

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

3.1.1. Waktu Penelitian

Penelitian pirolisis dilakukan pada bulan Maret 2018.

3.1.2. Tempat Penelitian

Pengujian pirolisis, viskositas, densitas, dan *flash point* minyak hasil pirolisis plastik dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Pengujian nilai kalor dilakukan di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT) Universitas Gadjah Mada.

3.2. Bahan penelitian

Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian antara lain:

3.2.1. Plastik LDPE (*Low density polyethylene*)

LDPE merupakan termoplastik yang terbuat dan terbentuk dari minyak bumi. LDPE mempunyai massa jenis antara 0,91-0,94 gmL⁻¹. Separuhnya berupa kristalin (50 - 60%) dan memiliki titik leleh 115 °C. Ada juga yang menyebutkan bahwa LDPE (*Low Density Polyethylene*) 70 °C – 80 °C (Kadir, 2012). Sebelum dilakukan pengujian plastik LDPE dipotong-potong menjadi bentuk kecil - kecil menjadi dimensi lebih kurang 4x4 cm.



Gambar 3.1 Plastik LDPE ukuran 4x4 cm

3.2.2. *Liquefied Petroleum Gas (LPG)*

LPG digunakan sebagai bahan bakar untuk membakar sampah plastik saat pengujian dilakukan. Gas LPG yang digunakan saat pengujian yaitu menggunakan gas LPG ukuran 3 kg agar lebih memudahkan pemasangan didalam alat pirolisis. Tabung gas yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.2.



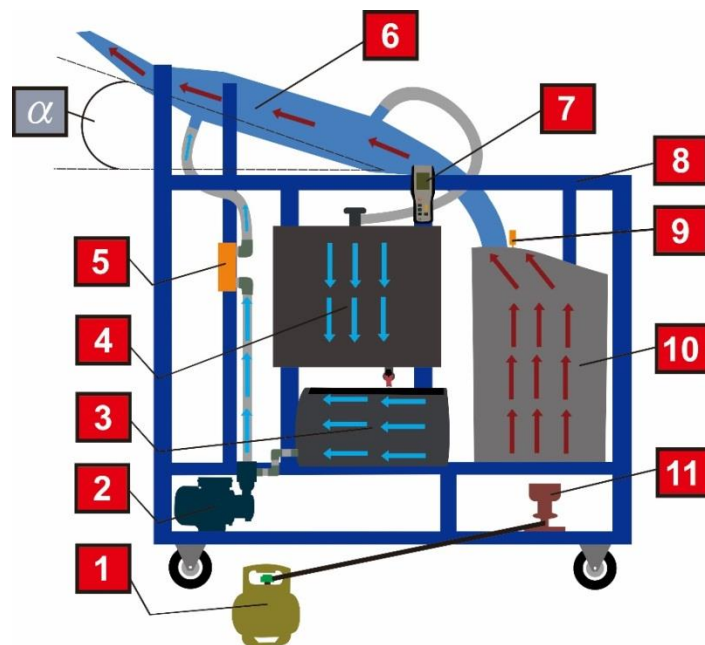
Gambar 3.2 Tabung LPG 3 kg

3.2.3. Air pendingin

Air pendingin berfungsi untuk mendinginkan asap pirolisis pada kondensor. Dengan didinginkannya asap dari plastik pada kondensor maka asap tersebut akan berubah menjadi cair melalui proses kondensasi.

3.3. Alat penelitian

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat pirolisis sederhana dengan sistem pembakaran menggunakan gas LPG dan pendingin air. Alat pirolisis ini dilengkapi dengan kondensor yang bisa diatur kemiringannya mulai dari 0° , 15° , dan 30° . sehingga dapat diketahui pengaruhnya pada proses pirolisis plastik LDPE dengan debit air pendingin 18 LPM. Gambar dan skema alat pirolisis dapat dilihat pada Gambar 3.3 dan 3.4 berikut:



Gambar 3.3 Skema Alat Pirolisis

Keterangan gambar:

1. Gas LPG
2. Pompa air
3. Penampung air
4. Radiator
5. Flow Meter
6. Kondensor
7. Thermocouple Reader
8. Kerangka

9. Manometer
10. Reaktor
11. Kompor



Gambar 3.4 Alat pirolisis

3.3.1. Bagian - bagian Alat Pirolisis

Adapun alat pirolisis yang digunakan antara lain:

3.3.2. Kompor Gas

Kompor digunakan untuk memanaskan tabung reaktor berisi plastik yang akan dipirolisis. Kompor yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Kompor Gas

3.3.3. Pompa air

Pompa air digunakan untuk mendorong air dari tabung penampung air menuju kondensor sehingga air dapat bersirkulasi dan dapat mendinginkan asap yang masuk ke dalam kondensor. Pompa yang digunakan mempunyai spesifikasi debit 10-18 LPM, pompa air dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Pompa Air

3.3.4. Timbangan

Timbangan untuk mengukur berat bahan baku yaitu plastik, berat LPG setelah dilakukan pengujian, massa hasil percobaan, dan abu sisa pembakaran

setelah percobaan. Timbangan yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.7. dan 3.8.



Gambar 3.7 Timbangan Digital Gantung



Gambar 3.8 Timbangan Digital Duduk

3.3.5. Gelas ukur

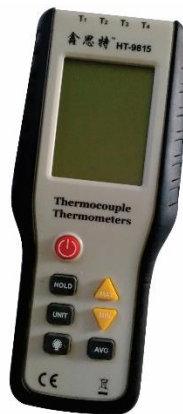
Gelas ukur digunakan untuk mengukur volume minyak hasil pirolisis. Gelas ukur yang digunakan adalah yang berukuran 1000 ml. Gelas ukur yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Gelas Ukur

3.3.6. *Thermocouple Reader*

Thermocouple reader digunakan untuk membaca suhu dari thermocouple yang ada pada kondensor dan reaktor. Suhu yang diukur ada 8 titik yaitu: lubang masuk air pendingin, lubang keluar air pendingin, lubang masuk asap dari reaktor, lubang keluar asap dari kondensor dan 4 titik pada reaktor. *Thermocouple reader* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 *Thermocouple Reader*

3.3.7. *Stopwatch*

Stopwatch digunakan untuk mengukur lama waktu yang diperlukan untuk melakukan percobaan.

3.3.8. *Flow Meter*

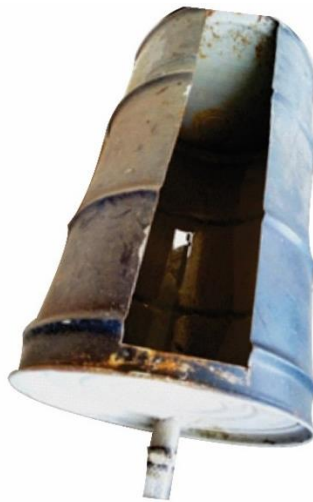
Flow meter yaitu suatu alat yang berfungsi untuk mengatur debit aliran *fluida*. Untuk *flow meter* yang digunakan dengan ukuran maksimal 5 GPM / 18 LPM dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 *Flow Meter*

3.3.9. Tabung Air Pendingin

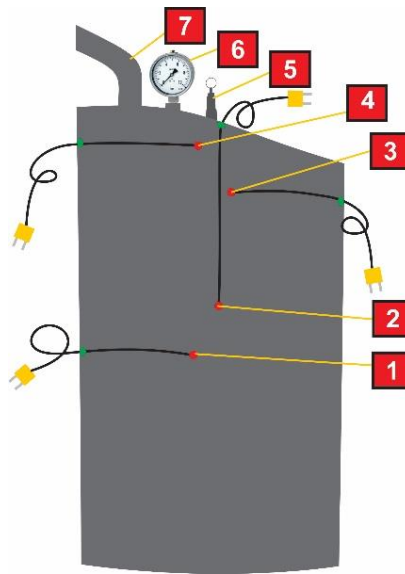
Tabung air pendingin digunakan untuk menampung air pendingin yang digunakan dalam sistem pendinginan atau kondensasi. Tabung air pendingin dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3. 12 Tabung air pendingin

3.3.10. Reaktor

Reaktor berfungsi untuk menampung bahan yang akan dipirolisis. Reaktor yang dipakai yaitu berdiameter 46 cm dan tinggi 60 cm. Reaktor dapat dilihat pada gambar 3.13.



Gambar 3.13 reaktor

Keterangan:

1. T8
2. T5
3. T7
4. T6
5. *Safety valve*
6. Lubang keluar asap
7. Manometer

3.3.11. Radiator

Radiator berfungsi untuk mendinginkan air setelah digunakan di kondensor. Untuk radiator yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.14.



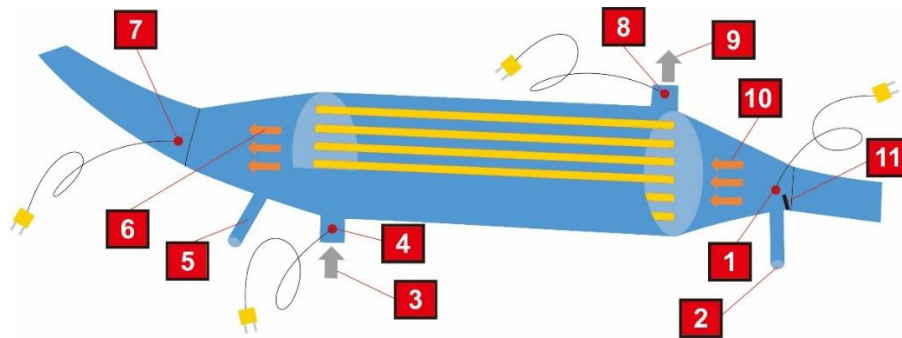
Gambar 3.14 Radiator

3.3.12. Kondensor

Kondensor digunakan untuk mengkondensasi asap menjadi minyak. Asap mengalir pada pipa-pipa tembaga di dalam kondensor, kemudian air yang mengalir disekitarnya akan mendinginkan pipa tembaga sekaligus asap yang mengalir didalamnya sehingga terkondensasi menjadi minyak. Kondensor yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15 Kondensor



Gambar 3.16 Skema Kondensor

Keterangan gambar:

1. T1
2. Lubang keluar minyak
3. Lubang masuk air
4. T2
5. Lubang keluar minyak
6. Aliran asap keluar
7. T4
8. T3
9. Lubang keluar air
10. Aliran asap masuk
11. Stopan minyak

Kondensor berdiameter 20 cm dan panjang 50 cm. Pipa tembaga yang ada di dalam kondensor berjumlah 14 dan masing-masing berukuran 3/8 inch.

3.3.13. Manometer

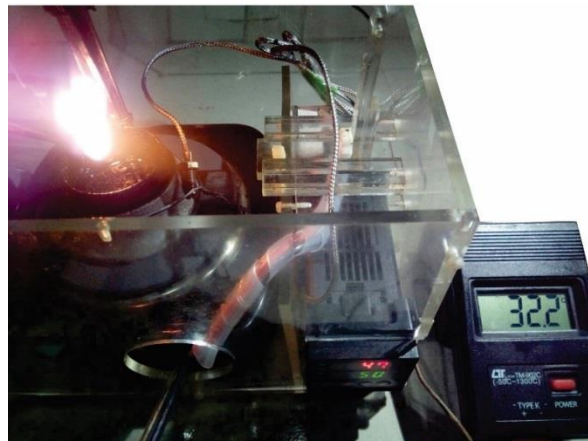
Manometer digunakan untuk mengukur tekanan pada reaktor. Manometer yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.17.



Gambar 3.17 Manometer

3.3.14. *Flash Point tester*

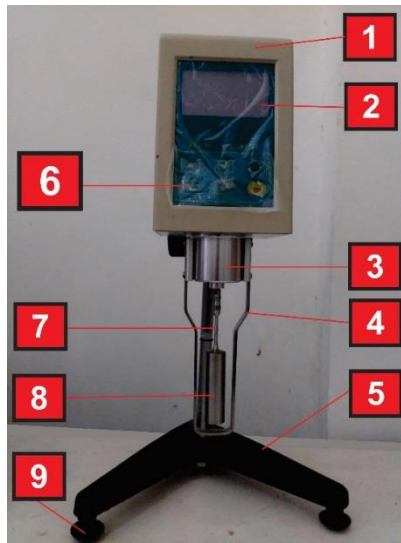
Flash point merupakan pengujian untuk mengetahui berapa titik nyala suatu zat. Flash point tester dapat dilihat pada Gambar 3.18.



Gambar 3.18 *Flash point tester*

3.3.15. *Viscometer NDJ 8S*

Viscometer NDJ 8S merupakan *viscometer* digital yang digunakan untuk mengukur viskositas suatu zat cair. Minyak hasil pirolisis akan dilakukan pengujian viskositas untuk mengetahui tingkat kekentalannya. *Viscometer* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.19.



Gambar 3.19 Bagian-bagian *viscometer* NDJ 8S

Keterangan gambar:

1. Level *indicator*
2. LCD.
3. *Housing*.
4. *Braket* (Pelindung).
5. *Base* (dudukan).
6. Tombol pengoperasian.
7. Rotor.
8. Rotor *connector*.
9. Penyesuai tingkat *knob*.

3.3.16. Timbangan Digital dan Gelas Ukur

Densitas / massa jenis adalah ukuran massa setiap volume benda. Semakin tinggi densitasnya maka semakin besar juga massa di setiap volumenya. Alat yang digunakan untuk mengukur densitas dalam penelitian ini adalah timbangan digital dan gelas ukur dapat dilihat pada gambar 3.20.



Gambar 3.20 Timbangan dan Gelas Ukur

Densitas dapat diketahui dengan mengukur volume dan menimbang beratnya. Rumus densitas adalah $\rho = \frac{m}{V}$ dengan ρ adalah densitas, m adalah massa dan V adalah volume.

3.3.17. *Calorimeter*

Kalorimeter merupakan alat yang digunakan untuk mengukur berapa kalori yang dihasilkan suatu cairan per gram. *Calorimeter* yang digunakan adalah *Bomb Calorimeter IKA C2000 basic* dengan panjang 44 cm, lebar 50 cm, tinggi 45 dan memiliki berat 30 kg. Kalorimeter yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.21.



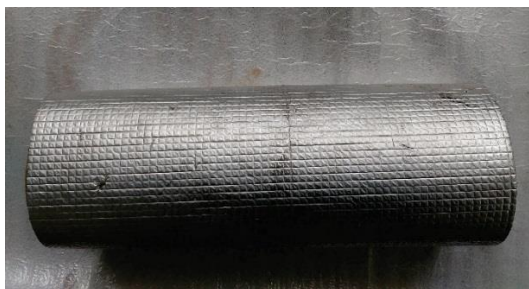
Gambar 3.21. *Calorimeter*

3.3.18. *Glasswool dan Aluminium Foil*

Glasswool dan *aluminium foil* digunakan untuk mengisolasi jalur panas pada alat pirolis yaitu pada reaktor dan pipa keluar reaktor agar tidak terpengaruh oleh suhu lingkungan. Ketebalan aluminium foil yang digunakan dan yaitu 5 mm dan ketebalan *glasswool* yaitu 20 mm. *Glasswool* dan aluminium foil yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.22. dan 3.23.



Gambar 3.23 *Glasswool*



Gambar 3.22 *Aluminium Foil*

3.3.19. Anemometer

Anemometer digunakan untuk mengukur kecepatan aliran asap yang keluar melalui pipa keluar kondensor. Anemometer yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.24.



Gambar 3.24 Anemometer

3.3.20. Pipa dan Selang Air

Pipa dan selang air digunakan untuk mengalirkan air pendingin dari tabung air menuju kondensor pada saat alat pirolisis berjalan. Pipa juga digunakan untuk mengalirkan minyak hasil pirolisis ke penampung sementara.

3.3.21. Gunting

Gunting digunakan untuk memotong plastik agar ukurannya lebih kecil sehingga mempercepat pembakaran.

3.4. Parameter Penelitian

1. Efektivitas variasi sudut yang digunakan terhadap perpindahan panas dalam percobaan.
2. Efektivitas variasi sudut yang digunakan terhadap minyak yang dihasilkan dalam percobaan.
3. Efektivitas variasi sudut terhadap sisa abu dari hasil percobaan.

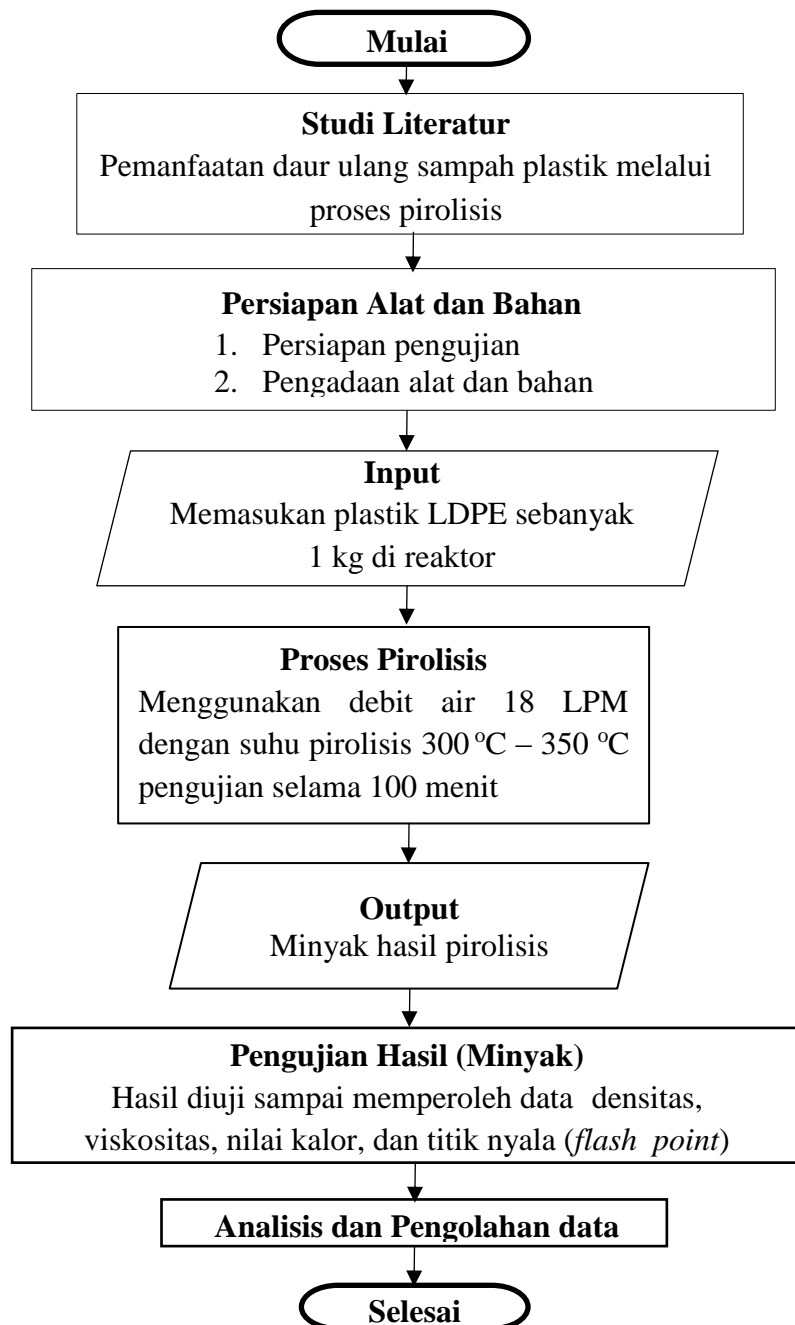
4. Efektivitas debit yang digunakan terhadap perpindahan panas dalam percobaan.
5. Efektivitas debit yang digunakan terhadap minyak yang dihasilkan dalam percobaan.

3.5. Teknik Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan dengan metode observasi efisiensi kerja kondensor dengan melihat efektivitas proses perpindahan panas yang terjadi di dalam kondensor dan melihat hasil minyak pirolisis sampah plastik yang dihasilkan. Proses penelitian dimulai dengan pembakaran plastik di dalam tabung reaktor. Tabung reaktor diberi sampah plastik LDPE (Low Density Polyethylene) dengan massa 1 kg kemudian dipanaskan di dalam tabung reaktor dengan suhu 300 °C -350 °C dalam jangka waktu lebih kurang 100 menit dan dijaga pada tekanan 1 atm. Setelah proses pemanasan berjalan selanjutnya uap plastik akan diembunkan di dalam kondensor dengan arah aliran air searah dengan aliran uap (*counter flow*). Kemudian minyak plastik hasil pengembunan kondensor akan ditampung dan dibandingkan setiap 10 menit. Perbandingan hasil minyak plastik dengan massa sampah plastik sebelum diperlakukan proses pemanasan akan memberikan nilai efisiensi kondensor berdasarkan hasil pirolisis. Proses perpindahan panas yang terjadi di dalam kondensor akan diamati setiap 10 menit. Nilai laju perpindahan panas yang terjadi di dalam kondensor akan dibandingkan untuk menentukan efektivitas kondensor berdasarkan proses perpindahan panasnya.

3.6. Proses Penelitian

Tahap penelitian yang dilakukan dalam rangka mengumpulkan data hingga penyelesaian masalah dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.25 berikut:



Gambar 3.25 Diagram alir pengujian

3.6.1. Persiapan Sebelum Percobaan

1. Dalam suatu penelitian, peneliti harus melakukan studi kasus terlebih dahulu. Studi ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana perkembangan pirolisis ini. Melihat dari masih banyaknya sampah plastik yang ada dan hanya sedikit yang dimanfaatkan dan sebagian besar dibakar begitu saja, maka dapat disimpulkan bahwa sampah plastik belum terdaur ulang dengan baik. Selain itu, penelitian ini juga menemukan bahwa sampah plastik bisa didaur ulang menjadi minyak yang bisa dimanfaatkan menjadi bahan bakar alternatif. Alat pirolisis yang ada saat ini masih menemui hambatan-hambatan sehingga tidak efisien dalam mengolah sampah plastik.
2. Mempersiapkan bahan, yaitu plastik LDPE berwarna hitam.
3. Membersihkan limbah plastik LDPE dari kontaminan lain menggunakan air.
4. Mengeringkan limbah plastik LDPE, dan pastikan plastik kering dan tidak meninggalkan air maupun kotoran lainnya.
5. Pemotongan sampah plastik kresek LDPE menjadi dimensi 4x4 cm.
6. Menimbang sampah plastik LDPE seberat 1 kg.

3.6.2. Proses Pirolisis Plastik

1. Masukkan plastik ke dalam reaktor dan mengatur kemiringan kondensor dengan sudut 0° .
2. Menyalakan kompor untuk membakar plastik di reaktor.
3. Menghidupkan pompa air pendingin agar proses air mengalir ke kondensor dan mendinginkan asap.
4. Mengatur debit air pendingin menjadi 18 LPM.
5. Menghidupkan *thermometer* untuk mengetahui suhu masuk air, suhu keluar air, suhu masuk asap, suhu keluar asap di kondensor dan suhu reaktor.
6. Mengamati dan mencatat suhu masuk dan keluar air pendingin setiap 10 menit.
7. Mengamati dan mencatat suhu masuk dan keluar asap hasil percobaan setiap 10 menit.
8. Mengamati dan mencatat suhu reaktor setiap 10 menit.

9. Mengamati dan mencatat banyaknya minyak plastik yang dihasilkan setiap 10 menit.
10. Menimbang berat gas setiap 10 menit.
11. Mengulangi alur percobaan dengan mengganti kemiringan sudut kondensor menjadi 15°, 30°.

3.6.3. Pengujian Hasil Minyak Proses Pirolisis

1. Setelah proses selesai ambil minyak plastik yang dihasilkan.
2. Mengukur total hasil asap cair yang didapat.
3. Melakukan percobaan tes bakar pada asap cair yang telah dilakukan pengujian.
4. Melakukan pengujian densitas, nilai kalor, viskositas, dan titik nyala (*flash point*).
5. Mengumpulkan abu / wax sisa pembakaran kemudian mengukur massanya.

3.6.4. Pelaksanaan Setelah Percobaan

1. Analisa dan pengolahan data.
2. Setelah semua sampel minyak pirolisis dan semua data serta analisa berhasil didapatkan maka akan dilakukan perhitungan perbandingan minyak plastik yang dihasilkan dengan bahan sampah plastik yang digunakan dan akan dilakukan perhitungan sampai dapat melihat efektivitas kondensor berdasarkan proses perpindahan panas dan banyaknya minyak serta perbandingan dengan abu / wax yang tersisa.

3.7. Data Penelitian

Data penelitian meliputi T1 sebagai pengukur suhu asap masuk ke dalam kondensor, T2 sebagai pengukur suhu air pendingin masuk ke dalam kondensor, T3 sebagai pengukur suhu air pendingin keluar dari dalam kondensor, T4 sebagai pengukur suhu asap keluar dari dalam kondensor, T5, T6, T7, T8 sebagai suhu didalam reaktor serta data hasil minyak dan abu / wax yang diperoleh. Pendataan

ini didata menurut waktu per 10 menit sampai minyak tidak keluar lagi dari kondensor. Lembar data yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Lembar Pengambilan Data Suhu dan Hasil Minyak Plastik

WAKTU (menit)	Debit ... LPM, sudut ...				T Reaktor rata-rata (°C)	Q (Watt)	Minyak /10 menit (ml)	Konsumsi gas /10 menit (Kg)
	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)				
0								
10								
20								
30								
40								
50								
60								
70								
80								
90								
100								
Total								

3.8. Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan teknik analisis deskriptif yaitu dengan mengamati secara langsung hasil eksperimen kemudian menyimpulkan dan menentukan hasil penelitian yang telah dilakukan. Data-data yang dihasilkan yaitu meliputi suhu-suhu yang masuk dan keluar melewati kondensor, suhu reaktor, volume minyak plastik yang dihasilkan, berat abu sisa pembakaran, konsumsi gas, waktu yang diperlukan untuk mendapatkan minyak, dan besar laju perpindahan panas pada kondensor.

Data yang diperoleh dari hasil penelitian kemudian dimasukkan ke dalam tabel dan ditampilkan ke dalam bentuk grafik yang kemudian akan dianalisa dan ditarik kesimpulan.

3.9. Pengujian Bahan Bakar Cair

3.9.1. Pengujian Viskositas

Pada pengujian viskositas terdapat beberapa langkah diantaranya yaitu:

1. Menyiapkan sampel bahan bakar minyak yang telah dihasilkan.
2. Menyiapkan alat uji viskositas berupa, alat *viscometer* NDJ 8S dan *stopwatch*.
3. Memasang rotor pada *viscometer* NDJ 8S.
4. Memasukkan sampel minyak pirolis ke dalam gelas ukur 1000 ml.
5. Menempatkan gelas ukur di bawah rotor *viscometer* dan memasukan rotor ke dalam gelas yang berisi bahan bakar minyak yang dihasilkan sampai posisi rotor tercelup $\frac{3}{4}$ bagian bagian dengan bahan bakar minyak tersebut.
6. Memasang kabel *power viscometer* ke sumber tenaga listrik.
7. Mengatur settingan jenis rotor dan kecepatan putar rotor pada *control panel*.
8. Kecepatan putar rotor yang digunakan adalah 30 dan 60 rpm.
9. Menjalankan *viscometer* dengan menekan tombol OK.
10. Menunggu sampai proses pengukuran selesai, kemudian mencatat hasil pembacaan yang ditampilkan pada *display* alat *viscometer* meliputi kecepatan putar, nilai viskositas, persentase.
11. Menekan tombol reset.
12. Mengulangi langkah pengujian tersebut sampai 5 kali dengan tujuan memperoleh hasil rata-rata yang maksimal.
13. Menggunakan parameter uji temperature sampel bahan bakar minyak dengan suhu kamar.
14. Mematikan alat *viscometer*.
15. Membersihkan gelas ukur, rotor dan alat *viscometer* tersebut.

3.9.2. Pengujian Nilai Kalor

Pada pengujian nilai kalor terdapat beberapa langkah diantaranya yaitu:

1. Mempersiapkan alat-alat penelitian meliputi: *calorimeter bomb*, timbangan, dan pipet.
2. Menyiapkan bahan penelitian yaitu bahan bakar minyak hasil pirolisis.
3. Melakukan analisa ultimat dan analisa proksimat bahan bakar.
4. Menguji nilai kalor bahan bakar dengan *calorimeter bomb*.
5. Data yang diperoleh setelah sekitar 10 menit dari pengujian ini disebut dengan *gross heat*.
6. Membersihkan *calorimeter bomb* dan pipet.

3.9.3. Pengujian densitas

1. Mempersiapkan Gelas ukur dan neraca digital.
2. Menimbang gelas ukur pada kondisi kosong dan setelah itu dikalibrasi.
3. Menuang sampel minyak hasil pirolisis ke dalam gelas ukur.
4. Menempatkan gelas ukur ke dalam neraca digital.
5. Mencatat hasil pengujian densitas yang telah dilakukan.
6. Membersihkan, merapikan, dan mengembalikan neraca pegas serta gelas ukur setelah pengujian.

3.9.4. Pengujian *Flash Point*

1. Mempersiapkan alat uji *flash point*.
2. Menakar minyak pirolisis sebanyak 10 ml.
3. Menempatkan minyak pada cawan, dan panaskan sampel tersebut.
4. Menyalakan sumbu sebagai pemancing nyala api.
5. Mengamati pada suhu berapa sampel tersebut menyala.
6. Mencatat hasil pengujian *flash point*.
7. Membersihkan, merapikan, dan mengembalikan alat uji *flash point* setelah pengujian.