

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

3.1.1 Waktu Penelitian

Penelitian pirolisis dilakukan pada bulan Agustus 2017.

3.1.2 Tempat Penelitian

Pengujian pirolisis, viskositas, densitas, nilai kalor, dan *flash point* minyak hasil pirolisis busa poliuretan dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

3.2 Bahan penelitian

Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian antara lain :

3.2.1 Busa poliuretan (*Polyurethane foam*)

Busa poliuretan merupakan hasil poliadisi antara campuran polyol dan polyisocyanate yang dapat diperoleh dari minyak bumi. Busa poliuretan sebelum dilakukan pengujian busa poliuretan dipotong-potong menjadi bentuk kecil-kecil menjadi dimensi lebih kurang 10x10 cm.



Gambar 3.1. Busa poliuretan ukuran 10x10 cm

3.2.2 *Liquefied Petroleum Gas (LPG)*

LPG digunakan sebagai bahan bakar untuk membakar busa poliuretan 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.



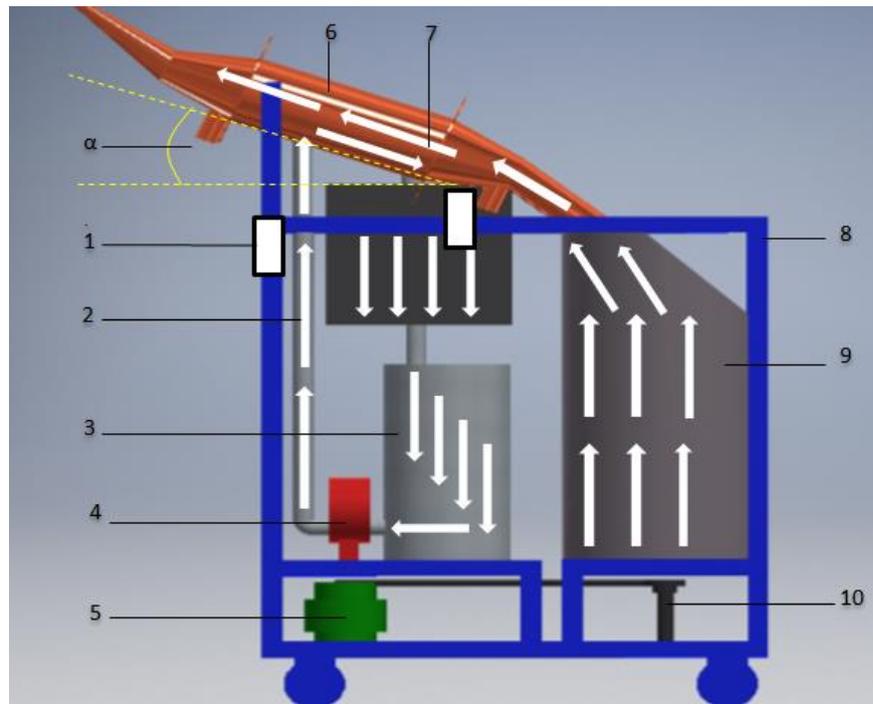
Gambar 3.2. Tabung LPG 3 kg

3.2.3 *Air pendingin*

Air pendingin digunakan untuk mendinginkan asap pirolisis pada proses pengujian busa poliuretan. Melalui proses pengembunan dengan didinginkan air pendingin maka asap dari busa poliuretan akan berubah menjadi cair.

3.3 *Alat penelitian*

Alat 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 busa poliuretan 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 :

α . Sudut Kemiringan kondensor

1. Flowmeter
2. Radiator
3. Penampung air
4. Pompa air
5. Gas LPG
6. Kondensor
7. Thermometer
8. Kerangka
9. Reaktor
10. Kompor

Simbol α adalah sudut kemiringan kondensor yang terdiri dari 3 variasi sudut yaitu sudut 0° , 15° dan 30° yang bisa diatur sesuai dengan kebutuhan penelitian.



Gambar 3.4 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. Spesifikasi pompa dapat dilihat pada tabel 3.1 dan pompa air dapat dilihat pada Gambar 3.5.

Tabel 3.1 Spesifikasi pompa

Spesifikasi Pompa	
Model	Shimizu PS-128 BIT
Tegangan	1x220 V
N	2900 Rpm
Pipa hisap dan Pipa Dorong	25 mm (1")
Hs	Maks. 9 meter
Temperatur air	40°C
Q	10-18 LPM



Gambar 3.5. Pompa Air

3.3.3 Kompur

Kompur digunakan untuk memanaskan tabung reaktor yang berisi busa poliuretan yang akan dipirolisis. Spesifikasi kompur dapat dilihat pada tabel 3.2 dan Kompur yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.6.

Tabel 3.2 Spesifikasi Kompur

Spesifikasi Kompur	
Tungku	1 Lingkaran api
Model	Bulat
Bahan Tungku	Besi Cor/ Babet
Pematik	Non Otomatis
Tekanan	Tinggi
Tekanan	3 dan 12 kg
Made in	Indonesia



Gambar 3.6. Kompur Gas

3.3.4 Gelas ukur

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



Gambar 3.7. Gelas Ukur

3.3.5 Timbangan

Timbangan untuk mengukur berat bahan baku yaitu busa poliuretan, massa hasil percobaan, dan abu sisa pembakaran setelah percobaan. Timbangan gantung memiliki kapasitas maksimal 50 kg dengan tingkat ketelitian 1 gr, sedangkan timbangan duduk memiliki kapasitas maksimal 5 kg dengan tingkat ketelitian 1 gr. Timbangan yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.8 dan 3.9.



Gambar 3.8. Timbangan Digital Gantung



Gambar 3.9 Timbangan Digital Duduk

3.3.6 Stopwatch

Stopwatch menggunakan aplikasi pada smart phone oppo A37 untuk mengukur lama waktu yang diperlukan untuk melakukan percobaan.

3.3.7 Thermocouple reader

Thermocouple reader digunakan untuk membaca suhu dari thermocouple yang ada pada kondensor dan reactor. Suhu yang diukur ada 5 titik yaitu : lubang masuk air pendingin, lubang keluar air pendingin, lubang masuk asap dari reaktor, lubang keluar asap dari kondensor dan bagian dalam reaktor. *Thermocouple reader* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.10.

Tabel 3.3 Spesifikasi *Thermocouple reader*

Spesifikasi <i>Thermocouple reader</i>	
Model <i>Thermoreader</i>	HT-9815
Satuan	°C/°F/°K
Range temperatur	-200°C~1372°C (-328°F~2501°F)

Gambar 3.10. *Thermocouple reader*

Spesifikasi <i>Thermocouple reader</i>	
Resolusi suhu tipe –K	<1000°C:0,1°C/°F/°K >1000°C:1°C/°F/°K
Ukuran	200x85x38mm & Berat : 230 g

3.3.8 *Flow meter*

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



Gambar3.11.. *Flow meter*

3.3.9 Radiator

Radiator yang digunakan yaitu radiator Toyota Rush tahun 2008, berfungsi untuk mendinginkan air setelah digunakan di kondensor. Untuk radiator yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12. Radiator

3.3.10 Tabung Air Pendingin

Tabung air pendingin yang berdiameter 35 cm dan panjang 50 cm digunakan untuk menampung air pendingin yang digunakan dalam sistem pendinginan atau kondensasi. Tabung air yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.13



Gambar 3. 13. Tabung air pendingin

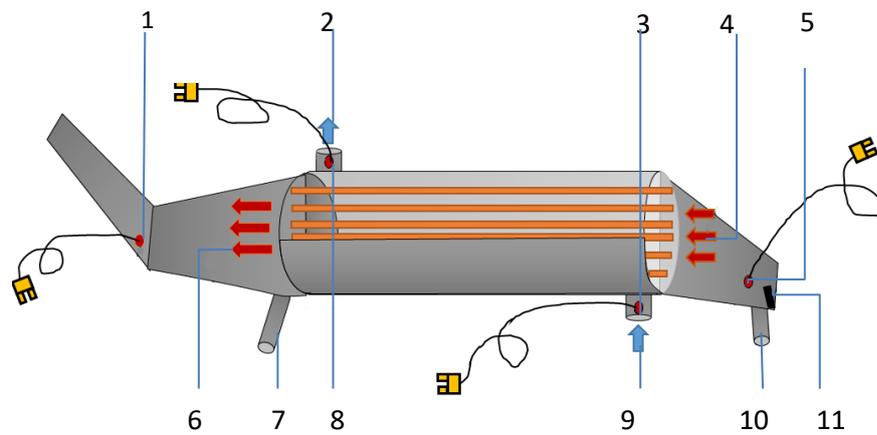
3.3.11 Kondensor

Kondensor digunakan untuk mengkondensasi asap menjadi minyak dengan ukuran diameter 26 cm dan panjang 50 cm. Asap mengalir di pipa-pipa tembaga dengan ukuran diameter 9 mm atau 0,35” di dalam kondensor, kemudian air yang mengalir disekitarnya akan mendinginkan pipa tembaga sekaligus asap

yang mengalir didalamnya sehingga terkondensasi menjadi minyak. Kondensator yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14. Kondensator



Gambar 3.15 Skema kondensator

Keterangan Gambar :

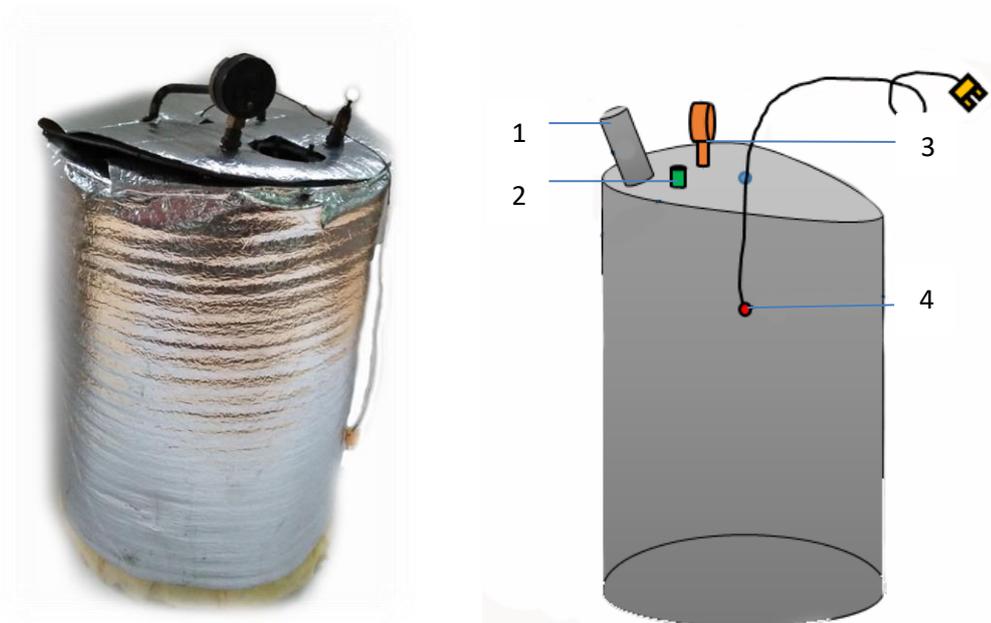
1. T4
2. Lubang keluar air
3. T2
4. T2
5. T1
6. Aliran asap keluar

7. Lubang keluar minyak
8. T3
9. Lubang masuk air
10. Lubang keluar minyak
11. Pembatas output 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.

3.3.12 Reaktor

Reaktor berfungsi untuk menampung bahan yang akan di pirolisis. Reaktor berdiameter 46 cm dan tinggi 60 cm..



Gambar 3.16 reaktor

Keterangan :

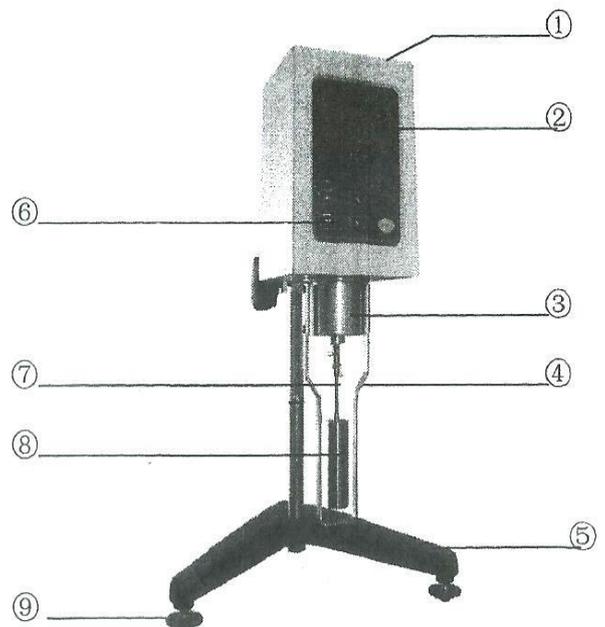
1. Lubang keluar
2. Safety valve
3. Pressure gauge
4. Lubang keluar asap

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 3.17.

Tabel 3.4 Spesifikasi *Viscometer* NDJ8S

Spesifikasi <i>Viscometer</i>	
Model	NDJ-8S Digital Retary Viscometer
Rentangan pengukuran	1~2x10 ⁶ mPa.s
Jenis Rotor	1#,2#,3# dan 4# rotor.
Kecepatan rotor	0,3;0,6;1,5;3;6;12;30;60 rpm;otomatis
Kesalahan pengukuran	± 5% Newton
Sumber tenaga	220V ± 10% ± 50z ± 10%
Suhu ambient	5°C~35°C
Kelembaban relatif	≤80%



Gambar 3.17. 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 yang digunakan untuk mengukur berapa kalori yang dihasilkan suatu cairan per gram. *Calorimeter* yang dipakai adalah *Parr 6050 Calorimeter* dengan panjang 27 cm, lebar 45 cm dan tinggi 42 cm. *Calorimeter* ini mempunyai presisi 2% dan dapat melakukan 4-6 uji kalori per jam. *Calorimeter* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.18.



Gambar 3.18 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 3.19.

Tabel 3.5 Spesifikasi *Flash Point Tester*

Spesifikasi <i>Flash Point Tester</i>	
Power Supply	AC(220±10%)V
Temperatur maxs	~300°C
Heating Rate	(1~1,6)°C/min

Gambar 3.19 *Flash point tester*

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.

Tabel 3.6 Spesifikasi Timbangan Digital

Spesifikasi Timbangan digital	
Model	FUJITSU 2000g [FSR-B]
Capacity	2000 g
Ketelitian	0,01 g



Gambar 3.20 Timbangan Digital

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 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 busa poliuretan 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.

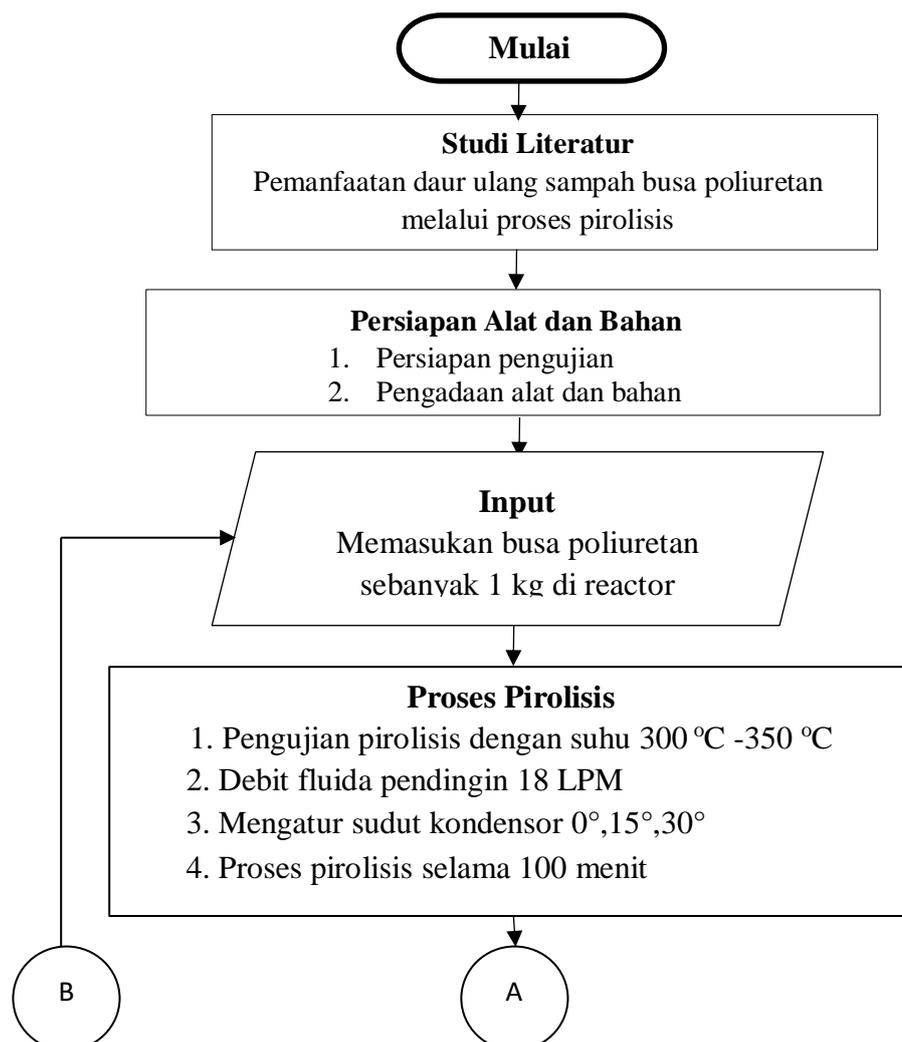
3.5 Teknik Pengumpulan Data

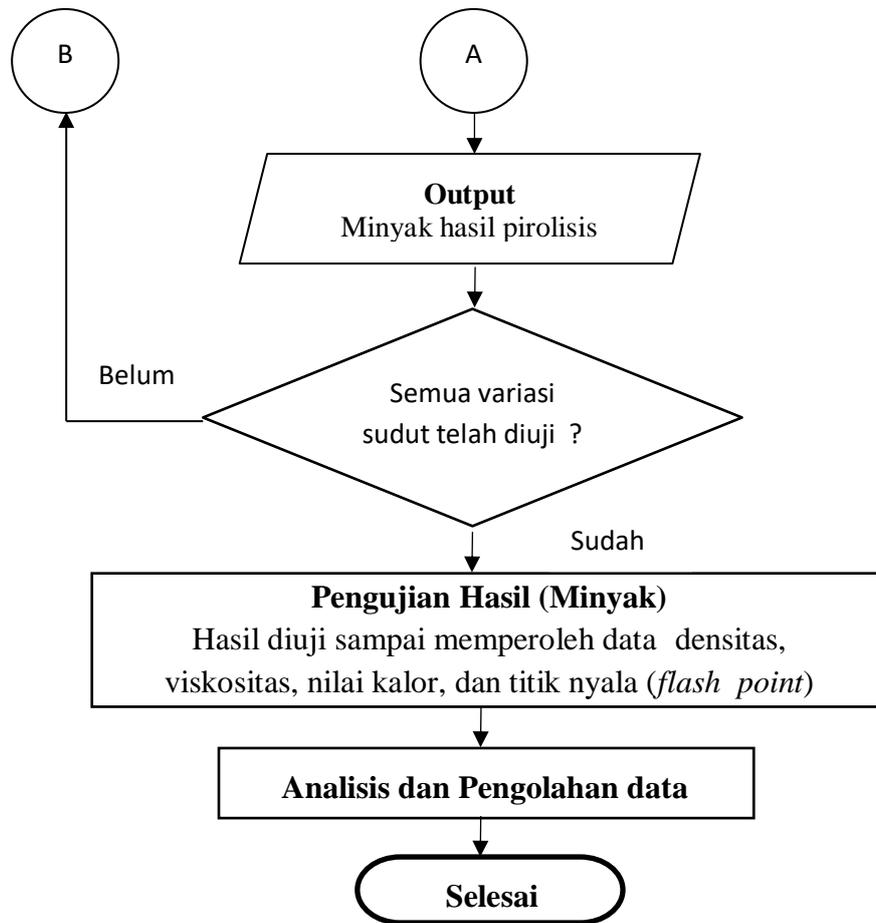
Metode pengumpulan data yang dilakukan dengan metode observasi efisiensi kerja kondensor dengan melihat hasil minyak pirolisis sampah busa poliuretan yang dihasilkan dan melihat efektivitas proses perpindahan panas yang terjadi di dalam kondensor. Proses penelitian dimulai dengan pembakaran busa poliuretan yang terjadi di dalam tabung reaktor. Tabung reaktor diberi busa poliuretan (*polyurethane foam*) 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 busa poliuretan akan diembunkan di dalam kondensor dengan arah aliran air searah dengan aliran uap (*parallel flow*). Kemudian minyak busa poliuretan hasil pengembunan kondensor akan ditampung dan dibandingkan setiap 10 menit.

Perbandingan hasil minyak poliuretan dengan massa sampah busa poliuretan 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 3.21 berikut:





Gambar 3.21. Diagram alir pengujian

3.6.1 Persiapan Sebelum Percobaan

Berikut ini adalah langkah-langkah persiapan yang dilakukan sebelum pengujian proses pirolisis limbah busa poliuretan sebagai berikut :

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 busa poliuretan 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 busa poliuretan, penelitian ini juga menemukan bahwa proses pirolisis busa poliuretan 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 busa poliuretan

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 busa poliuretan. 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 busa poliuretan sebanyak 3 kg.
5. Pemotongan limbah busa poliuretan menjadi dimensi 10x10 cm.
6. Menimbang sampah busa poliuretan seberat 1 kg.

3.6.2 Proses Pirolisis Busa Poliuretan

Berikut ini adalah langkah-langkah dalam pengujian proses pirolisis limbah busa poliuretan sebagai berikut :

1. Masukkan busa poliuretan ke dalam reactor dan mengatur kemiringan kondensor dengan sudut 0° , 15° , 30° .
2. Menyalakan kompor untuk membakar busa poliuretan di reactor..
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 reactor setiap 10 menit.

9. Mengamati dan mencatat banyaknya minyak busa poliuretan yang dihasilkan setiap 10 menit.
10. Mengulangi alur percobaan dengan mengganti kemiringan sudut condenser menjadi 15° dan percobaan selanjutnya menggunakan sudut 30° .

3.6.3 Pengujian Hasil Minyak Proses Pirolisis

1. Setelah proses selesai ambil minyak busa poliuretan 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 titik nyala (*flash point*), densitas, nilai kalor, dan viskositas.
5. Mengumpulkan abu / *wax* sisa pembakaran kemudian mengukur massanya.

3.6.4 Pelaksanaan Setelah Percobaan

1. Mengolah data dan menganalisa.
2. Setelah semua sampel minyak pirolisis dan semua data serta analisa berhasil didapatkan maka akan dilakukan perhitungan perbandingan minyak busa poliuretan yang dihasilkan dengan bahan sampah busa poliuretan 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, T3 sebagai pengukur suhu asap keluar dari dalam kondensor, TR sebagai suhu didalam reaktor serta data hasil minyak dan abu / *wax* yang diperoleh. Pendataan ini didata menurut waktu per 10 menit sampai 100 menit. Lembar data yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.7 Lembar pengambilan data suhu dan hasil minyak busa poliuretan

Debit ... LPM, sudut ..., berat gas ...								
Waktu (menit)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)	Q (°Watt)	Minyak Per 10 menit (ml)	Akumulasi minyak (%)
0								
10								
20								
30								
40								
50								
60								
70								
80								
90								
100								

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 reactor, volume minyak busa poliuretan 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 minyak pirolisis 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 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. Memprsiapkan 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.