

## **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 LPPT Universitas Gajah Mada Yogyakarta.

#### **3.2 Bahan penelitian**

Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian antara lain :

##### **3.2.1 Plastik LDPE (*Low density polyethylene*)**

LDPE merupakan termoplastik merupakan jenis plastik yang dapat didaur ulang terbuat dari minyak bumi. LDPE mempunyai massa jenis antara 0,91-0,94 g/ml-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). Plastik LDPE sebelum dilakukan pengujian sampah plastik dipotong-potong menjadi bentuk kecil-kecil menjadi dimensi lebih kurang 5x5 cm.



Gambar 3.1. Plastik LDPE ukuran 5x5 cm

### 3.2.2 *Liquefied Petroleum Gas (LPG)*

LPG digunakan sebagai bahan bakar untuk membakar sampah plastik saat pengujian dilakukan. Saat pengujian berlangsung menggunakan gas LPG dengan 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 berguna untuk melepaskan udara panas yang ada dikondensor. Dengan melepaskan udara panas dari kondensor maka asap dari proses pembakaran akan berubah menjadi cair melalui proses pengembunan.

### 3.2.4 *Alumunium foil*

Alumunium foil dengan tebal 8 mm berfungsi sebagai media isolasi yang ada direaktor dan kondensor. Dengan adanya isolasi maka suhu yang ada direaktor akan tetap terjaga dan tidak terpengaruh oleh suhu dari luar. Alumunium foil dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Alumunium foil

### 3.2.5 *Glass wool*

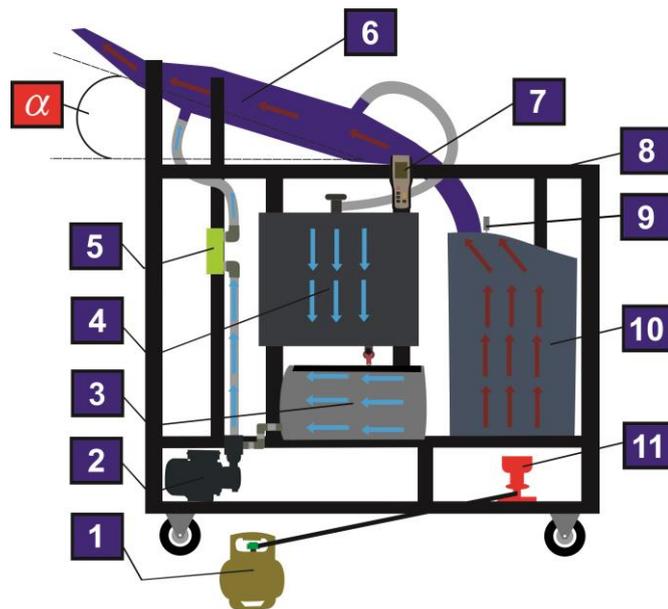
*Glass wool* digunakan sebagai bahan pelapis alumunium foil untuk mengisolasi yang ada direaktor dan kondensor.



Gambar 3.4. *Glass wool*

### 3.3 **Alat penelitian**

Dalam penelitian ini alat yang digunakan 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  $0^{\circ}$ ,  $15^{\circ}$  dan  $30^{\circ}$ , sehingga dapat diketahui pengaruhnya pada proses pirolisis plastik LDPE dengan debit air pendingin 12 LPM. Gambar dan skema alat pirolisis dapat dilihat pada Gambar 3.5. dan 3.6. berikut :



Gambar 3.5. Sketsa pirolisis

Keterangan gambar :

1. Gas LPG
2. Pompa air
3. Penampung air
4. Radiator
5. *Flow meter*
6. Kondensor
7. *Thermometer*
8. Kerangka
9. Regulator
10. Reaktor
11. Kompor

Simbol  $\alpha$  adalah sudut kemiringan kondensor yang terdiri dari 3 variasi sudut yaitu sudut  $0^\circ$ ,  $15^\circ$  dan  $30^\circ$  yang bisa diatur sesuai dengan kebutuhan penelitian.



Gambar 3.6. Alat pirolisis

### 3.3.1 Bagian-bagian alat pirolisis

Alat pirolisis yang digunakan terdiri dari berbagai alat yang digabungkan, antara lain:

### 3.3.2 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 dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7. Pompa Air

### 3.3.3 Kompor

Kompor digunakan untuk memanaskan tabung reaktor yang berisi plastik yang akan dipirolisis. Kompor yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8. Kompor Gas

### 3.3.4 Gelas ukur

Gelas ukur digunakan untuk menampung hasil minyak pirolisis dan mengukur volume minyak hasil pirolisis. Gelas ukur yang digunakan adalah yang berukuran 1000 ml.



Gambar 3.9. Gelas Ukur

### 3.3.5 Timbangan

Timbangan untuk mengukur berat bahan baku yaitu plastik, massa hasil percobaan, dan abu sisa pembakaran setelah percobaan. Timbangan yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.10. dan 3.11.



Gambar 3.10. Timbangan Digital Gantung



Gambar 3.11. Timbangan Digital Duduk

### 3.3.6 *Stopwatch*

*Stopwatch* digunakan untuk mengukur lamanya waktu yang diperlukan untuk melakukan percobaan.

### 3.3.7 *Thermometer*

*Thermometer* digunakan untuk mengukur suhu yang ada pada kondensor dan tabung reaktor. Suhu yang diukur ada 8 titik yaitu : lubang masuk air pendingin, lubang keluar air pendingin, lubang masuk asap dari reaktor, tutup reaktor, sisi tinggi reaktor, sisi rendah rendah, lubang masuk asap kondensor, dan lubang keluar asap dari kondensor. *Thermometer* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12. *Thermometer*

### 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 / 12 LPM dapat dilihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13. *Flow meter*

### 3.3.9 *Radiator*

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



Gambar 3.14. Radiator

### 3.3.10 Tabung Air Pendingin

Tabung air pendingin digunakan untuk menampung air pendingin yang digunakan dalam sistem pendinginan atau kondensasi. Tabung air digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.15.



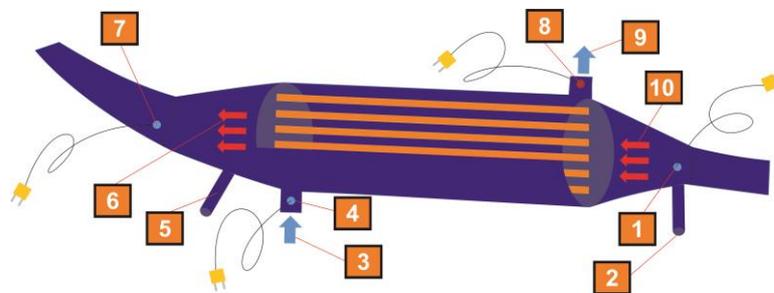
Gambar 3.15. Tabung air pendingin

### 3.3.11 Kondensor

Kondensor digunakan untuk mengkondensasi asap menjadi minyak. Asap mengalir di pipa-pipa tembaga di dalam kondensor, kemudian air yang mengalir di sekitarnya akan mendinginkan pipa tembaga sekaligus asap yang mengalir di dalamnya sehingga terkondensasi menjadi minyak. Kondensor yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.16.



Gambar 3.16. Kondensor



Gambar 3.17. Sketsa Kondensor

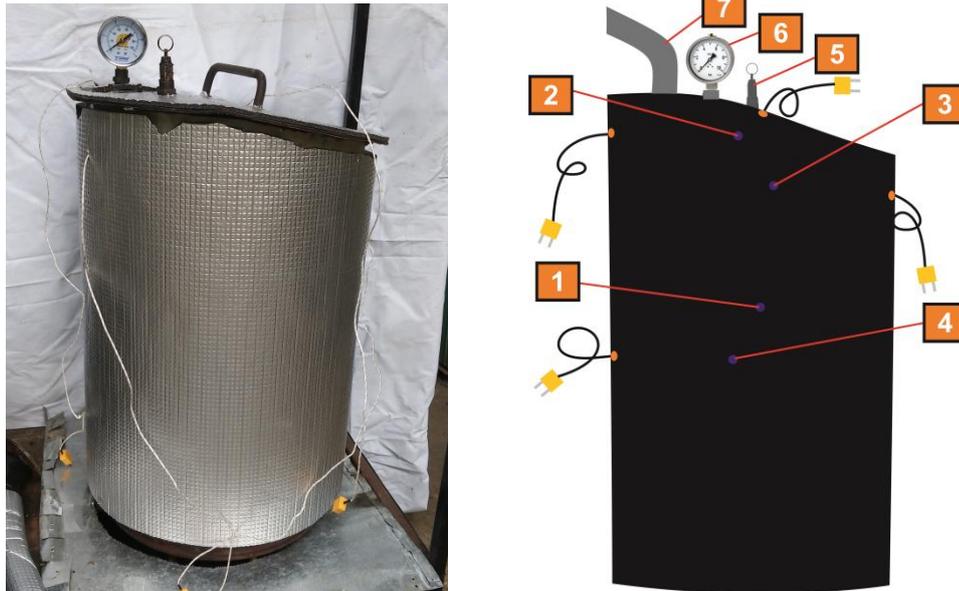
Keterangan gambar :

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

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

### 3.3.12 Reaktor

Reaktor berfungsi untuk menampung bahan yang akan dibakar pada proses dipirolisis. Reaktor ini dapat menampung plastik hingga 3 kg dalam satu kali percobaan.



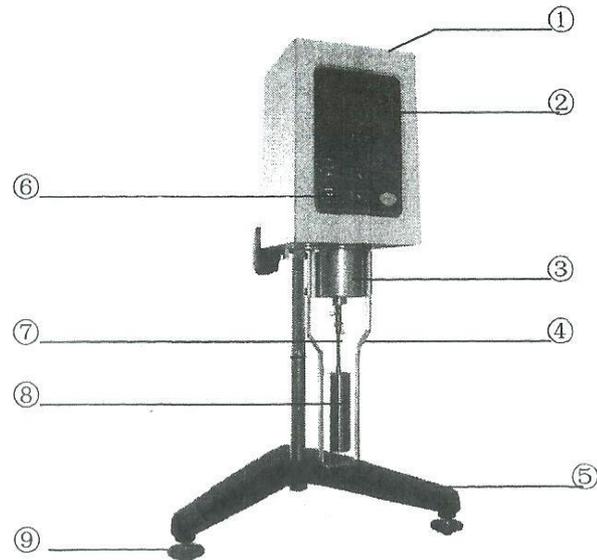
Gambar 3.18. reaktor

Keterangan :

1. T5
2. T6
3. T7
4. T6
5. *Safety Valve*
6. Regulator
7. Lubang keluar asap

### 3.3.13 *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*.

### 3.3.14 *Calorimeter*

Kalorimeter merupakan alat untuk menentukan nilai kalor dari sampel cair dan padat. Kalorimeter yang dipakai adalah IKA C2000 Basic dengan panjang 450 mm, lebar 440 mm, tinggi 500 mm, berat 35 kg. Metode kerja isoperibol waktu pengukuran diperkirakan 22 menit (dinamis) desain modular yang kompak dan pengoperasian yang mudah.



Gambar 3.20. *Calorimeter*

### 3.3.15 *Flash Point tester*

*Flash point* merupakan pengujian untuk mengetahui berapa titik nyala suatu zat. *Flash point tester* dapat dilihat pada Gambar 3.21.



Gambar 3.21. *Flash point tester*

### 3.3.16 **Timbangan Digital dan Gelas Ukur**

Densitas / massa jenis adalah ukuran massa setiap volume benda. Semakin tinggi densitas nya 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 3.22.



Gambar 3.22. Timbangan dan gelas ukur

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

### 3.3.17 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.

### 3.3.18 Gunting

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

## 3.4 Parameter Penelitian

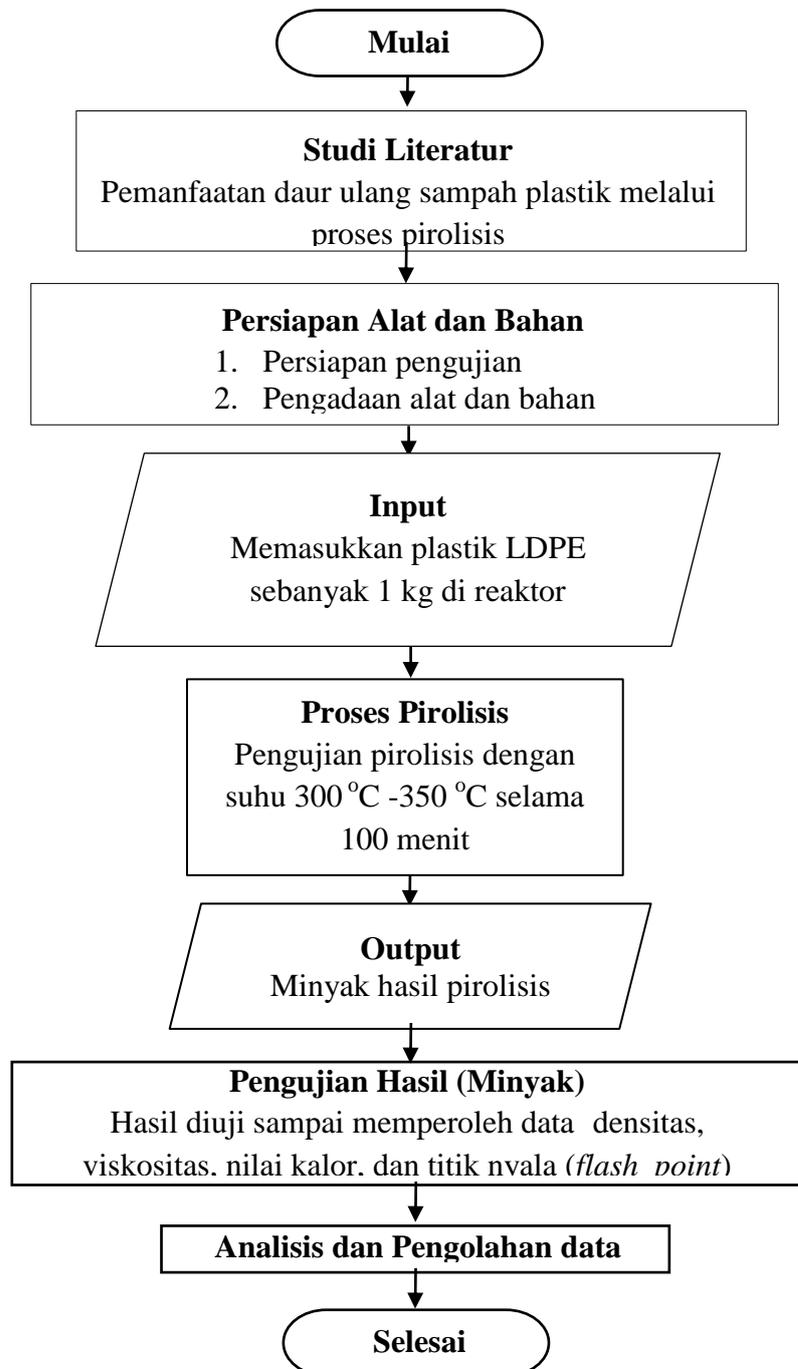
1. Efektivitas variasi sudut yang digunakan dalam percobaan dari hasil minyak yang dihasilkan.
2. Efektivitas variasi sudut yang digunakan terhadap perpindahan panas dalam percobaan
3. Efektivitas variasi sudut terhadap sisa abu dari hasil percobaan

### 3.5 Teknik Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan dengan metode observasi efisiensi kerja kondensor dengan melihat hasil minyak pirolisis sampah plastik yang dihasilkan dan melihat efektivitas proses perpindahan panas yang terjadi di dalam kondensor. Proses penelitian dimulai dengan pembakaran plastik yang terjadi 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 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 pada 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 3.23.



Gambar 3.23. Diagram alir pengujian

### **3.6.1 Persiapan Sebelum Percobaan**

1. Dalam suatu penelitian 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 menjadi kerajinan dan sebagian besar dibakar begitu saja, maka dapat disimpulkan bahwa sampah plastik belum terdaur ulang dengan baik. Selain dari faktor plastik, penelitian ini juga menemukan bahwa proses pirolisis plastik bisa didaur ulang menjadi minyak yang bisa dimanfaatkan lagi menjadi bahan bakar alternatif. Alat pirolisis yang ada masih menemui hambatan-hambatan sehingga tidak efisien dalam mengolah sampah plastik.
2. Sebelum alat pirolisis dibuat, yang pertama dilakukan adalah membuat desain yang cocok untuk alat yang nantinya dibuat dan dilakukan percobaan. Dibuat juga analisa awal tentang bagaimana alat tersebut agar nantinya lebih maksimal.
3. Mempersiapkan alat-alat yang digunakan dalam proses pirolisis plastik. Merangkai seluruh perlengkapan alat pirolisis yang terdiri dari reaktor dan kelengkapannya, pipa penghantar, kondensor dan kelengkapannya, penampung minyak hasil pirolisis dan saluran air pendingin beserta kelengkapannya pada kerangka besi yang sudah disiapkan.
4. Mempersiapkan bahan, yaitu plastik LDPE berwarna hitam.
5. Membersihkan limbah plastik LDPE dari kontaminan lain menggunakan air.
6. Mengeringkan limbah plastik LDPE, dan pastikan plastik kering dan tidak meninggalkan air maupun kotoran lainnya.
7. Pemotongan sampah plastik kresek LDPE menjadi dimensi 5x5 cm.
8. Menimbang sampah plastik LDPE seberat 1 kg.

### **3.6.2 Proses Pirolisis Plastik**

1. Memasukkan plastik ke dalam reaktor dan mengatur kemiringan kondensor dengan sudut  $0^\circ$ .
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 12 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. Mengulangi alur percobaan dengan mengganti kemiringan sudut condenser menjadi  $15^\circ$  dan percobaan selanjutnya menggunakan sudut  $30^\circ$ .

### **3.6.3 Pengujian Hasil Minyak Proses Pirolisis**

1. Setelah proses selesai mengambil minyak plastik yang berhasil 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-T8 sebagai suhu di dalam 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	Q (Watt)	Minyak /10 menit (ml)	Konsumsi gas/10 menit (Kg)
	T1	T2	T3	T4				
0								
10								
20								
30								
40								
50								
60								
70								
80								
90								
100								
Jumlah								

### 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, 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 Hasil 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 oli 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. Persiapan alat-alat penelitian meliputi : *calorimeter bom*, 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 bom*.
5. Data yang diperoleh setelah sekitar 10 menit dari pengujian ini disebut dengan *gross heat*.
6. Membersihkan *calorimeter bom* 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 50 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.