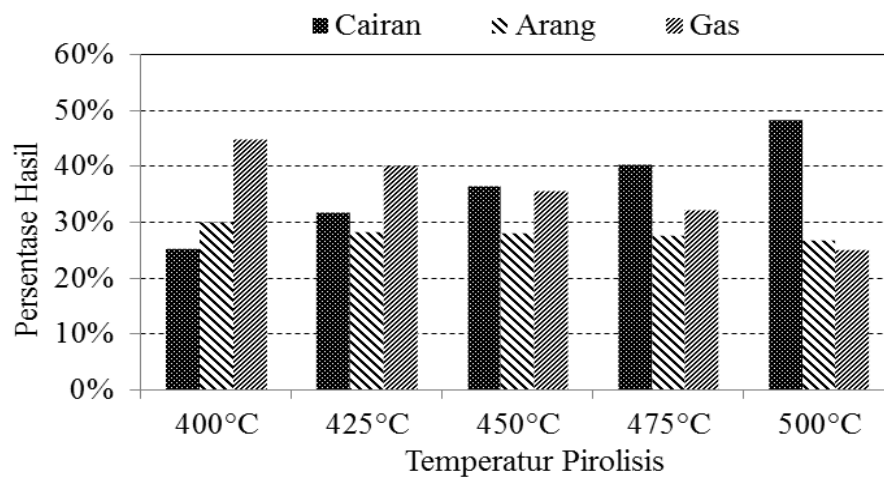


## BAB IV PEMBAHASAN

### 4.1 Pengaruh Temperatur Pirolisis Cangkang sawit dan Plastik Terhadap Kuantitas Produk Bio-Oil

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kuantitas bio-oil yang menunjukkan seberapa banyak massa bio-oil, massa arang, dan massa gas dari hasil pirolisis cangkang sawit dan plastik terhadap pengaruh temperatur pirolisis. Hasil kuantitas bio-oil dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Kuantitas Bio-oil

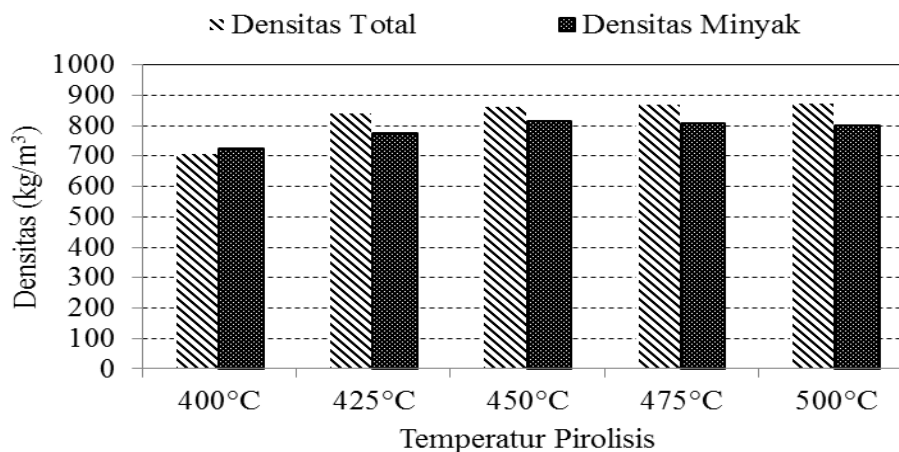
Dari data hasil percobaan pengaruh temperatur pirolisis terhadap kuantitas bio-oil, terlihat bahwa massa cairan meningkat dengan meningkatnya temperatur dari 400°C hingga 500°C. Selama proses pirolisis berlangsung proses dekomposisi yang melibatkan molekul yang besar terpecah menjadi molekul yang relatif kecil. Temperatur pirolisis berpengaruh terhadap pemutusan rantai hidrokarbon dari polimer pada plastik dan cangkang sawit sehingga jumlah cairan yang dihasilkan akan berbeda pada setiap kenaikan temperatur. Meningkatnya temperatur menyebabkan semakin besar unsur-unsur dalam plastik dan cangkang sawit yang terdekomposisi menjadi gas dan cairan. Hal inilah yang menyebabkan hasil cairan pirolisis lebih banyak dihasilkan pada temperatur 500°C karena semakin banyak gas yang diubah fasenya menjadi cairan melalui proses dekomposisi sehingga massa gas akan semakin rendah. Sedangkan massa arang

berbanding terbalik dengan massa cairan, arang yang dihasilkan akan semakin sedikit jika proses temperatur pirolisis yang dilakukan semakin tinggi. Dengan semakin tinggi temperatur pirolisis maka arang yang tersisa di dalam tabung reaktor akan semakin sedikit, hal ini dikarenakan semakin banyak bahan plastik dan cangkang sawit yang meleleh berubah menjadi fase gas yang keluar melalui pipa pendingin (*waterjacket*).

Pada penelitian ini didapat massa cairan tertinggi pada temperatur 500°C dengan massa gas dan massa arang semakin rendah. Hal ini dikarenakan plastik dan cangkang sawit pada temperatur 500°C mendapatkan jumlah panas terbanyak sehingga unsur – unsur yang terdapat dalam plastik dan cangkang sawit banyak terurai dan terdekomposisi menjadi minyak. Selain itu, cangkang sawit mempunyai komposisi lignin yang cukup besar maka perlu temperatur pirolisis yang tinggi dan menghasilkan cairan yang banyak pula (Basu, 2010). Menurut Budi (2017) menyebutkan bahwa semakin tinggi temperatur hasil cairan yang diperoleh juga semakin banyak.

#### 4.2 Pengaruh Temperatur Pirolisis Terhadap Densitas Bio-Oil

Densitas atau massa jenis suatu sampel yang menunjukkan pengukuran massa per satuan volume. Pada penelitian ini pengujian densitas bertujuan untuk mengukur massa bio-oil hasil pirolisis. Untuk menghitung densitas bio-oil dilakukan dengan menggunakan persamaan 3.5. Hasil pengukuran densitas bio-oil dapat ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Perbandingan temperatur pirolisis terhadap densitas total dan minyak

Pada gambar 4.2 menunjukkan bahwa dengan naiknya temperatur, maka densitas bio-oil akan semakin meningkat. Nilai densitas terendah berada pada suhu 400°C sebesar 712 kg/m<sup>3</sup> dan mengalami peningkatan berturut-turut pada suhu 425°C, 450°C, 475°C dan 500°C sebesar 844 kg/m<sup>3</sup>, 868 kg/m<sup>3</sup>, 875 kg/m<sup>3</sup>, dan 878 kg/m<sup>3</sup>. Hal ini dikarenakan semakin tinggi temperatur pirolisis maka semakin berat massa jenis cairan yang dihasilkan, karena semakin banyak unsur-unsur berat yang terdapat pada cangkang sawit dan plastik terurai dan terdekomposisi. Pada temperatur 400°C hingga 500°C biomassa cangkang sawit terdegradasi pada selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Basu, 2010). Sementara pada densitas minyak pada temperatur 400°C, 425°C, 450°C mengalami peningkatan sebesar 726 kg/m<sup>3</sup>, 776 kg/m<sup>3</sup>, 816 kg/m<sup>3</sup>, kemudian mengalami penurunan pada temperatur 475°C dan 500°C sebesar 808 kg/m<sup>3</sup>, 802 kg/m<sup>3</sup>.

Menurut Juliansyah (2017), Perbedaan nilai densitas yang dihasilkan dipengaruhi oleh jumlah oksigen. Semakin banyak jumlah oksigen yang terkandung dalam bio-oil maka semakin besar pula nilai densitas yang dihasilkan. Hal ini dibuktikan dengan perhitungan sebagai berikut.

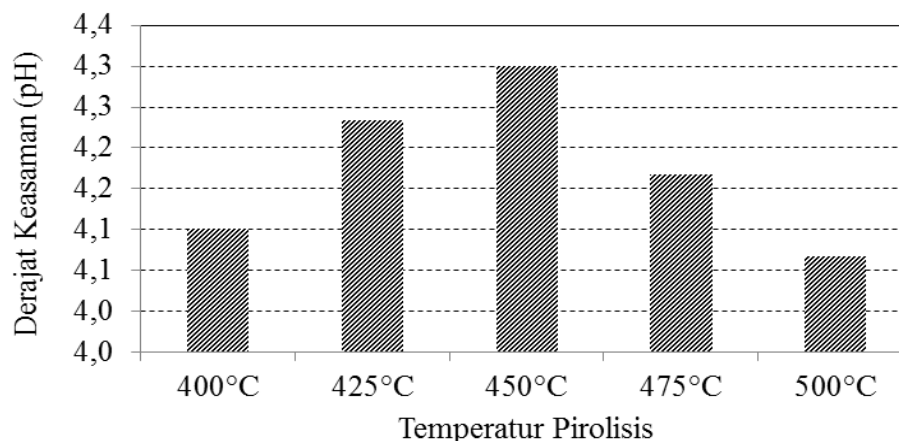
Diketahui:

- Karbon memiliki massa atom sebesar 12 g/mol
- Hidrogen memiliki massa atom sebesar 1 g/mol
- Oksigen memiliki massa atom sebesar 16 g/mol
- 1 mol = 22,4 liter
- g/liter = kg/m<sup>3</sup>

Berdasarkan nilai diatas karbon memiliki masa atom sebesar 0,53 kg/m<sup>3</sup>, hidrogen sebesar 0,04 kg/m<sup>3</sup> dan oksigen sebesar 0,71 kg/m<sup>3</sup>. Dengan perbandingan perhitungan tersebut terlihat bahwa jumlah oksigen yang besar akan memiliki nilai densitas yang besar pula. Hal tersebut dapat ditunjukkan pada gambar 4.5 bahwa temperatur 500°C memiliki nilai oksigen yang tinggi dibandingkan dengan temperatur 400°C-475°C, semakin tinggi golongan oksigenat maka semakin tinggi pula nilai oksigen yang dimiliki. Menurut Annisa (2012) menyebutkan bahwa pengaruh suhu juga dapat mempengaruhi densitas dari bio-oil.

### 4.3 Pengaruh Temperatur Pirolisis Terhadap Derajat Keasaman Bio-Oil

Derajat keasaman merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan. Pengukuran nilai pH dalam bio-oil hasil pirolisis dapat dilihat pada gambar 4.3.

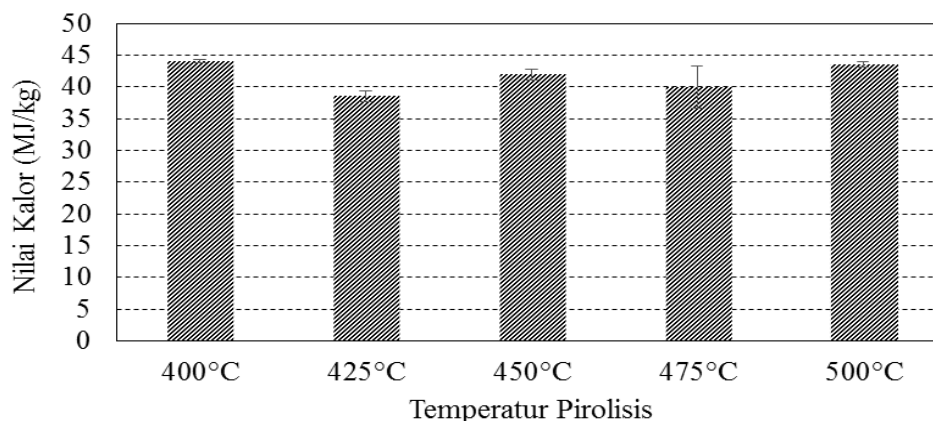


Gambar 4.3 Perbandingan temperatur pirolisis terhadap derajat keasaman bio-oil

Dari gambar 4.3 hasil pengukuran pH bio-oil menunjukkan bahwa nilai pH bio-oil sekitar 4,07 - 4,30, maka dapat disimpulkan bahwa nilai pH bio-oil tersebut bersifat asam. Dengan meningkatnya temperatur pada suhu 400°C – 450°C nilai pH akan semakin naik, hal tersebut dikarenakan menurunnya kandungan senyawa asam yang terbentuk dalam suhu tersebut. Sedangkan nilai pH akan semakin turun dengan meningkatnya temperatur pada suhu 450°C - 500°C. Hal ini dikarenakan hemiselulosa, selulosa, dan lignin pada cangkang sawit sebagian besar terdestruksi sebagai asam, alkohol, dan ketone yang meningkat sehingga menyebabkan nilai pH semakin asam. Hal itu dibuktikan pada tabel 4.1.

### 4.4 Pengaruh Temperatur Pirolisis terhadap Nilai Kalor Bio-Oil

Nilai kalor merupakan parameter untuk mengetahui panas pembakaran yang dihasilkan per satuan massa. Hasil pengujian nilai kalor bio-oil hasil pirolisis campuran cangkang sawit dan plastik dapat dilihat pada gambar 4.4.



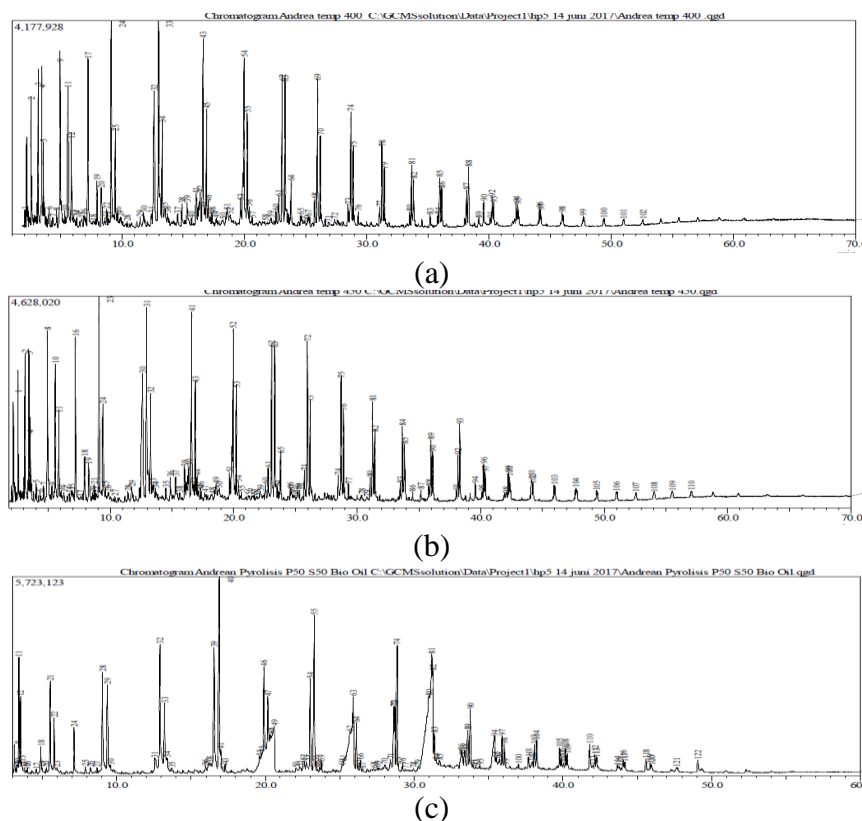
Gambar 4.4 Perbandingan temperatur pirolisis terhadap nilai kalor bio-oil

Pada gambar 4.4 hasil pengujian nilai kalor menunjukkan bahwa peningkatan suhu pirolisis menyebabkan fluktuasi nilai kalor. Akan tetapi, fluktuasi tersebut tidak terlalu signifikan sehingga tidak terlalu berpengaruh terhadap hubungan temperatur dengan nilai kalor. Terlihat bahwa nilai kalor tersebut berada pada nilai 38,50 MJ/kg - 44,08 MJ/kg dengan nilai rata-rata sebesar 41,59 MJ/kg. Jika dilihat dari hasil pengujian nilai kalor terlihat bahwa nilai kalor bio-oil memiliki nilai yang semakin menurun seiring dengan menaiknya temperatur. Akan tetapi nilai tersebut tidak terlalu signifikan sehingga bisa dikatakan bahwa dengan semakin tinggi temperatur pirolisis nilai kalor yang dihasilkan akan semakin kecil dengan tingginya nilai densitas yang dihasilkan. Hal ini dapat dibuktikan pada gambar 4.2 bahwa pada suhu 500°C bio-oil memiliki nilai densitas yang tinggi dibanding pada suhu 400°C. Nilai kalor suatu bahan bakar berkaitan dengan densitasnya. Nilai kalor berbanding terbalik dengan nilai densitas (Wiratmaja, 2010).

#### 4.5 Pengaruh Temperatur Pirolisis terhadap Senyawa Pembentuk Bio-Oil

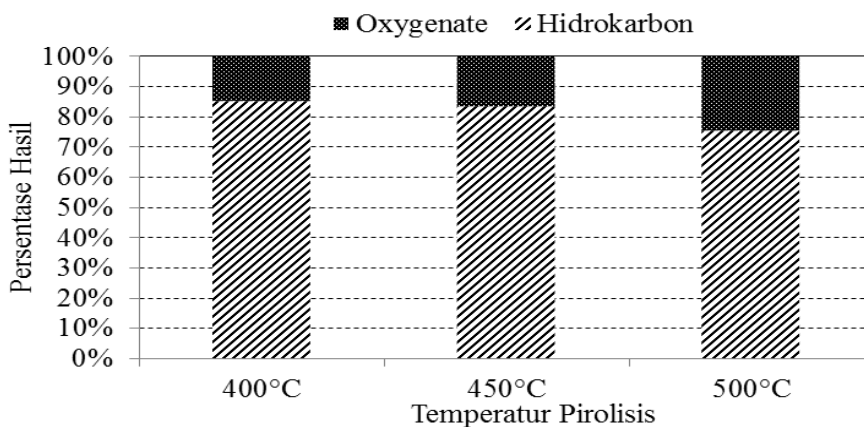
Pada pirolisis cangkang sawit dan plastik dilakukan pengujian GC-MS (*Gas Chromatography Mass Spectrometry*) untuk mengetahui jenis senyawa dan kandungan unsur hidrokarbonnya yang terkandung dalam bio-oil hasil pirolisis. Pengujian GC-MS dilakukan pada cairan hasil pirolisis pada suhu 400°C, 450°C, dan 500°C. Hasil uji GC-MS diidentifikasi untuk mengetahui komponen senyawa yang terdapat pada bio-oil hasil pirolisis. Kandungan dalam bio-oil hasil pirolisis

cangkang sawit dan plastik mengandung banyak senyawa, terlihat dari banyaknya puncak (peak) pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Identifikasi senyawa hasil GC-MS pada temperatur (a) 400°C; (b) 450°C; (c) 500°C

Berdasarkan identifikasi hasil GC-MS komponen senyawa yang terdapat pada bio-oil disajikan pada lampiran 1. Komponen senyawa yang terkandung dalam cairan hasil pirolisis cangkang sawit dan plastik ini dapat digolongkan menjadi golongan hidrokarbon dan oksigenat seperti pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Senyawa Hidrokarbon dan Oksigenat

Pada golongan hidrokarbon dan oksigenat memiliki jenis yang bermacam-macam. Pada golongan hidrokarbon terdapat jenis aromatik, alkana, alkena, alkuna, PAH, cyclo alkana, cyclo alkena, cyclo aromatik, dan toluene. Sedangkan pada golongan oksigenat terdapat jenis alkohol, acid, keton, aldehid, phenol, dan eter. Hasil penggolongan dapat dilihat pada tabel 4.1.

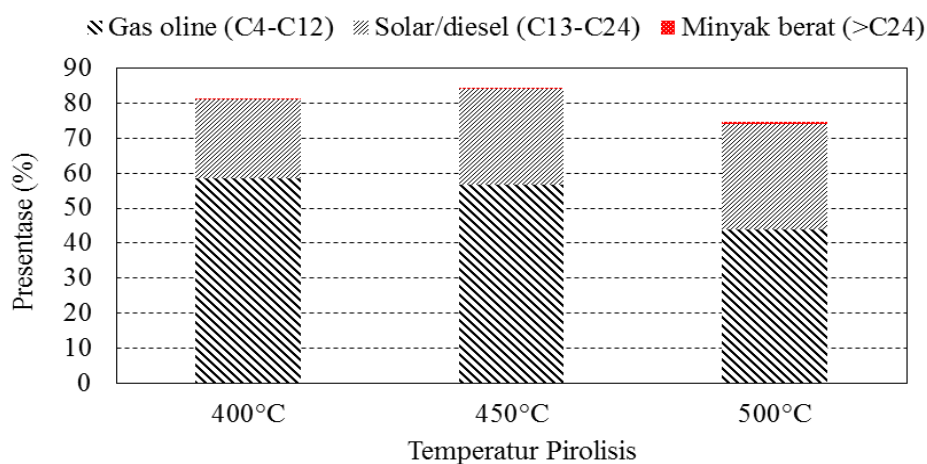
Tabel 4.1 Senyawa pembentuk Bio-oil

Golongan	sub-golongan	400°C	450°C	500°C
		% Area	% Area	% Area
Hidrokarbon	Aromatik	2,68	2,00	0,38
	Alkana	21,66	22,01	25,98
	Alkena	48,70	47,38	46,86
	Alkuna	0,00	0,38	0,00
	PAH	0,00	0,00	0,46
	Cyclo alkana	0,42	0,40	0,09
	Cyclo alkena	0,49	0,70	0,45
	Cyclo aromatik	0,57	0,53	0,00
	Toluene	3,93	3,51	0,45
	Other H	6,87	6,69	0,95
	Jumlah	85,32	83,60	75,62
Oxygenate	Alkohol	3,51	3,65	10,45
	Acid	1,14	0,61	7,47
	Keton	1,18	1,60	3,02
	Aldehid	0,00	0,00	0,58
	Phenol	5,29	5,75	0,73
	Eter	1,11	0,94	0,00
	Other O	2,45	3,85	2,13
	Jumlah	14,68	16,40	24,38

Dari Tabel 4.1 menunjukkan bahwa bio-oil hasil pirolisis pada temperatur 400°C, 450°C, dan 500°C tergolong dalam senyawa hidrokarbon. Hal ini dikarenakan biomassa cangkang sawit dan plastik memiliki gugusan atom karbon dan hidrogen yang tinggi. Akan tetapi dengan meningkatnya temperatur dari 400°C, 450°C, dan 500°C memperlihatkan bahwa terjadi peningkatan jumlah oksigenat, terlihat bahwa pada suhu 500°C senyawa alkohol dan acid mengalami peningkatan dari 3,51% menjadi 10,45% dan 1,14% menjadi 7,47%. Dari identifikasi GC-MS dapat diketahui bahwa semakin meningkatnya temperatur pirolisis semakin banyak jumlah oksigenat yang teridentifikasi, dikarenakan bahan baku biomassa cangkang sawit yang digunakan mengandung unsur oksigen.

#### 4.6 Penggolongan Unsur Carbon Bio-Oil

Penggolongan unsur carbon bio-oil berdasarkan identifikasi hasil GC-MS pada campuran cangkang sawit dan plastik berkatalis CaO pada temperatur 400°C, 450°C dan 500°C terlihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Penggolongan Unsur Carbon Bio-Oil

Dari gambar 4.7 menunjukkan bahwa unsur carbon bio-oil pada temperatur 400°C terdiri dari 58,50% gas oline, 22,63% solar dan 0,19% minyak berat, kemudian pada temperatur 450°C unsur carbon bio-oil terdiri dari 56,82% gas oline, 27,49% solar dan 0,23% minyak berat, sedangkan pada temperatur 500°C mempunyai unsur carbon yang terdiri dari 43,88% gas oline, 30,17% solar dan 0,73% minyak berat. Dari hasil penggolongan tersebut terlihat bahwa gas oline mengalami penurunan dari temperatur 400°C, 450°C dan 500°C, sedangkan pada solar/diesel dan minyak berat mengalami peningkatan.