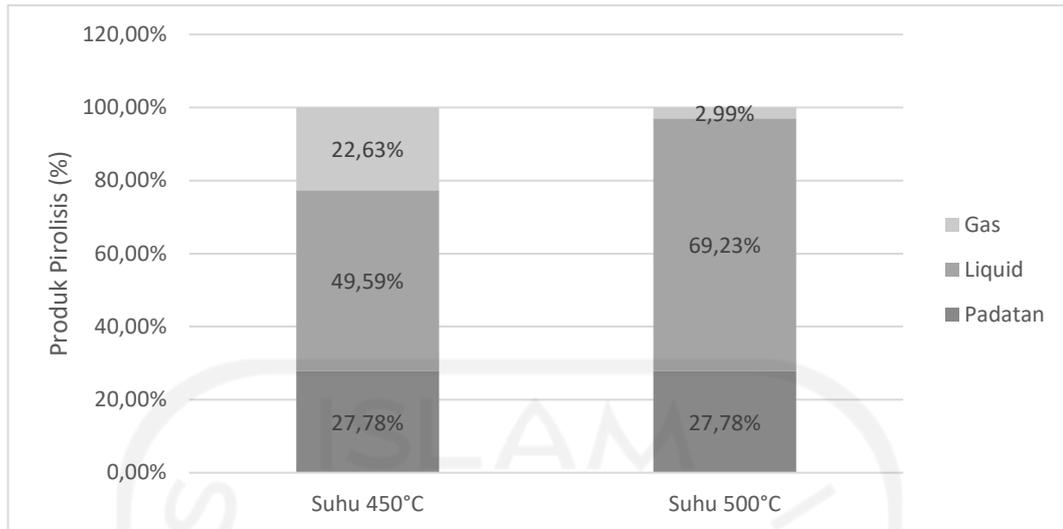
Landi (2017), melakukan pirolisis plastik jenis LDPE dan menggunakan variasi suhu 350 °C, 500 °C, dan 700 °C. Dalam penelitiannya didapatkan nilai volume tertinggi pada suhu 700 °C dengan nilai 365mL. Dalam penelitian tersebut disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu yang digunakan akan menghasilkan volume yang lebih banyak juga karena plastik LDPE mempunyai titik didih yang tinggi.

Mardika (2018) menyatakan seiring dengan bertambahnya suhu yang digunakan dalam penelitian, massa produk minyak juga akan semakin banyak. Pada penelitian tersebut digunakan variasi suhu 200 °C - 400 °C produk minyak yang dihasilkan bervariasi mulai dari 8,31 gram hingga 183,41 gram.

#### **4.4. Keseimbangan Massa pada Proses Pirolisis**

Keseimbangan massa pada reaktor merupakan akumulasi massa zat dalam reaktor sama dengan selisih massa zat yang masuk dan massa zat yang keluar serta massa yang dihasilkan. Kuantitas massa tidak akan berubah meskipun telah terjadi beberapa macam reaksi dalam system tersebut (Arif, 2015)

Keseimbangan massa pada pirolisis didapatkan dengan cara menimbang produk hasil pirolisis. Berdasarkan keseimbangan massa, percobaan dapat diamati secara signifikan (Grycová, 2016). Dalam penelitian ini, hasil produk berupa cairan dan padatan ditimbang dengan menggunakan timbangan digital. Sedangkan produk gas dihitung berdasarkan keseimbangan massa produk gas dalam penelitian ini didapatkan dari akumulasi persentase padatan dan cairan (Ginting, 2015). Berikut adalah keseimbangan massa pada proses pada penelitian ini:



Gambar 11. Keseimbangan Massa Pirolisis

Gambar 11. menunjukkan keseimbangan massa pada pirolisis. Dihilangkan berat padatan yang tersisa dalam reaktor dengan persentase yang sama, yaitu 27,78%. Hal ini dikarenakan kurang memadainya timbangan untuk menimbang reaktor sehingga didapatkan hasil padatan yang kurang akurat. Padatan yang dimaksud pada penelitian ini adalah arang yang telah bercampur dengan minyak yang tertinggal dalam kolom pirolisis. Gutama (2022) menyatakan bahwa padatan merupakan material yang menguap namun tidak bisa terkondensasi sehingga tertinggal dalam reaktor.

Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa hasil produksi minyak optimum pada suhu 500 °C. Hal ini terjadi karena hasil produksi minyak akan optimum ketika suhu yang digunakan lebih tinggi. Hasil penelitian sesuai dengan Maniscalco (2021) yang menyatakan bahwa hasil *liquid* meningkat seiring meningkatnya suhu yang digunakan, yaitu dari 42% pada suhu 420 °C menjadi 62% pada suhu 500°C.

Dalam penelitian Nugroho (2020), dilakukan percobaan pirolisis jenis LDPE dengan menggunakan variasi suhu 300 °C, 350 °C, dan 400 °C. Produk cair yang dihasilkan berkisar antara 35% hingga 45%. Persentase hasil produk cair pada penelitian tersebut semakin tinggi seiring dengan meningkatnya suhu yang digunakan pada pirolisis.

Kurniawan (2014) melakukan penelitian dengan menggunakan plastik jenis LDPE dengan menggunakan variasi suhu 400°C – 480 °C. Persentase produk

minyak yang dihasilkan berkisar antara 50% hingga 60%. Pada penelitian tersebut, persentase produk semakin tinggi seiring meningkatnya suhu yang digunakan dalam proses pirolisis.

Produk gas yang dihasilkan pada suhu 450 °C adalah 22,63%. Sedangkan pada suhu 500 °C menghasilkan gas dengan persentase 2,99%. Hal ini terjadi karena pada percobaan yang dilakukan pada suhu 450 °C terdapat kebocoran yang lebih banyak dibandingkan pada suhu 500 °C. kebocoran terletak pada tutup reaktor sehingga gas keluar dari tutup tersebut. Kebocoran dapat dipengaruhi oleh kurang kuatnya pemasangan tutup reaktor dan kerapatan volume katalis.

Produksi gas pada penelitian ini mempunyai hasil berbeda dengan penelitian oleh Feng (2010) yang menyatakan bahwa semakin tinggi temperatur yang digunakan, maka hasil produksi gas akan semakin banyak. Perpindahan suhu dari *furnace* ke reaktor akan menyebabkan gradien suhu antara *furnace* dan reaktor sehingga *cracking temperature* yang sesungguhnya berpotensi untuk lebih rendah dari suhu yang digunakan.

Dalam penelitian Soni (2021), penggunaan katalis bertujuan untuk meningkatkan proses konversi produk sehingga produk dalam bentuk *liquid* lebih banyak dari produk padat. Pada tiap proses pirolisis yang berjalan, katalis pasir Merapi tetap berada pada kolom katalis dan partikelnya berubah menjadi hitam. Hal serupa terjadi juga pada penelitian Feng (2010) dimana katalis tetap berada pada dasar reaktor dan partikelnya berubah menjadi warna hitam. Perubahan ini dipercaya karena adanya karbon halus yang tertinggal pada katalis.

Suhu optimum yang menghasilkan produk cair terbanyak pada penelitian ini adalah suhu 500 °C dengan persentase 69,23%. Produk berupa padatan dan gas pada penelitian ini kurang akurat dikarenakan kurang akuratnya alat yang digunakan untuk menimbang reaktor dan terjadi kebocoran berupa minyak dan gas pada saat proses pirolisis berlangsung.

#### **4.5. Kualitas Minyak Pirolisis**

Minyak hasil pirolisis pada penelitian ini akan diuji dengan menggunakan parameter *flash point*, nilai densitas, dan nilai kalor. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas hasil minyak pirolisis dan mengetahui apakah minyak ini dapat digunakan sebagai alternatif bahan bakar dengan cara membandingkannya dengan

parameter bahan bakar yang telah beredar.

#### 4.5.1. Perbandingan Nilai *Flash point*

Jika nilai *flash point* pada penelitian ini dibandingkan dengan penelitian oleh Purwanto (2018) dan Nurhidayanti (2021) yang melakukan penelitian pirolisis plastik LDPE dengan tidak menggunakan katalis, dapat terlihat bahwa penggunaan katalis pasir merapi pada penelitian ini meningkatkan nilai *flash point*. Ketika nilai *flash point* tinggi maka akan memudahkan untuk menyimpan bahan bakar karena minyak tersebut tidak mudah terbakar (Aziz, 2011).

Tabel 4. Perbandingan Nilai *Flash Point*

Bahan	Flash Point	Referensi
	(°C)	
LDPE 450°C	149,67	Penelitian Sekarang
LDPE 500°C	155,33	Penelitian Sekarang
LDPE 450°C (non-katalis)	35	(Purwanto, 2018)
LDPE 250°C - 400°C (non-katalis)	<-5	(Nurhidayanti, 2021)
Minyak Tanah	97	(Gautama, 2022)
Bensin	42	(Masgood, 2021)
Solar	52	(Masgood, 2021)
Biodiesel	>130	SNI 7182:2015

Berdasarkan pada tabel 4 diatas, dapat disimpulkan bahwa hasil uji produk pirolisis pada penelitian ini tidak dapat disandingkan dengan titik nyala pada minyak tanah, bensin, dan solar karena nilai *flash point* jauh berbeda. Namun, titik nyala minyak hasil pirolisis dapat dibandingkan dengan *biodiesel* karena nilainya berada diatas *biodiesel*. Sehingga, hasil pirolisis ini memungkinkan untuk digunakan sebagai *biodiesel* tetapi dengan melakukan pengujian lebih lanjut.

Titik nyala merupakan fase dimana suatu bahan dapat memantik api dalam bentuk uap. Semakin kecil suhu titik nyala maka akan semakin mudah bahan tersebut terbakar (Prianto, 2018).

Pada penelitian Purwanto (2018), dilakukan pirolisis dengan menggunakan suhu 450°C dan kemudian diuji dengan parameter *flash point*.

Pada penelitian tersebut didapatkan nilai *flash point* 35°C. Pada penelitian tersebut tidak digunakan katalis.

Nurhidayanti (2018) melakukan penelitian pirolisis plastik LDPE dengan menggunakan variasi suhu 250°C-400°C. Pada penelitian tersebut didapatkan hasil titik nyala senilai <5 °C. pada penelitian tersebut, titik nyala tidak dapat dijadikan perbandingan karena adanya keterbatasan alat uji yang digunakan.

Novarini (2021) melakukan pengujian terhadap *flash point* hasil produk minyak LDPE dengan suhu pembakaran 200°C - 300°C. Hasil *flash point* bervariasi mulai dari 29,5°C hingga 28,1°C. Hasil *flash point* pada penelitian tersebut juga belum memenuhi standar karakteristik kerosin dan solar.

#### 4.5.2. Perbandingan Nilai Densitas

Pada Purwanto (2018) dan Landi (2017) dilakukan pirolisis plastik LDPE dengan tidak menggunakan katalis. Jika penelitian ini dibandingkan dengan penelitian tersebut, dapat terlihat bahwa nilai densitasnya tidak jauh berbeda. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa penggunaan katalis pasir Merapi pada penelitian ini tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai densitas.

Tabel 5. Perbandingan Nilai Densitas

Bahan	Densitas	Referensi
	(gr/cm <sup>3</sup> )	
LDPE 450°C	0,76	Penelitian Sekarang
LDPE 500°C	0,77	Penelitian Sekarang
LDPE 450°C (non-katalis)	0,79	(Purwanto, 2018)
LDPE 500°C (non-katalis)	0,76	(Landi, 2017)
Minyak Tanah	0,76-0,84	(Gutama, 2022)
Bensin	0,778-1,198	Standar Bahan Bakar Pertamina
Solar	0,815-0,860	Standar Bahan Bakar Pertamina
Biodiesel	0,85 - 0,89	SNI 7182:2015

Berdasarkan tabel 5, dapat dinilai bahwa nilai densitas pada penelitian ini mempunyai kemiripan dengan minyak tanah dan bensin.

Sehingga, jika dibandingkan berdasarkan nilai densitasnya, minyak hasil pirolisis LDPE ini dapat dikategorikan sebagai minyak tanah dan bensin.

Nilai densitas pada penelitian ini sama seperti penelitian Iswadi (2017) dengan menggunakan plastik jenis LDPE didapatkan hasil uji berupa densitas senilai 0,77 gr/cm<sup>3</sup>. Prianto (2018) menyatakan bahwa apabila nilai densitas bahan bakar semakin rendah maka akan mudah terbakar karena densitas yang nilainya rendah akan semakin mudah untuk menguap.

Novarini (2021) menggunakan plastik jenis LDPE dengan variasi 200°C-300°C pada penelitiannya. Nilai densitasnya berkisar antara 0,755 gr/cm<sup>3</sup> hingga 0,788 gr/cm<sup>3</sup>. Pada penelitian tersebut menyimpulkan bahwa nilai densitas akan semakin meningkat seiring dengan temperatur yang digunakan dalam pirolisis.

Riandis (2020) melakukan pengujian nilai densitas plastik LDPE dengan menggunakan variasi suhu 350°C - 450°C dalam proses pirolisis. Hasil pengujian densitas bervariasi mulai dari 0,706 gr/cm<sup>3</sup> hingga 0,823 gr/cm<sup>3</sup>. Nilai densitas akan semakin tinggi seiring meningkatnya suhu pirolisis yang digunakan. Pada penelitian tersebut, nilai densitas dapat dibandingkan dengan bensin karena mendekati densitas bensin.

#### **4.5.3. Perbandingan Nilai Kalor**

Nilai kalor adalah karakteristik bahan bakar minyak yang dapat menunjukkan jumlah energi setiap massa jenis bahan bakar (Novarini,2021). Jika penelitian ini dibandingkan dengan penelitian Landi (2017) dengan tidak menggunakan katalis pada suhu 500°C, terlihat bahwa nilai kalor pada penelitian ini lebih tinggi. Hal tersebut menandakan bahwa penggunaan katalis pasir Merapi akan meningkatkan nilai kalor. Berikut adalah tabel perbandingan nilai kalor:

Tabel 6. Perbandingan Nilai Kalor

Bahan	Nilai Kalor	Referensi
	(Kal/gr)	
LDPE 450°C	9440,19	Penelitian Sekarang
LDPE 500°C	9341,88	Penelitian Sekarang
LDPE 350°C (non-katalis)	8667,72	(Landi, 2017)
LDPE 500 (non-katalis)	6811,17	(Landi, 2017)
Minyak Tanah	5831.14	(Gutama, 2022)
Bensin	11414,45	Standar Bahan Bakar Pertamina
Solar	11106,33	Standar Bahan Bakar Pertamina
Biodiesel	-	SNI 7182:2015

Pada suhu 450°C nilai kalor didapatkan dengan nilai 9440,19 kal/gr. Sedangkan pada suhu 500°C didapatkan nilai kalor senilai 9341,88 kal/gr. Nilai kalor ini tidak dapat dibandingkan dengan minyak tanah, bensin, dan solar karena nilainya yang jauh berbeda. Namun, nilai kalor pada penelitian ini dapat dikategorikan sebagai *biodiesel* karena berdasarkan SNI 7182:2015, biodiesel tidak mempunyai nilai kalor yang spesifik.

Prianto (2018) juga membandingkan minyak pirolisis dengan biodiesel dari nilai kalornya saja karena berdasarkan SNI 7182 tahun 2015 mengenai mutu biodiesel, biodiesel tidak mempunyai nilai kalor yang spesifik. Sehingga, hasil uji nilai kalor pirolisis suhu 450°C dan 500°C dapat dikatakan sebagai biodiesel tetapi harus dilakukan penelitian lebih lanjut karena pada SNI 7182 tahun 2015, terdapat spesifik karakteristik yang lain karena akan dicampurkan dengan solar.

Bow (2018) melakukan penelitian dengan sampel plastik jenis LDPE dengan variasi suhu 250°C hingga 350°C. Hasil nilai kalor yang didapatkan dari penelitian tersebut adalah 10995 kal/gr pada suhu 250°C, 10842 kal/gr pada suhu 300°C, dan 10645 kal/gr pada suhu 350°C. Pada penelitian tersebut terjadi penurunan nilai kalor seiring meningkatnya variasi suhu yang digunakan.

Pencampuran bahan bakar hasil pirolisis dapat meningkat apabila dicampurkan dengan diesel. Hal ini juga dinyatakan dalam penelitian oleh Nazif (2016). Dimana pencampuran antara bahan bakar hasil pirolisis dengan solar dengan rasio PP: Karbon Aktif dengan perbandingan 20%:80% akan dihasilkan nilai densitas senilai 0,848 g/ml sehingga dapat memenuhi standar diesel 48 (solar).



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Simpulan

Suhu yang digunakan dalam proses pirolisis akan mempengaruhi kuantitas minyak yang dihasilkan. Semakin tinggi yang digunakan, maka akan semakin banyak juga minyak yang akan dihasilkan. Pada penelitian ini, produksi minyak akan optimum pada variasi suhu 500°C. Penggunaan katalis pasir Merapi pada penelitian ini menghambat produksi minyak karena penggunaan katalis pasir Merapi yang berlebihan.

Secara kualitas minyak hasil pirolisis sampah plastik jenis *low density polyethylene* (LDPE) masih berada dibawah kriteria bahan bakar yang beredar. Pengaruh suhu terhadap hasil uji berupa nilai kalor, densitas, dan titik nyala tidak menghasilkan nilai yang jauh berbeda. Namun, kualitas minyak hasil pirolisis LDPE dapat disandingkan dengan kualitas minyak tanah dan *biodiesel*. Hal ini dikarenakan minyak hasil pirolisis mempunyai nilai *flash point* diatas minyak tanah dan *biodiesel*. Selain itu, nilai densitas minyak serupa dengan densitas minyak tanah. Sedangkan nilai kalor, nilainya berada diatas nilai kalor minyak tanah. Berdasarkan SNI 7182 tahun 2015, pada biodiesel nilai kalor tidak ditentukan karena akan dicampurkan dengan bahan bakar lain seperti diesel ataupun solar.

#### 5.2. Saran

Berdasarkan proses dan hasil penelitian yang disarankan, terdapat beberapa sarain untuk memperbaiki penelitian serupa di kemudian hari. Diperlukan pengujian lebih lanjut mengenai keefektifitasan penggunaan katalis pasir Merapi terhadap proses pirolisis sehingga didapatkan hasil yang lebih optimum. Selanjutnya, diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai kualitas minyak hasil pirolisis LDPE terlebih jika dibandingkan dengan *biodiesel*. Dengan penelitian lebih lanjut, diharapkan hasil pirolisis plastik jenis LDPE dapat digunakan sebagai alternatif bahan bakar.



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR PUSTAKA

*Alam Indonesia*, ISSN 1693-, 1–7.

- Almohamadi, H., Aljabri, A., Mahmoud, E. R. I., Khan, S. Z., Aljohani, M. S., & Shamsuddin, R. (2021). Catalytic pyrolysis of municipal solid waste: Effects of pyrolysis parameters. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, 16(2), 342–352. <https://doi.org/10.9767/bcrec.16.2.10499.342-352>
- Anuar Sharuddin, S. D., Abnisa, F., Wan Daud, W. M. A., & Aroua, M. K. (2016). A review on pyrolysis of plastic wastes. *Energy Conversion and Management*, 115, 308–326. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.02.037>
- Arif, Muhammad Syaiful. (2015). Solusi Persamaan Keseimbangan Massa Reaktor Menggunakan Metode Pemisahan Variabel.
- Arjuansyah, M., Saputra, M. A., Ridwan, K. A., & Zikri, A. (2021). *Proses Pembuatan Bahan Bakar Cair Limbah Plastik Hdpe Dan Ldpe Influence of the Amount of Alumina Silica Catalyst on the Process of Making Liquid Fuel Plastic Hdpe and Ldpe*. 12(03), 6–12.
- Aziz, Isalmi, Siti Nurbayti dan Badrul Ulum. 2011. Pembuatan Produk Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas Dengan Cara Esterifikasi dan Transesterifikasi. *Jurnal Valensi*. Volume 2, No. 3, 443-448.
- Bow, Y. (2018). Pengolahan sampah low density polyethylene (ldpe) dan polypropylene (pp) menjadi bahan bakar cair alternatif menggunakan prototipe pirolisis thermal cracking. *Kinetika*, 9(3), 1-6.
- Bridgwater, A. V. 1980. Resource Recovery and Conservation. *Waste Incineration and Pyrolysis*. 5 (1): 99-115.
- Chandara, H., Sunjoto, & Sarto. (2016). Plastic Recycling in Indonesia by Converting Plastic Wastes (PET, HDPE, LDPE, and PP) Into Plastic Pellets. *ASEAN Journal of Systems Engineering*, 3(2), 65–72.
- Endang, K., Mukhtar, G., Abed Nego, & Sugiyana, F. X. A. (2016). Pengolahan Sampah Plastik dengan Metoda Pirolisis menjadi Bahan Bakar Minyak. *Pengembangan Teknologi Kimia Untuk Pengolahan Sumber Daya*

- Feng, G., 2010. Pyrolysis of Waste Plastics into Fuels. *A Thesis, University of Canterbury*.
- Ghodke, P. K. (2021). High-quality hydrocarbon fuel production from municipal mixed plastic waste using a locally available low-cost catalyst. *Fuel Communications*, 8, 100022.
- Ginting, A. S., Tambunan, A. H., Radite, D., & Setiawan, P. A. (2015). Karakteristik Gas-Gas Hasil Pirolisis Tandan Kosong Kelapa Sawit Characteristics of Gases of Palm Oil Empty Fruit Bunches Pyrolysis. *J Tek Ind Pert*, 25(2), 158–163.
- Grycová, B., Koutník, I., & Prysycz, A. (2016). Pyrolysis process for the treatment of food waste. *Bioresource Technology*, 218, 1203–1207. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.07.064>
- GUTAMA, H. (2022). Analisis Kualitas Minyak Hasil Pirolisis Sampah Popok.
- Hamid, Rusdianto. 2016. Penanganan Limbah Plastik dengan Teknologi Pirolisis dan Biodegradasi dengan Bakteri Pseudomonas SP.
- Iswadi, D., Nurisa, F., & Liastuti, E. (2017). Pemanfaatan sampah plastik LDPE dan PET menjadi bahan bakar minyak dengan proses pirolisis. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia UNPAM*, 1(2), 1–9. [openjournal.unpam.ac.id/index.php/JITK/article/download/718/585](http://openjournal.unpam.ac.id/index.php/JITK/article/download/718/585)
- Jahiding, M., Nurfiанти, E., Hasan, E. S., & Rizki, R. S. (2020). Analisis Pengaruh Temperatur Pirolisis terhadap Kualitas Bahan Bakar Minyak dari Limbah Plastik Polipropilena. *Gravitasi*, 19(1), 6-10.
- Johansyah, A., Prihastanti, E., Kusdiyantini, E., Biologi, J., Sains, F., & Diponegoro, U. (2014). PENGARUH PLASTIK PENGEMAS Low Density Polyethylene (LDPE), High Density Polyethylene (HDPE) DAN Polipropilen (PP) TERHADAP PENUNDAAN KEMATANGAN BUAH TOMAT (*Lycopersicon esculentum*. Mill ). *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 22(1), 46–57. <https://doi.org/10.14710/baf.v22i1.7808>
- Karuniastuti, Nurhenu. 2013. Bahaya Plastik Terhadap Kesehatan dan Lingkungan.

- Forum Teknologi. Vol. 03 No.1.
- Landi, T., & Arijanto, A. (2017). Perancangan Dan Uji Alat Pengolah Sampah Plastik Jenis Ldpe (Low Density Polyethylene) Menjadi Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Teknik Mesin*, 5(1), 1-8.
- Lingkungan, K. P. (2018). *Al Ulya: Jurnal Pendidikan Islam*. 3, 39–51.
- Maqsood, T., Dai, J., Zhang, Y., Guang, M., & Li, B. (2021). Pyrolysis of plastic species: A review of resources and products. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 159(May), 105295.  
<https://doi.org/10.1016/j.jaap.2021.105295>
- Mardika, E. R. (2018). *Pengaruh Temperatur Terhadap Pembentukan Fuel Oil Hasil Pirolisis Plastik Polypropylene (PP)* (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).
- Maulana, A., & Mursadin, A. (2022). *UJI KARAKTERISTIK PEMBAKARAN CRUDE PALM OIL - MINYAK*. 4(1), 63–75.
- Miandad, R., Barakat, M. A., Aburiazaiza, A. S., Rehan, M., & Nizami, A. S. (2016). Catalytic pyrolysis of plastic waste: A review. *Process Safety and Environmental Protection*, 102, 822–838.  
<https://doi.org/10.1016/j.psep.2016.06.022>
- Nasrun, N., Kurniawan, E., & Sari, I. (2017). Pengolahan Limbah Kantong Plastik Jenis Kresek Menjadi Bahan Bakar Menggunakan Proses Pirolisis. *Jurnal Energi Elektrik*, 4(1).
- Norsujianto, T. (2015). Konversi Limbah Plastik Menjadi Minyak Sebagai Bahan Bakar Energi Baru Terbarukan. *Elemen : Jurnal Teknik Mesin*, 1(1), 05.  
<https://doi.org/10.34128/je.v1i1.21>
- Novarini, N., Kurniawan, S., Rusdianasari, R. and Bow, Y., 2021. Kajian Karakteristik dan Energi pada Pirolisis Limbah Plastik Low Density Polyethylene (LDPE). *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, 5(1), pp.61-70.
- Nugroho, A. S. (2020). Pengolahan Limbah Plastik LDPE dan PP Untuk Bahan

Bakar Dengan Cara Pirolisis. *Jurnal Litbang Sukowati: Media Penelitian dan Pengembangan*, 4(1), 10-10.

- Nurhidayanti, N., & Anggun Sari, P. (2021). Pelita Teknologi Studi Optimalisasi Suhu pada Proses Pirolisis Sampah Plastik Jenis LDPE (Low Density Polyethylene). *Jurnal Pelita Teknologi*, 16(1), 22–28.
- Prianto, D. W. (2018). Pirolisis Sampah Plastik Bungkus Mie Instan dengan Memanfaatkan Abu Vulkanik Gunung Merapi sebagai Katalis.
- Pribadyo, P., Firmanto, T., Saputra, D., & Mardianto, M. (2015). Pengaruh Waktu dan Temperatur Pemanasan Pada Pengujian Alat Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak. *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi dan Teknologi*, 1(1).
- Purwanto, D., Istiqlaliyah, H., & ... (2018). Pengolahan Limbah Plastik LDPE Sebagai Bahan Bakar Alternatif Menggunakan Proses Pyrolisis. *Prosiding SEMNAS ...*, 293–298.  
<https://proceeding.unpkediri.ac.id/index.php/inotek/article/view/498%0Ahttps://proceeding.unpkediri.ac.id/index.php/inotek/article/download/498/412>
- Rachmawati, Qonita. 2015. Pengolahan Sampah secara Pirolisis dengan Variasi Rasio Komposisi Sampah dan Jenis Plastik. *Jurnal Teknik ITS*. Vol. 4, No. 1.
- Riandis, J. A., Setyawati, A. R., & Sanjaya, A. S. (2021). Pengolahan Sampah Plastik Dengan Metode Pirolisis Menjadi Bahan Bakar Minyak Plastic Waste Processing Using Pyrolysis Method Into Fuel Oil. *Jurnal Chemurgy*, 05(1), 8–14. <http://e-journals.unmul.ac.id/index.php/TK>
- Rubianto, Luchis, Sania. (2020). Studi Literatur Pengaruh Suhu Pemanasan Dan Jenis Katalis Terhadap Produksi Minyak Pirolisis Sampah Plastik. *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 6(2), 171–175.  
<https://doi.org/10.33795/distilat.v6i2.72>
- Santoso, J. (2010). Uji sifat minyak pirolisis dan uji performansi kompor berbahan bakar minyak pirolisis dari sampah plastik.
- 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>

Yuriandala, Y., Syamsiah, S., & Saptoadi, H. (2016). Pirolisis campuran sampah plastik polistirena dengan sampah plastik berlapis aluminium foil (Multilayer). *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 8(1), 10-20.]

Zheng, Y., Tao, L., Yang, X., Huang, Y., Liu, C., & Zheng, Z. (2018). Study of the thermal behavior, kinetics, and product characterization of biomass and low-density polyethylene co-pyrolysis by thermogravimetric analysis and pyrolysis-GC/MS. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 133, 185-197.





*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

الجامعة الإسلامية  
الاستدراكية  
الاندونيسية

## LAMPIRAN

### Lampiran 1

Berikut adalah cara untuk mencari nilai titik nyala:

1. Sampel dimasukkan ke dalam *furnace*
2. Pengaturan suhu dinyalakan
3. Suhu dinaikkan secara perlahan
4. Api dilewatkan diatas *furnace*
5. Suhu dinaikkan perlahan sampai terlihat ada percikan api dan catat pada suhu berapa percikan api terlihat.

### Lampiran 2

Berikut adalah Langkah kerja uji densitas:

1. Gelas beaker ditimbang
2. Volume hasil pirolisis diukur
3. Hasil pirolisis dituang ke dalam gelas beaker
4. Cairan ditimbang dengan volume yang sama
5. Berat total dikurangi berat gelas beaker yang telah ditimbang pada awal langkah kerja
6. Berat dibagi dengan volume dengan perhitungan densitas ( $\rho$ ) sebagai berikut:

$$\rho = m/v$$

$$m = \text{massa (gram)}$$

$$v = \text{volume (mm)}$$

### Lampiran 3

Berikut adalah cara kerja untuk mencari nilai kalor

1. Alat disiapkan
2. Benang ditimbang
3. Berat kawat nikilin ditimbang
4. Berat sampel ditimbang
5. Benang, kawat nikilin, dan sampel dimasukkan ke dalam bom kalorimeter
6. Bom kalorimeter ditutup dengan rapat
7. Bom kalorimeter diisi dengan akuades hingga batas ukur
8. *Valve* bom kalorimeter diisi dengan akuades hingga batas

9. Valve bom kalorimeted ditutup dan tekanannya diatur senilai 15-25 bar.
10. Suhu dicatat pada interval yang ditentukan
11. Nilai kalori dihitung dari hasil yang didapat. Berikut adalah perhitungan nilai kalor (Q)

$$Q = W \times \frac{\Delta T}{G \times 1000}$$

W = koefisien panas calorimeter (cal/°C)

G = berat bahan bakar (gram)

ΔT = pertambahan suhu (°C)

### Lampiran Gambar



*Digital Temperature Controller*



Sampah Plastik dalam reaktor



Perhitungan Volume dan Berat Per-Menit



Mesin Pirolisis



Hasil Minyak Pirolisis



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

