

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **1.1 Bahan Penelitian**

##### 1. Cangkang kelapa sawit

Pada penelitian ini cangkang kelapa sawit melalui proses pengeringan dengan matahari selama 3-4 jam. Cangkang masih tercampur dengan biji sehingga perlu disortir kembali. Cangkang kelapa sawit dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Cangkang kelapa sawit

##### 2. Plastik

Plastik yang digunakan yaitu kantong plastik hitam termasuk dalam kategori plastik LDPE. Kantong plastik digunting dengan ukuran 4 - 6 cm, dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Plastik

### 3. Katalis CaO

Katalis CaO dapat ditemukan pada toko kimia yaitu toko Bratachem yang berada dikota Yogyakarta, dan murah. Katalis yang digunakan pada pengujian saat ini adalah 75% dari berat total campuran bahan cangkang kelapa sawit dan kantong plastik. Katalis CaO dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Katalis CaO

### 4. Katalis Zeolit

Katalis Zeolit dapat ditemukan pada toko kimia yaitu toko Bratachem yang berada dikota Yogyakarta, dengan murah. Jenis zeolit yang digunakan pada proses pirolisis ini adalah zeolit alam. Katalis yang digunakan pada pengujian saat ini adalah 75% dari berat total campuran bahan cangkang kelapa sawit dan kantong plastik. Katalis Zeolit dapat dilihat pada Gambar 3.4.

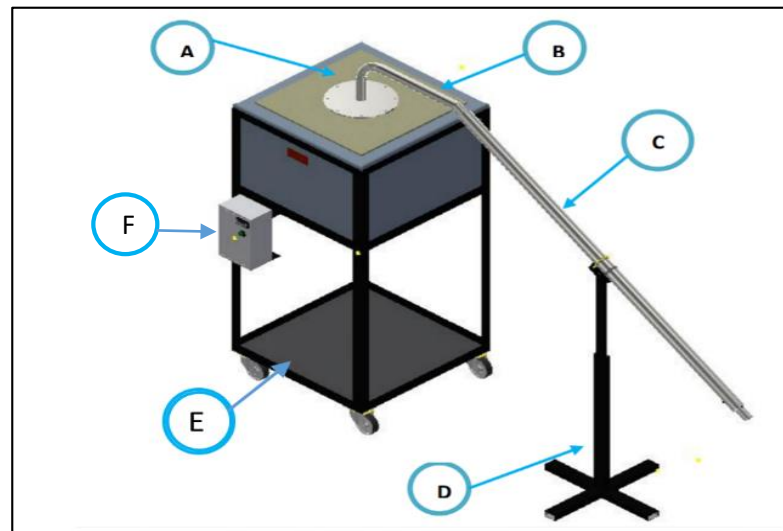


Gambar 3.4 Katalis Zeolit

## 3.2 Alat Penelitian

### 3.2.1 Alat Utama

Desain alat utama pirolisis meliputi beberapa proses, yaitu kontorles, pemanasa, penampungan atau wadah, kondensor dan lain-lainya. Desain alat pirolisis terlampir dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Alat Utama Pirolisi

Keterangan Gambar 3.5 alat pirolisis yaitu :

- A. Tungku.
- B. Reaktor.
- C. Pendingin *Water jacket*.
- D. Kerangka Penyangga reaktor.
- E. Kerangka tungku.
- F. *Control Panel*.

Alat utama pirolisis merupakan alat dimana proses pirolisis untuk mendapatkan *Pyrolytic-Oil* dari bahan cangkang kelapa sawit, plastik dan katalis, berikut komponen pada alat utama pirolisis.

1. Tungku

Tungku adalah bagian pemanasan dari proses pirolisis yang mana tersusun dari batu tahan api, semen, dan *glasswall*. Tungku berfungsi sebagai tempat pemanasan reaktor.

2. Reaktor

Reaktor digunakan dengan tipe fixed bed untuk mewardahi semua bahan cangkang kelapa sawit, plastik, dan katalis. Reaktor tipe fixed bed ini memiliki ukuran 20 x 20 cm.

3. Pipa pengalir gas, minyak dan *water jacket*.

Pipa pengalir gas dan minyak digunakan sebagai pengalir *bio-oil*, asap dan proses kondensasi pirolisis.

4. Kerangka Penyangga Reaktor

Kerangka penyangga reaktor adalah bagian penompang pipa pengalir gas dan waterjacket. Kerangka ini berperan agar waterjacket tetap membentuk sudut 120 derajat.

5. Kerangka Penyangga Tungku

Kerangka penyangga tungku merupakan bagian rangka penompang tungku pembakaran dan reaktor. Kerangka ini mengelilingi bagian tungku dan mempermudah dalam memindahkan tungku

6. Heater

Heater digunakan sebagai alat pemanas utama pada tungku. Heater yang digunakan 2 tipe yaitu radial dan spiral. Heater radial digunakan sebagai pemanas bagian bawah dan heater spiral sebagai pemanas bagian sisi samping. Kedua jenis heater ini disambungkan dengan system perarel dimana input daya listrik sebesar 3000 watt.

7. *Control Panel*

Control Panel merupakan pusat input dan output listrik. Fungsi dari alat ini ialah pengontrol kelistrikan dalam proses pirolisis dimana input masuk lebih dari

3000 watt dan dialirkan ke berbagai komponen kelistrikan. Komponen pada control panel ini terdiri dari relay, thermocontroller, dan lampu indikator.

### 3.2.2 Alat Pendukung.

Alat pendukung merupakan alat pembantu dalam proses pirolisis. Alat ini berperan dalam pembacaan data maupun dalam pemotongan bahan dan lain-lain. Berikut alat pendukung pada proses pirolisis.

#### 1. *Thermocouple*

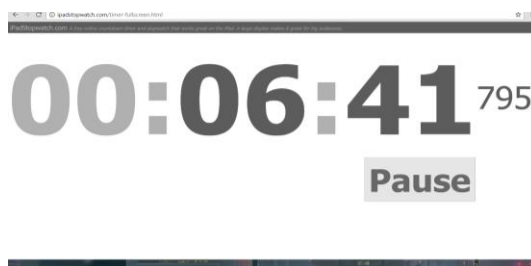
*Thermocouple* digunakan untuk membaca temperatur pada reaktor saat proses pirolisis. *Thermocouple* yang digunakan yaitu tipe K dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 *Thermocouple*.

#### 2. Stopwatch

Stopwatch digunakan untuk menghitung lamanya proses pirolisis. Stopwatch digunakan pada laptop yaitu stopwatch online, dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Stopwatch.

### 3. Timbangan digital

Timbangan digital digunakan untuk menimbang massa bio-oil. Menimbang komposisi cangkang kelapa sawit, plastik, katalis CaO dan zeolite. Timbangan digital dapat dilihat pada Gambar 3.8 dan berikut spesifikasi timbangan digital pada Tabel 3.1.



Gambar 3.8 Timbangan Digital

Tabel 3.1 Spesifikasi Timbangan digital

Spesifikasi	Keterangan
Batas Minimal	0,1 Gram
Batas Maksimal	7000 Gram
P x L x T	15 x 15 x 8 cm

### 4. Kunci ring 14 dan 12

Kunci ring 14 digunakan untuk membuka dan mengencangkan baut pada reaktor. Kunci 12 digunakan untuk membuka dan mengencangkan mur pada reaktor, berikut kunci ring 14 dan 12 dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Kunci Ring 14 dan 12.

#### 5. Gunting

Gunting digunakan untuk memotong kantong plastik agar menjadi lebih kecil dengan panjang gunting 15 cm, berikut dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Gunting

#### 6. Gelas ukur 250 ml

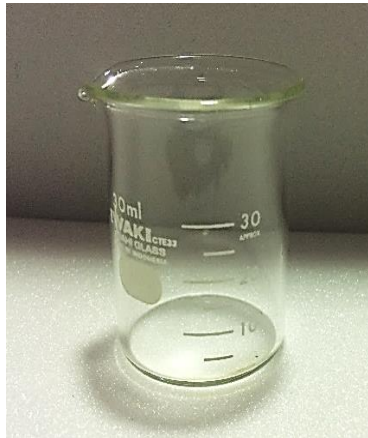
Gelas ukur 250 ml digunakan untuk mengukur *Pyrolytic-Oil* hasil pirolisis tanpa campuran paraffin, berikut dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.11 Gelas Ukur 250 ml.

7. Gelas ukur 30 ml

Gelas ukur 30 ml digunakan untuk menghitung densitas hasil pirolisis, pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Gelas Ukur 30 ml.

8. Selang

Selang air digunakan untuk menyalurkan air ke *waterjacket*. Panjang selang 3 meter dengan diameter 3/4 inci, pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 Selang.

9. Pompa aquarium

Pompa digunakan untuk memompa air dari ember ke *shell tube* dan *water jacket*, berikut pompa dapat dilihat pada Gambar 3.14.





Gambar 3.14 Pompa Air Aquarium

#### 10. Terminal listrik

Terminal listrik digunakan sebagai penyambung listrik dari sumber utama. Panjang terminal listrik 7 meter, dapat dilihat pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15 Terminal listrik

#### 11. Ember

Ember digunakan untuk menampung air yang nantinya akan dialiri ke *water jacket*. Kapasitas daya tamping ember yang digunakan sekitar 15 – 20 liter agar sirkulasi air tidak habis.

### 3.3.3 Alat Uji Bio-oil.

Alat uji *Pyrolytic-Oil* merupakan bagian dari analisis dan identifikasi hasil pirolisis yang mana meliputi, uji keasaman, viskositas, nilai kalor dan senyawa penyusun, berikut alat uji bio-oil.

#### 1. pH meter

pH meter digunakan untuk mengidentifikasi nilai keasaman bio-oil, pada Gambar 3.16 dan spesifikasi pH meter dapat dilihat pada Tabel 3.2.



Gambar 3.16 pH Meter

Tabel 3.2 Spesifikasi pH Meter

Spesifikasi	Keterangan
Dimensi P x L x T	150 x 29 x 15 (mm)
Suhu Operasional	0 s/d 50°C
Range Operasional pH	0,0 s/d 14
Resolusi Ketepatan	0,1

#### 2. *Bomb Calorimeter*

Bomb calorimeter merupakan alat untuk mengidentifikasi banyaknya energi panas yang mampu dilepaskan dalam satuan massa. *Bomb Calorimeter* yang digunakan adalah Model 6050 Compensated Jacket Calorimeter. Alat ini terdapat pada laboratorium teknik mesin Universitas Muhammadiyah

Yogyakarta, dapat dilihat pada Gambar 3.17 dan berikut spesifikasi dapat dilihat pada Tabel 3.3.



Gambar 3.17 *Bomb Calorimeter*.

Tabel 3.3 Spesifikasi Alat Uji Nilai Kalor (Parrinst, 2018)

Model 6050 Compensated Jacket Calorimeter Specifications		
Parameter	Nilai	Satuan
Temperatur Resolution	0,001	°C
Precision Class Instrument	0,2	%
Calorie Maximum Energi Release Per Test	10	-
Linearity across oprating range	0,05	%
Dimensions P × L × T	27 × 45 × 42	cm

Compensated Jacket Calorimetry

Removeble 1110 Oxygen Vessel and Bucket

4-6 tests per hour

USB Port for PC Interface

Operator time per test is approximately 6 minutes

### 3. *Viscometer*

*Viscometer* merupakan salah satu jenis alat uji kekentalan . Mesin uji viskositas denga series Brookfield Viscometer Digital DV-II + PRO. Viscometer ini

merupakan alat uji pada laboratorium teknologi pangan Universitas Gadjah Mada, alat uji viskositas dapat terlihat pada Gambar 3.18 dan berikut spesifikasi viscometer dapat dilihat pada Tabel 3.4 .



Gambar 3.18 *Viscometer*

Tabel 3.4 Spesifikasi Viscometer Brookfield Viscometer Digital DV-II + PRO

Brookfield Viscometer Digital DV-II + PRO		
Parameter	Nilai	Satuan
Akurasi	$\pm 1.0$	%
Repeatability	$\pm 0.2$	%
Daya Mesin	230	V
	50	hz
Display LCD		
Nilai viskositas (cP atau mPa.s)		
Temperatur ( $^{\circ}$ C atau $^{\circ}$ F)		
Kecepatan spindle (RPM)		
Tegangan rata-rata		
Tegangan geser		

#### 4. Alat GC-MS

Pada *Pyrolytic-Oil* untuk mengetahui senyawa yang terkandung maka dilakukan pengujian susunan senyawa menggunakan mesin GC-MS. Mesin GC-MS yang digunakan berjenis QP2010 SHIMADZU. Alat ini terdapat pada laboratorium MIPA Universitas Islam Indonesia, alat GC-MS dapat dilihat pada Gambar 3.19 dengan spesifikasi terlihat pada Tabel 3.5.



Gambar 3.19 QP2010 SHIMADZU

Alat uji GC-MS ini memiliki batasan senyawa yang dapat analisis yaitu senyawa C, H, O, dan S. Sistem analisis senyawa pada alat ini menggunakan system ionisasi, dimana *Pyrolytic-Oil* dipanasi sampai penguapan.

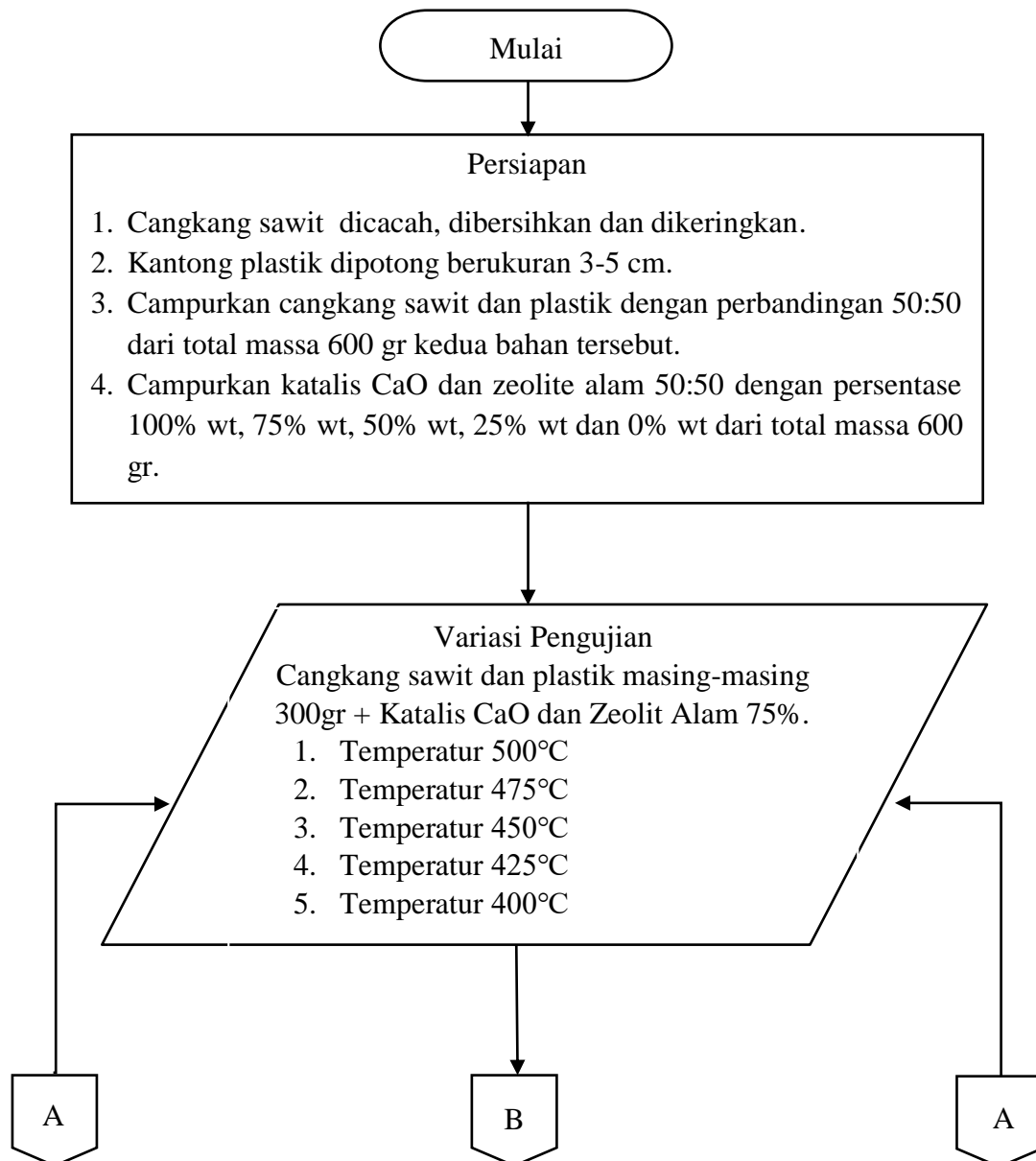
Tabel 3.5 Spesifikasi QP2010 SHIMADZU (Shimadzu, 2018)

GCMS-QP2010 SHIMADZU	
PARAMETER	NILAI
Kolom	AGILENT HP 5MS
Panjang	30 meter
ID	0,25 mm
Film	0,25 $\mu\text{m}$
Gas pembawa	Helium
Pengionan	EI
	70 Ev
	(GC-2010)
Temperatur oven kolom ( $^{\circ}\text{C}$ )	60

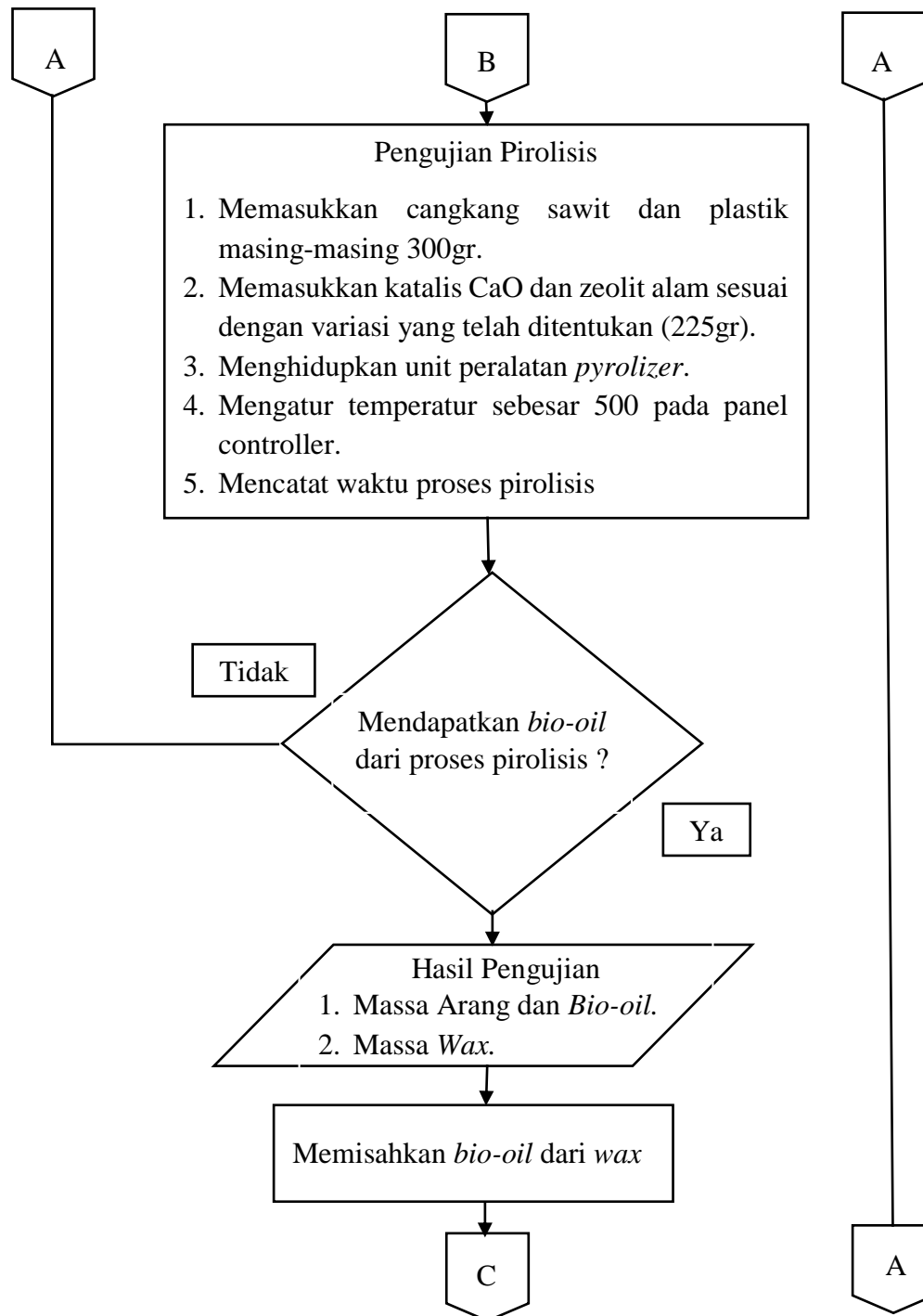
GCMS-QP2010 SHIMADZU	
PARAMETER	NILAI
Temperatur injeksi (°C)	310
Mode injeksi	Split
Mode kontrol aliran	Pressure
Pressure (kPa)	13
Total arus (mL/min)	20,3
Kolom arus (mL/min)	0,52
Kecepatan linear (cm/sec)	26,3
Aliran pembersih (mL/min)	3
Split rasio	32,3
(GC Program) (GCMS-QP2010)	
Ionsource temperatur (°C)	250
Interface temperatur (°C)	305
Waktu potong pelarut (min)	1,6
Mode detector gain	Relative
Detector gain (kV)	+
Threshold	0
(Tabel MS)	
Waktu mulai (min)	1,8
Waktu akhir (min)	90
Mode ACQ	Scan
Event time (sec)	0,5
Scan speed 1250	1250
Start m/z	28
End m/z	600
Unit sampel inlet	GC
(MS Program)	MS Program

### 3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian meliputi tahap persiapan bahan, proses pirolisis, pengujian *Pyrolytic-Oil* dan analisis hasil, berikut metode penelitian dapat dilihat pada gambar 3.20.

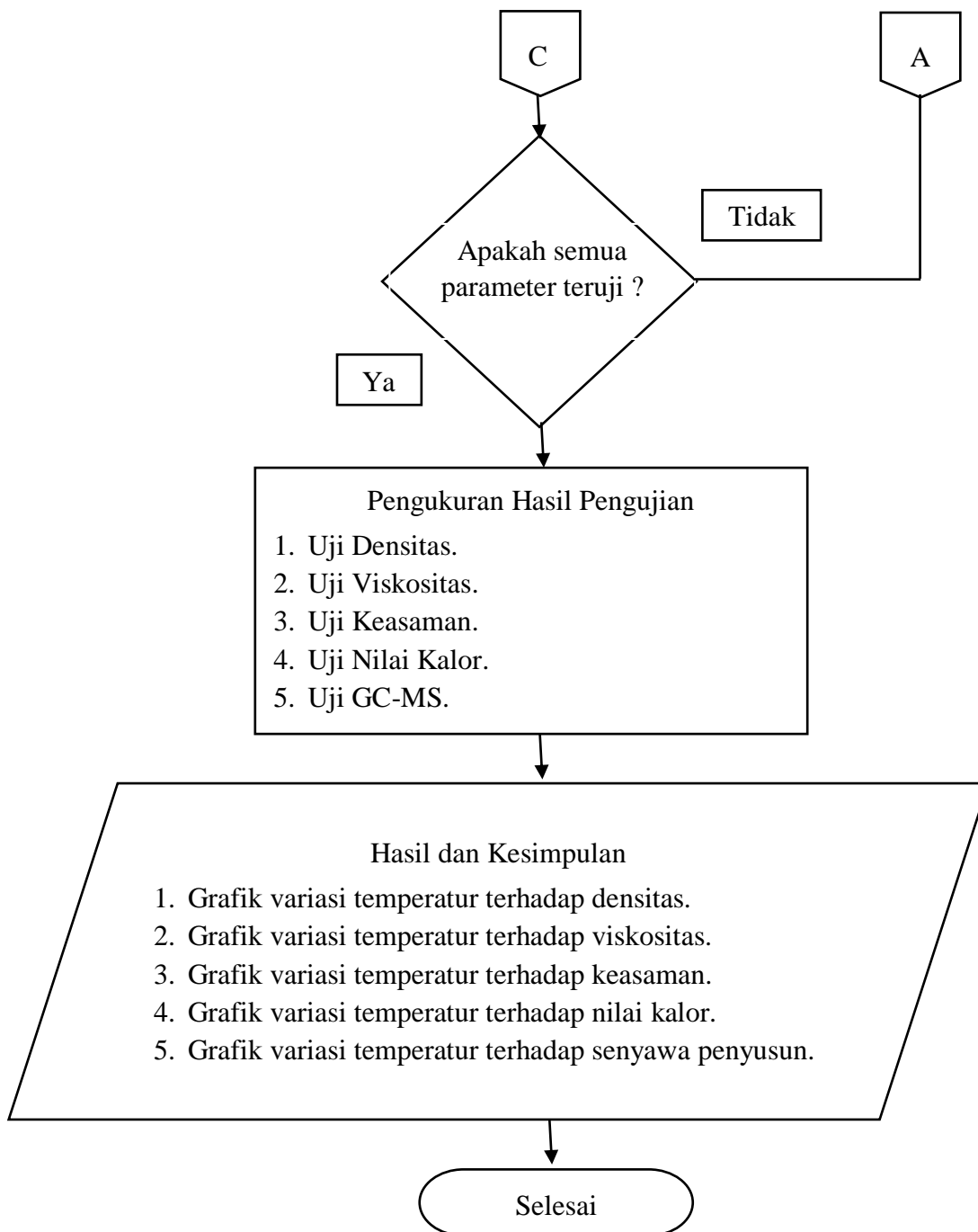


Gambar 3.20. Diagram alur penelitian



Gambar 3.20. Diagram alur penelitian (lanjutan)





Gambar 3.20. Diagram alur penelitian (lanjutan)

Diagram alur pada Gambar 3.20 dapat dijelaskan sebagai berikut :

Cangkang kelapa sawit dikeringkan dibawah sinar matahari selama 3-4 jam perhari dalam satu minggu dan plastik dipotong berukuran 4-7 cm. cangkang kelapa sawit ditimbang dengan skala 1:1 yaitu 300 gr : 300 gr selanjutnya penambahan katalis CaO dan zeolite sebanyak 75% dari total berat cangkang dan plastik yaitu 225 gr : 225 gr. Keempat bahan tersebut dimasukkan kedalam reaktor diaduk merata dan ditutup dan kunci dengan rapat.

Kemudian nyalakan heater untuk mengatur temperatur dengan variasi 400°C, 425°C, 450°C, 475°C dan 500°C. Tunggu sampai temperatur tungku sesuai setting maksimal suhu dan masukan reaktor kedalam tungku. Pasang selang pada bagian pompa air lalu sambungkan selang dengan bagian *waterjacket* ke dalam ember. Catat waktu pirolisis dengan jarak waktu 2 menit dan fenomena saat proses pirolisis. Pirolisi dihentikan ketika sudah mencapai suhu maksimal dan *Pyrolytic-Oil* tidak keluar. Lakukan pemisahan arang dan katalis kemudian ditimbang. Produk cair pirolisis melalui pengujian nilai kalor, keasaman, densitas, viskositas dan GC-MS.

### 3.4 Variasi Pengujian

Variasi Pada penelitian ini difokuskan variasi temperatur pada reaktor dengan cangkang kelapa sawit dan plastik dengan skala 1:1 dan katalis 75% dari massa bahan utama. Adapun variasinya dapat dilihat seperti pada tabel 3.6.

Tabel 3.6 Variasi Temperatur pengujian pirolisis

Pengujian	Temperatur	Cangkang	plastik	CaO	Zeolite
1	400	300	300	225	225
2	425	300	300	225	225
3	450	300	300	225	225
4	475	300	300	225	225
5	500	300	300	225	225

### 3.5 Proses Kerja

Proses-proses pengerjaan pada penelitian ini meliputi:

- a. Persiapan alat dan bahan yang digunakan.
- b. Melakukan pengecekan kondisi alat pirolisis baik heater maupun komponen lainnya.
- c. Mengambil air dan memasukkannya kedalam bak penampungan sebagai pendinginan selama proses pirolisis berlangsung yang disuplai dengan pompa listrik.
- d. Membersihkan reaktor dan pipa pengalir *Pyrolytic-Oil* guna menghindari kotoran yang ada didalamnya.
- e. Memasukkan bahan baku dan katalis kedalam reaktor sesuai dengan variasi yang telah ditentukan.
- f. Memasang gasket dan baut pada flens reaktor.
- g. Memasukkan reaktor kedalam tungku pemanasan yang didalamnya sudah terpasang pemanas elektrik (*heater*).
- h. Memasang wadah penampungan *Pyrolytic-Oil* pada ujung pipa *stainless steel*.
- i. Mengatur temperatur sebesar 500°C pada panel kontroler dan kemudian menyalakan alat pirolisis tersebut.
- j. Mencatat waktu setiap dua menit sekali menggunakan *stopwatch* selama proses pirolisis berlangsung.
- k. Menunggu proses pirolisis sampai selesai yang ditandai dengan temperatur mencapai 500°C dan biomassa didalam reaktor sampai menjadi arang.
- l. Menuangkan *Pyrolytic-Oil* dari wadah kedalam gelas ukur serta mencatat jumlah *Pyrolytic-Oil* yang dihasilkan.
- m. Mematikan alat dan membongkar reaktor setelah proses selesai.
- n. Menimbang arang dengan neraca digital.
- o. Merapihkan dan membersihkan alat.
- p. Selesai.

### 3.6 Metode Pengambilan Data

#### 1. Mengukur Kuantitas serta Uji Densitas

Mengukur kuantitas *Pyrolytic-Oil* untuk mengetahui jumlah yang dihasilkan pada setiap pengujian serta uji densitas guna mengetahui massa jenis dari *Pyrolytic-Oil* hasil pirolisis yang diperoleh dengan menggunakan persamaan 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 dan 3.5.

$$\text{Densitas } Pyrolytic-Oil = \text{Massa } Pyrolytic-Oil \text{ (gr) / Volume(ml)} \dots\dots\dots (3.1)$$

$$\text{Massa Gas} = \text{Massa Biomassa(gr)} - (\text{Massa } bio-oil + \text{Massa Arang}) \dots\dots\dots (3.2)$$

$$\text{Kuantitas } Pyrolytic-Oil = (\text{Massa } Pyrolytic-Oil / \text{Massa Biomassa}) \times 100\% \dots\dots (3.3)$$

$$\text{Kuantitas Arang} = (\text{Massa Arang} / \text{Massa Biomassa}) \times 100\% \dots\dots\dots (3.4)$$

$$\text{Kuantitas Gas} = (\text{Massa Gas} / \text{Massa Biomassa}) \times 100\% \dots\dots\dots (3.5)$$

#### 2. Uji Viskositas

Uji viskositas dilakukan guna mengetahui tingkat kekentalan dari *Pyrolytic-Oil* hasil pirolisis. Pengujian ini menggunakan alat Brookfield Viscometer Digital DV-II + PRO yang berada di laboratorium Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian Fakultas FTP Universitas Gadjah Mada. Proses pengujian dilakukan dengan cara terlebih dahulu menuangkan *Pyrolytic-Oil* kedalam wadah sebanyak 75ml kemudian, celupkan mata viskositas kedalam wadah serta nyalakan hingga muncul angka viskositas dalam keadaan *steady*.

#### 3. Uji Tingkat Keasaman

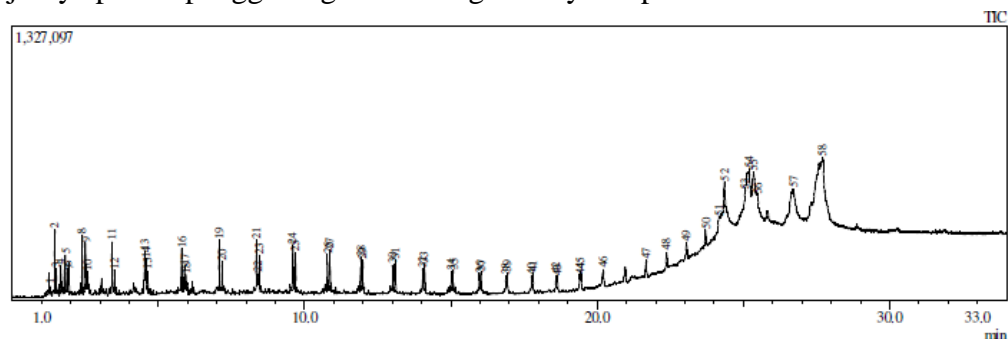
Uji tingkat keasaman dilakukan untuk mengetahui nilai dari keasaman *Pyrolytic-Oil* hasil pirolisis. Pengujian ini menggunakan alat *PEN TYPE PH METER 009(1)A*. Proses pengujian dilakukan dengan cara kalibrasi terlebih dahulu dengan *pH Buffer Powder* yang sudah dilarutkan kedalam air sebanyak 250ml dengan nilai keasaman 6,8 kemudian, celupkan alat kedalam *Pyrolytic-Oil* hingga muncul nilai viskositas dalam keadaan *steady*.

#### 4. Uji Nilai Kalor

Uji nilai kalor dilakukan untuk mengetahui kadar nilai kalor yang terdapat pada *Pyrolytic-Oil* hasil pirolisis. Pengujian ini menggunakan alat kalorimeter dengan Model 6050 Compensated Jacket Calorimeter yang berada di laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Proses pengujian dilakukan dengan cara terlebih dahulu menimbang *Pyrolytic-Oil* sebesar 0,7 g sebanyak dua kali pada setiap spesimen *Pyrolytic-Oil* serta wadah penampung *Pyrolytic-Oil* juga ditimbang sebanyak dua kali, kemudian mencatat data-data yang diperoleh. Setelah proses menimbang massa selesai, spesimen dimasukkan kedalam bom kalorimeter untuk dilakukan pengujian nilai kalor. Untuk hasil nilai kalor yang diperoleh dapat dilihat pada display komputer yang terhubung ke alat, melakukan uji nilai kalor sebanyak dua kali guna validasi terhadap hasil yang didapat.

#### 5. Uji Kandungan Senyawa dengan GC-MS

GC-MS merupakan salah satu metode yang digunakan dalam mengetahui kandungan senyawa pada liquid. Mesin GC-MS yang digunakan berjenis QP2010 SHIMADZU, spesimen *Pyrolytic-Oil* yang digunakan tidak semua variasi di uji namun hanya variasi yang bisa dibakar saja yaitu variasi campuran bahan baku (cangkang dan plastik) dengan katalis CaO dan zeolit alam 50%:50%, 25%:75%, 75%:25%. Dalam melakukan pengujian sampel yang dibutuhkan sebanyak 5ml untuk setiap variasinya, pengujian dilakukan oleh operator GC-MS. Setelah selesai pengujian, hasil dari GC-MS diperoleh dapat dilihat pada Gambar 3.21 maka selanjutnya proses penggolongan kandungan senyawa pada *bio-oil*.



Gambar 3.21 Grafik Senyawa Hasil Uji GC-MS