

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Cangkang Kelapa Sawit

Cangkang kelapa sawit yang digunakan dalam penelitian ini merupakan cangkang sawit satu spesies yang dibeli dari daerah Pandeglang – Banten. Sebelum cangkang sawit ini dipirolisis, pada tahap awal dilakukan pembersihan dan pengeringan di bawah sinar matahari. Pengeringan ini bertujuan untuk mengurangi kadar air yang terkandung pada cangkang sawit, sehingga dapat membantu dalam mengurangi kadar air yang dihasilkan pada minyak pirolisis. Cangkang kelapa sawit seperti terlihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Cangkang kelapa sawit

2. Plastik

Material plastik yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari kantong plastik jenis LDPE (*Low Density Polyethylene*). Kantong plastik yang dipakai diperoleh dan dibeli di toko Yobel – Yogyakarta, adapun penggunaan kantong plastik ini sebagai asumsi dari pemanfaatan sampah plastik sebagaimana diuraikan pada bab sebelumnya. Sebelum di pirolisis, plastik dipotong-potong terlebih dulu dengan ukuran 3-5 cm hal ini dimaksudkan agar plastik mudah terurai dan tidak menggumpal ketika dipanaskan dalam reaktor pirolisis. Bentuk fisik plastik yang sudah dicacah dapat dilihat seperti pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Plastik

3. Katalis CaO

Katalis CaO yang digunakan dalam penelitian ini merupakan katalis yang diperoleh dan dibeli di toko Brataco Chemical – Yogyakarta. Katalis ini berbentuk powder, adapun persentase yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0% wt, 25% wt, 50% wt, 75% wt, dan 100% wt dari berat total campuran cangkang sawit dan plastik. Bentuk fisik katalis CaO dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Katalis CaO

4. Katalis Zeolit Alam

Katalis zeolit alam yang digunakan dalam penelitian ini merupakan katalis yang diperoleh dan dibeli di toko Brataco Chemical – Yogyakarta. Katalis ini berbentuk padat menyerupai batu yang berukuran 3-5 mm, adapun persentase yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0% wt, 25% wt, 50% wt, 75% wt, dan

100% wt dari berat total campuran cangkang sawit dan plastik. Bentuk fisik katalis zeolit alam dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Katalis Zeolit alam

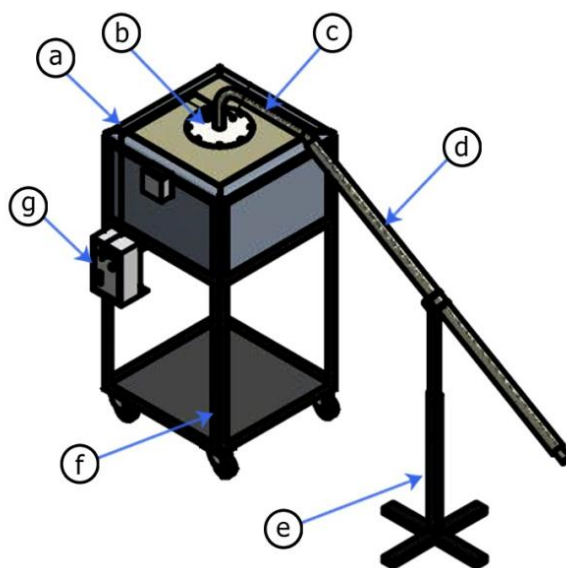
3.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat utama penelitian, alat pendukung penelitian dan alat pengujian sampel *pyrolytic-oil* dengan penjelasan sebagai berikut:

3.2.1 Alat Utama Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini menggunakan reaktor pirolisis *type fixedbed*, dimana dalam prosesnya memiliki prinsip kerja pengontakan langsung (antara bahan baku dan partikel katalis) tercampur menjadi satu dalam sebuah reaktor. Reaktor tersebut akan diberi pemanasan dengan pemanas elektrik (*heater*) sehingga bahan baku akan bereaksi dan menghasilkan gas. Hasil pirolisis berfasa gas tersebut akan melewati pipa *stainless steel* dan kemudian dikondensasi pada pipa *waterjacket*. Setelah dikondensasi maka fasa gas akan berubah menjadi fasa cair yang disebut *pyrolytic-oil*.

Skema dari alat pirolisis ini dapat dilihat seperti pada Gambar 3.5



Gambar 3.5. Skema Alat Pirolisis

Keterangan Gambar 3.5 diantaranya adalah sebagai berikut:

a. Tungku

Tungku merupakan tembok yang disusun dari batu tahan api yang berfungsi untuk tempat reaktor dan *heater*. Selain itu tungku juga berfungsi sebagai ruang pemanas agar tidak terjadi kalor panas yang keluar.

b. Reaktor

Reaktor adalah tabung berbahan *stainless steel* yang berfungsi sebagai wadah atau tempat (bahan baku dan katalis) yang akan dipanaskan menggunakan *heater*. Sementara *heater* itu sendiri adalah alat pemanas elektrik yang berfungsi untuk memanaskan reaktor.

c. Pipa pengalir *pyrolytic-oil*

Pipa berbahan *stainless steel* yang berfungsi untuk mengalirkan gas yang keluar dari reaktor dan mengalirkan *pyrolytic-oil* setelah terkondensasi oleh *waterjacket*.

d. Pipa pendinginan (*waterjacket*)

Pipa pendingin atau *waterjacket* adalah unit peralatan yang berfungsi untuk mengkondensasi gas pirolisis menjadi fasa cair (*pyrolytic-oil*).

e. Rangka penyangga pipa

Rangka ini berfungsi untuk menyangga pipa pengalir *pyrolytic-oil* dan pipa *waterjacket*.

f. Rangka Utama

Rangka ini berfungsi untuk menopang unit peralatan pirolisis (tungku, reaktor serta unit kontroler).

g. *Box Panel* Listrik

Box panel listrik adalah kotak yang digunakan sebagai tempat penempatan kontroler dan tombol *power* utama untuk menghidupkan dan menyalakan alat.

3.2.2 Alat Pendukung Penelitian

Selain alat utama pirolisis yang digunakan dalam penelitian, maka digunakan juga peralatan-peralatan pendukung diantaranya sebagai berikut:

a. *Thermocouple Type-K*

Thermocouple Type-K adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi temperatur pada ruang reaktor. *Thermocouple* dapat dilihat seperti pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6. *Thermocouple Type-K*

b. *Thermocontroller*

Thermocontroller adalah peralatan yang mengatur dan mengontrol temperatur pemanasan pada proses pirolisis, dimana besarnya temperatur sesuai dengan

perintah yang kita inginkan melalui menu pengaturan. *Thermocontroller* dapat dilihat seperti pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7. *Thermocontroller*

c. Terminal Listrik

Terminal listrik digunakan untuk mensuplai kebutuhan listrik dari sumber listrik utama. Terminal listrik dapat dilihat seperti pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8. Terminal Listrik

d. Kunci Ring

Kunci ring ukuran 12 digunakan untuk mengendurkan dan mengencangkan mur pengikat reaktor. Kunci ring 14 digunakan untuk mengendurkan dan mengencangkan baut pada reaktor. Kunci ring ukuran 12 dan 14 dapat dilihat seperti pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9. Kunci Ring

e. Neraca Digital

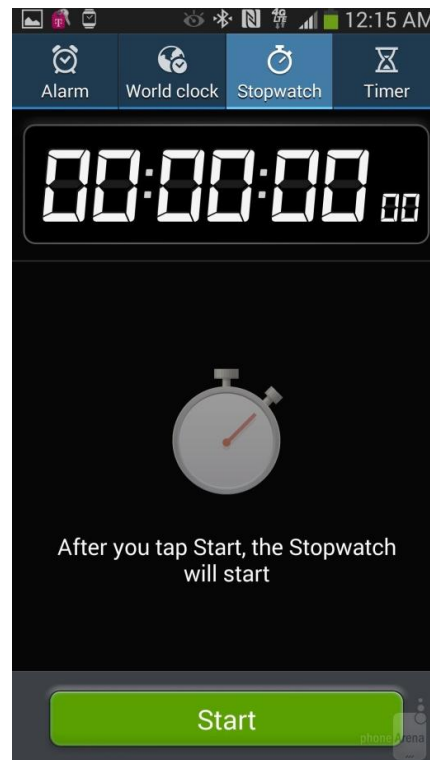
Neraca digital digunakan untuk menimbang kebutuhan bahan baku dan katalis sesuai dengan jumlah yang sudah ditentukan pada variasi pengujian. Neraca digital dapat dilihat seperti pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10. Neraca Digital

f. *Stopwatch Handphone*

Stopwatch digunakan untuk menghitung waktu pengujian. *Stopwatch* dapat dilihat seperti pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11. Stopwatch

g. Pompa Aquarium

Pompa aquarium digunakan untuk memompa air dari bak penampungan agar bersirkulasi pada pipa *watrejacket* melalui selang. Pompa aquarium dapat dilihat seperti pada Gambar 3.12 dan spesifikasinya pada Tabel 3.1.



Gambar 3.12. Pompa Aquarium

Tabel 3.1 Spesifikasi pompa

Daya listrik	115 Watt
Daya dorong	5 m (max)
Debit air	5000 liter/jam
Outlet	3/4 inch

h. Selang

Selang digunakan untuk mengalirkan air pendinginan dari bak penampungan ke pipa *waterjacket*. Selain itu selang juga digunakan untuk mendorong kotoran penyumbat pada pipa pengalir *pyrolytic-oil*. selang dapat dilihat seperti pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13. Selang

i. Bak Air

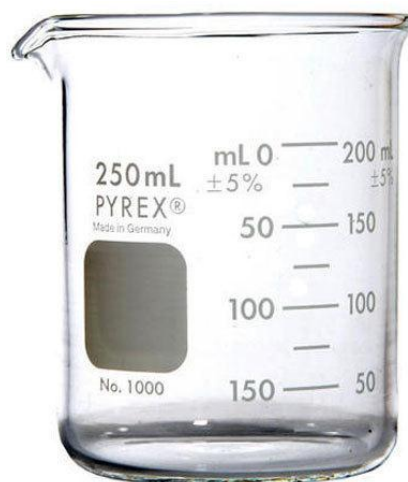
Bak air digunakan sebagai wadah penampungan air pendinginan. Bak Air dapat dilihat seperti pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14. Bak Air

j. Gelas Breaker

Gelas Breaker digunakan sebagai wadah penampungan sementara untuk *pyrolytic-oil* yang dihasilkan pada proses pirolisis melalui pipa pengalir. Gelas Breaker dapat dilihat seperti pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15. Gelas Breaker

3.2.3 Alat Uji Sampel *Pyrolytic-oil*

a. Gelas Ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur kuantitas *pyrolytic-oil* yang dihasilkan pada tiap proses pirolisis. Gelas ukur dapat dilihat seperti pada Gambar 3.16.



Gambar 3.16. Gelas Ukur

b. Alat Pen Type pH Meter

Alat ini digunakan untuk mengukur derajat keasaman *pyrolytic-oil*. Adapun bentuk fisik dan spesifikasinya dapat dilihat pada Gambar 3.17 dan Tabel 3.2.



Gambar 3.17. Alat pH Meter

Tabel 3.2. Spesifikasi Alat pH Meter

Range Operasional pH	0,0 – 14,0
Resolusi Ketepatan	0,1
Suhu Operasi	0 – 50 °C
Dimensi (p x l x t)	150 x 29 x 15 mm

c. Alat *Viscometer*

Viscometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur kekentalan minyak pirolisis. Alat *viscometer* yang digunakan adalah *Viscometer Brookfield* yang dapat dilihat pada Gambar 3.18.



Gambar 3.18. Alat Viscometer

Adapun spesifikasi alatnya dapat dilihat seperti pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Spesifikasi *Viscometer*

No.	Parameter	Nilai
1.	Berat	10,5 kg
2.	Kecepatan operasi	10 s.d 200 rpm
3.	Rentang suhu	0 s.d 40 °C
4.	Akurasi viskositas	1%

d. *Bomb Calorimeter*

Bomb Calorimeter adalah alat yang digunakan untuk menguji sampel minyak pirolisis agar didapat harga nilai kalor yang dimiliki oleh sampel *pyrolytic-oil*. Alat uji yang digunakan merupakan *Bomb Calorimeter Type 6050* milik Laboratorium Prodi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang dapat dilihat seperti pada Gambar 3.19 dan spesifikasi alatnya pada Tabel 3.4.



Gambar 3.19. Alat Bomb Calorimeter

Tabel 3.4. Spesifikasi *Bomb Calorimeter*

No.	Parameter	Nilai
1.	Tingkat presisi instrumen	0,2 %
2.	Resolusi temperatur	0,001 °C
3.	Energi maksimum kalori per tes	10
4.	Dimensi (p x l x t)	27 x 45 x 42 cm

e. Alat GC-MS

GC-MS (*Gas Chromatography Mass Spectrometry*) merupakan alat yang digunakan untuk melakukan pengujian minyak pirolisis dengan tujuan untuk mengetahui senyawa penyusun yang terkandung pada *pyrolytic-oil*. Pada pengujian ini digunakan alat GC-MS tipe QP2010 sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 3.20 dengan spesifikasi alat dan program dapat dilihat pada Tabel 3.5 dan 3.6.



Gambar 3.20 Alat GC-MS

Tabel 3.4. Spesifikasi Alat GC-MS

No.	Parameter	Nilai
1.	<i>Length Column</i>	30 m
2.	<i>ID Column</i>	0,25 mm
3.	<i>Film thickness Column</i>	0,25 μ m
4.	Gas pembawa	Helium
5.	Pengionan (<i>Detector</i>)	EI
6.	<i>Column Oven Temperature</i>	60 °C
7.	<i>Injection Temperature</i>	310 °C
8.	<i>Injection Mode</i>	<i>Split</i>
9.	<i>Flow Control Mode</i>	<i>Pressure</i>
10.	<i>Pressure</i>	13 kPa
11.	<i>Total Flow</i>	20,3 mL/min
12.	<i>Column Flow</i>	0,52 mL/min
13.	<i>Linear Velocity</i>	26,3 cm/sec

No.	Parameter	Nilai
14.	<i>Purge Flow</i>	3 mL/min
15.	<i>Split Ratio</i>	32,3

Tabel 3.6. GC-MS Program

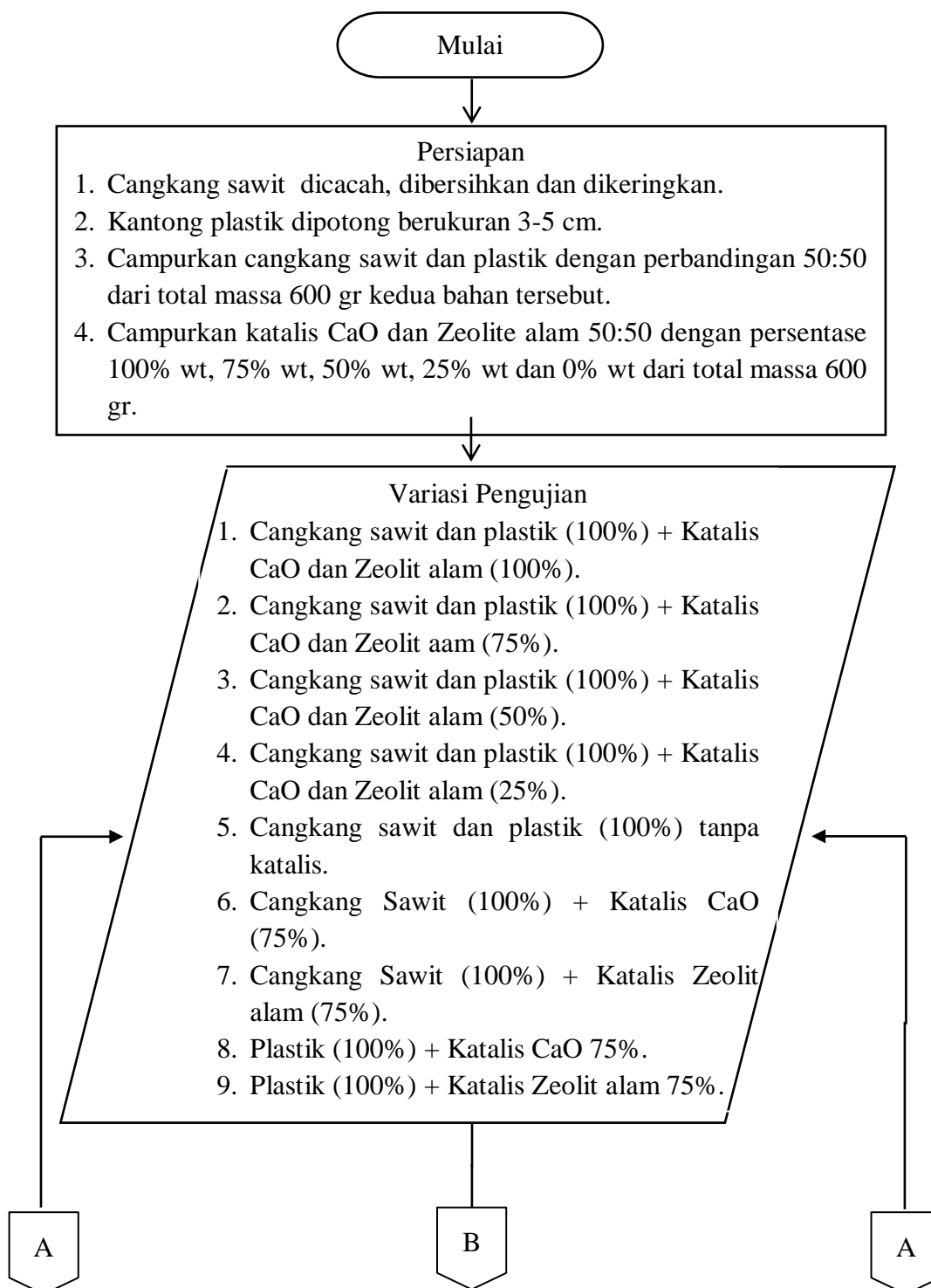
No.	Parameter	Nilai
GC Program		
1.	<i>Ion Source Temperature</i>	250,00 °C
2.	<i>Interface Temperature</i>	305,00 °C
3.	<i>Solvent Cut Time</i>	1,60
4.	<i>Detector Gain</i>	+0.00 kV
5.	<i>Threshold</i>	0
MS Program		
1.	<i>Start Time</i>	1,80
2.	<i>End Time</i>	90,00
3.	<i>ACQ Mode</i>	<i>Scan</i>
4.	<i>Event Time</i>	0,50
5.	<i>Scan Speed</i>	1250
6.	<i>Start m/z</i>	28
7.	<i>End m/z</i>	600,00
8.	<i>Sample Inlet Unit</i>	GC

3.3 Waktu dan Tempat Penelitian

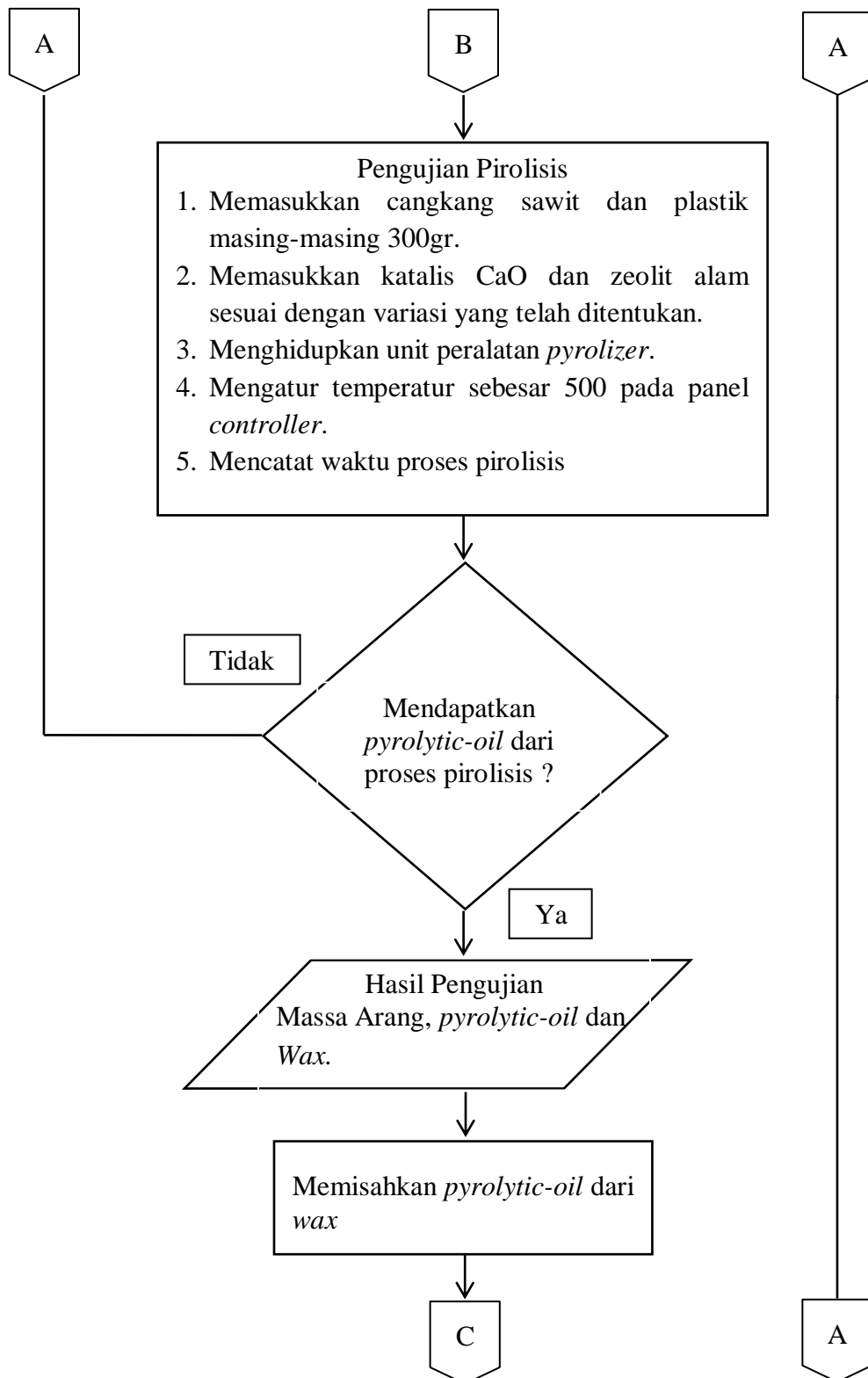
Penelitian ini dimulai sejak bulan Maret sampai Juni di Laboratorium Teknik Mesin - Universitas Muhammadiyah Yogyakarta untuk proses pengambilan data dan pengujian densitas, keasaman serta nilai kalor, Laboratorium MIPA - Universitas Gadjah Mada untuk pengujian viskositas dan Laboratorium MIPA - Universitas Islam Indonesia untuk pengujian senyawa penyusun yang terkandung pada sampel *pyrolytic-oil*.

3.4 Diagram Alir Penelitian

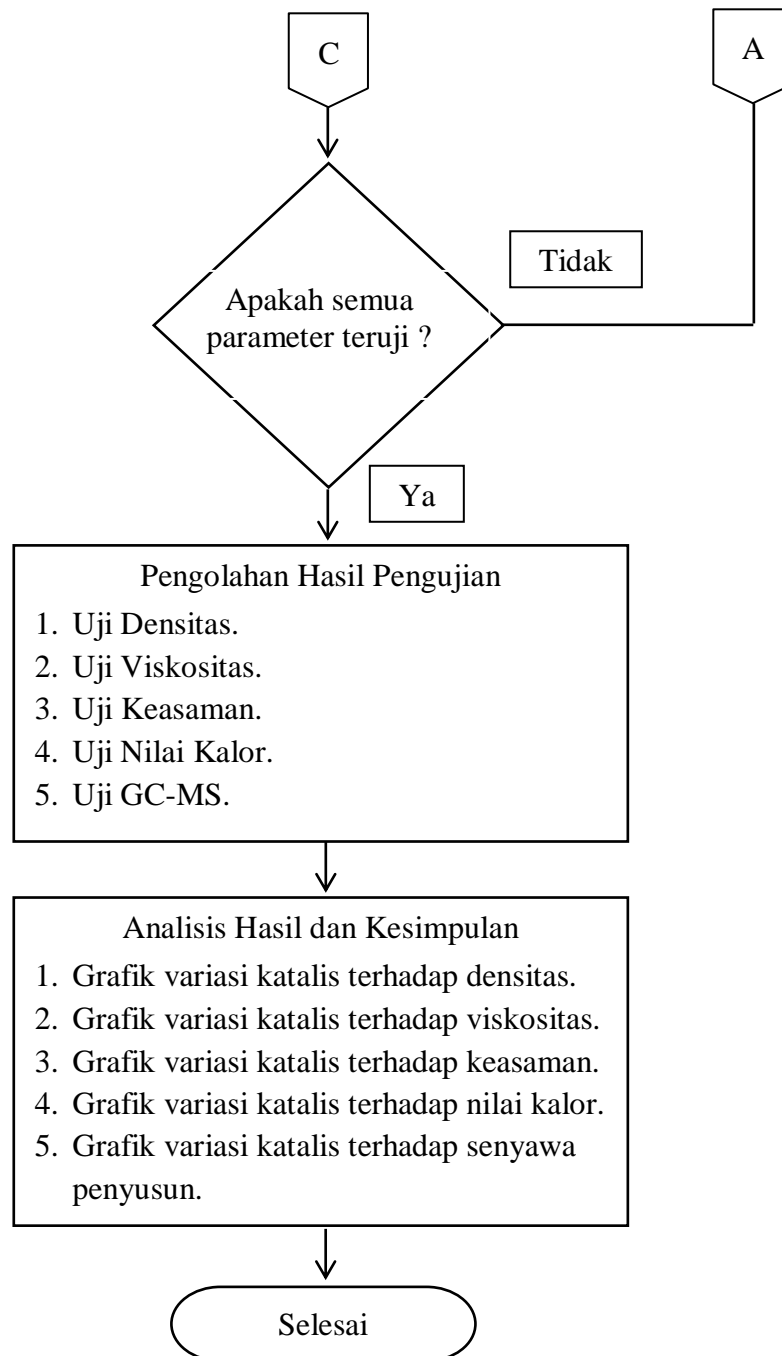
Penelitian yang akan dilakukan menggunakan alur penelitian seperti pada diagram alir penelitian yang ditunjukkan oleh Gambar. 3.21.



Gambar 3.21. Diagram alir penelitian



Gambar 3.21. Diagram alir penelitian (lanjutan)



Gambar 3.21. Diagram alir penelitian (lanjutan)

Dari diagram alir diatas dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Persiapan

Pada tahap persiapan ini melakukan penimbangan bahan-bahan yang akan di uji pirolisis, diantaranya adalah menimbang cangkang sawit dan plastik yang sudah bersih dan kering dengan berat masing-masing 300gr. Dilakukan juga penimbangan katalis CaO dan Zeolit alam dengan persentase 0% wt, 25% wt, 50% wt, 75% wt dan 100% wt dari total massa 600gr.

2. Pengujian pirolisis

Pengujian pirolisis merupakan tahapan pembuatan minyak pirolisis dan pengambilan data yang dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan bahan baku campuran cangkang sawit dan plastik serta persentase katalis CaO/Zeolit Alam sebagaimana telah ditentukan dan dapat dilihat pada Tabel 3.5. Pengambilan data dimulai dari menghidupkan alat pirolisis, kemudian mengatur suhu sebesar 500°C pada unit panel kontroler serta mencatat suhu dengan rentang waktu setiap dua menit sekali. Proses pirolisis dinyatakan selesai apabila ditandai temperatur mencapai 500°C serta uap maupun *pyrolytic-oil* sudah tidak menetes pada pipa pengaliran.

3. Hasil pengujian

Pada tahap ini dilakukan pengujian sifat-sifat fisik dan kimia *pyrolytic-oil*. Sifat-sifat fisik meliputi pengujian densitas, viskositas dan keasaman sedangkan sifat-sifat kimia meliputi pengujian nilai kalor dan senyawa penyusun. Pengujian densitas dilakukan dengan metode pengukuran dengan alat gelas ukur dan neraca digital guna mengetahui volume *pyrolytic-oil* dan massa *pyrolytic-oil*, selanjutnya dilakukan penghitungan massa jenis dengan rumus ($\rho = \frac{m}{v}$), dimana ρ (*rho*) adalah massa jenis yang akan dihitung, m adalah massa (gr) dan v adalah volume (ml). Untuk pengujian keasaman menggunakan alat *Pen Type PH Meter*, sedangkan pengujian nilai kalor menggunakan alat *Bomb Calorimeter* yang dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Pengujian viskositas

menggunakan alat *viscometer* dan pengujian senyawa penyusun menggunakan alat GC-MS di Laboratorium Fakultas MIPA Universitas Islam Indonesia.

4. Analisis dan kesimpulan

Hasil keseluruhan penelitian kemudian dianalisis dan ditarik kesimpulan.

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Proses Kerja

Proses-proses pengerjaan pada penelitian ini meliputi:

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

- t. Mematikan alat dan membongkar reaktor setelah proses selesai.
- u. Menimbang arang dengan neraca digital.
- v. Merapihkan dan membersihkan alat.
- w. Selesai.

3.5.2 Variasi Pengujian

Pada penelitian ini difokuskan penambahan variasi persentase katalis CaO dan Zeolite Alam pada pirolisis campuran cangkang sawit dan plastik terhadap sifat-sifat fisik dan kimia *pyrolytic-oil*. Adapun variasinya dapat dilihat seperti pada tabel 3.7.

Tabel 3.7. Variasi katalis (CaO + Zeolit Alam) pada pengujian pirolisis campuran cangkang sawit dan plastik

Pengujian Ke	Komposisi Massa (gram)				Persentase Katalis (%)	Temperatur (°C)
	Cangkang	Plastik	CaO	Zeolit		
1	300	300	300	300	100%	500
2	300	300	225	225	75%	500
3	300	300	150	150	50%	500
4	300	300	75	75	25%	500
5	300	300	0	0	0%	500
6	300	-	-	225	75%	500
7	300	-	225	-	75%	500
8	-	300	-	225	75%	500
9	-	300	225	-	75%	500

3.4.3 Metode Pengambilan Data

1. Menghitung Kuantitas dan Uji Densitas

Menghitung kuantitas bertujuan untuk mengetahui persentase minyak (*pyrolytic-oil*), arang, gas dan parafin (*wax*) yang dihasilkan dari proses pirolisis. Uji densitas dilakukan untuk mengetahui jumlah massa yang dimiliki oleh *pyrolytic-oil* per satuan volume. Untuk mengetahui kuantitas serta densitas maka digunakan persamaan 3.1 sampai 3.6.

$$\text{Massa gas} = \text{Massa biomassa} - \text{Massa (pyrolytic-oil + arang + wax)} \dots\dots\dots(3.1)$$

$$\text{Kuantitas pyrolytic-oil} = (\text{Massa pyrolytic-oil} / \text{Massa biomassa}) \times 100\% \dots\dots\dots(3.2)$$

$$\text{Kuantitas arang} = (\text{Massa arang} / \text{Massa biomassa}) \times 100\% \dots\dots\dots(3.3)$$

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

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

$$\text{Densitas pyrolytic-oil} = \text{Massa} / \text{Volume} \dots\dots\dots(3.6)$$

2. Uji Viskositas

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekentalan *pyrolytic-oil* yang dihasilkan dari proses pirolisis. Pada pengujian viskositas digunakan alat bernama *viscometer*, dimana tiap sampel *pyrolytic-oil* yang diujikan dibutuhkan volume sebanyak 75ml. Sampel tersebut selanjutnya dimasukkan ke dalam penampang minyak pada alat *viscometer* sampai *spindle* benar-benar terendam. Kemudian dilakukan running dengan pengaturan kondisi temperature 25,2°C dengan kecepatan spindle 60 rpm.

3. Uji Keasaman

Pengujian keasaman dilakukan untuk mengetahui *bio-oil* yang dihasilkan dari proses pirolisis termasuk asam atau basa. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan *PH Meter* tipe pen yang dimulai dengan mengkalibrasi alat tersebut ke nilai 6,9. Untuk pengujian keasaman caranya dengan menuangkan minyak pirolisis kedalam wadah dan kemudian mencelupkan alat *PH Meter* tersebut kedalam *pyrolytic-oil* tersebut. Hasil pengujian dapat dilihat secara langsung pada layar tampilan digital.

4. Uji Nilai Kalor

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kalor yang dimiliki oleh *pyrolytic-oil* dari proses pirolisis. Untuk mengetahui nilai kalor maka digunakan alat uji bernama *Bomb Calorimeter* 6050, dimana dalam pengujian

digunakan sampel *pyrolytic-oil* dengan massa 0,7 gram. Selanjutnya sampel tersebut akan dimasukkan kedalam unit *Bomb Calorimeter* dan akan di *running* melalui perintah pada *software* yang ada di komputer. Setelah *running* selesai maka pada *software* akan memunculkan data hasil pengujian nilai kalor tersebut.

5. Uji Senyawa Penyusun

Pengujian senyawa penyusun dilakukan dengan menggunakan alat GC-MS QP2010 SHIMADZU. Hasil dari pengujian GC-MS ini akan dilihat nama senyawa dan bentuk senyawanya yang ditandai dengan banyaknya puncak (*peak*). Selanjutnya dilakukan identifikasi senyawa-senyawa penyusun *pyrolytic-oil* berdasarkan klasifikasi golongan hidrokarbon dan oksigenat.