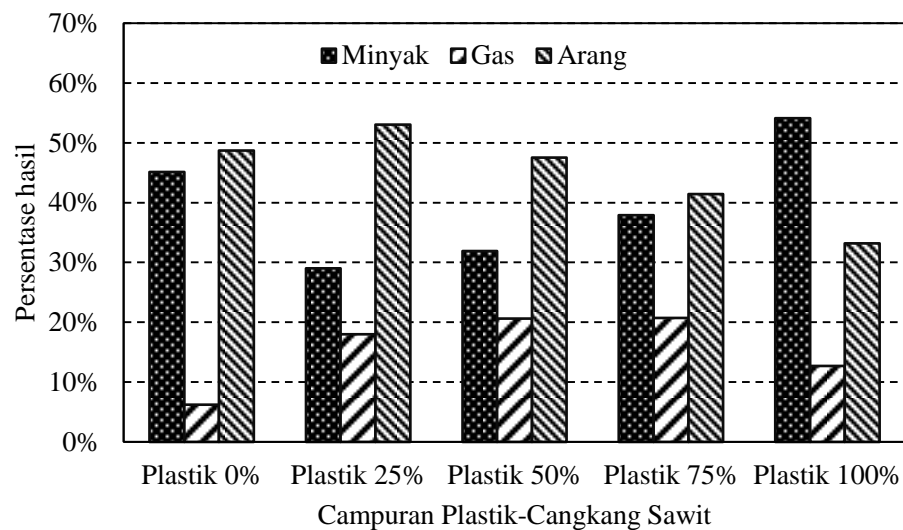


## BAB IV PEMBAHASAN

### 4.1. Pengaruh Persentase Plastik dan Cangkang Sawit Terhadap Kuantitas Produk Pirolisis

Kuantitas *bio-oil* ini menunjukkan seberapa banyak massa arang, massa *bio-oil*, dan massa gas yang dihasilkan setelah proses pirolisis selesai. Kuantitas *bio-oil* dipengaruhi oleh jenis bahan baku, persentase bahan baku, penggunaan katalis, ukuran bahan baku, dan suhu pemanasan, hal ini sesuai dengan jurnal yang dipublikasikan oleh Ahmad dkk (2014) mengatakan bahwa faktor yang mempengaruhi produk *bio-oil* adalah ukuran partikel biomassa, suhu, serta jenis bahan baku.



Gambar 4.1. Perbandingan Kuantitas Produk *Bio-oil*, Gas dan Arang

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa jumlah *bio-oil* yang terbesar berada di campuran Plastik 100 % sebesar 54,1 %. Jumlah ini jauh lebih tinggi dibandingkan campuran Plastik 0 % sebesar 45,1 %, campuran Plastik 75 % sebesar 37,9 %, dan campuran Plastik 50 % sebesar 31,9 %. Penurunan yang signifikan berada pada campuran Plastik 25 % yang hanya memiliki jumlah sebesar 29,0 %. Untuk menghitung kuantitas *bio-oil* menggunakan persamaan 3.2.

Jumlah kuantitas gas yang tertinggi berada pada campuran Plastik 75 % sebesar 20,7 %, jumlah ini hanya beda 0,1 % dengan campuran Plastik 50 % yang berjumlah 20,6 %. Penurunan berikutnya berada pada campuran Plastik 25 % sebesar 18,0 %, dan campuran Plastik 100 % sebesar 12,7 %. Sedangkan penurunan jumlah persentase hasil gas yang terbesar berada pada campuran Plastik 0 % Sawit 100 % yaitu sebesar 6,2 %. Untuk menghitung kuantitas gas menggunakan persamaan 3.4.

Persentase hasil arang yang tertinggi berada pada campuran Plastik 25 % sebesar 53,0 %, setelah itu terjadi penurunan persentase hasil pada campuran Plastik 0 % sebesar 48,7 %, Plastik 50 % sebesar 47,5 %, dan Plastik 75 % sebesar 41,1 %. Keempat campuran tersebut hanya memiliki penurunan persentase 3 – 6 % dari jumlah persentase hasil arang tertinggi. Sedangkan penurunan persentase hasil yang terendah berada pada campuran Plastik 100 % sebesar 33,2 %. Untuk menghitung kuantitas arang menggunakan persamaan 3.3.

Menurut Haryono dkk (2017), jika plastik yang mengalami pendekomposisi menjadi gas dan cairan akan memiliki produk *bio-oil* dan gas yang besar dibandingkan dengan produk arangnya. Hal ini terbukti pada Gambar 4.1 terlihat bahwa Plastik 100 % memiliki jumlah *bio-oil* yang besar dan jumlah arang yang kecil dibandingkan presentase campuran lainnya.

Gambar 4.1 memperlihatkan juga bahwa campuran Plastik 75 %, 50 %, dan 25 % terjadi penurunan produk *bio-oil* disertai kenaikan jumlah arang dan gas. Hal ini disebabkan oleh besar kecilnya persentase campuran plastik terhadap cangkang sawit akan menyebabkan volatil pada cangkang sawit sulit terlepas, karena ketika bahan baku plastik dan cangkang sawit dipanaskan, permukaan cangkang sawit akan tertutupi oleh lelehan dari plastik yang menyebabkan volatil pada cangkang sawit sulit keluar. Selain itu plastik juga dapat mempercepat proses degradasi cangkang sawit menjadi arang pada presentase campuran Plastik 75 %, 50 %, dan 25 %, sehingga produk arang yang dihasilkan memiliki nilai kuantitas yang besar dibandingkan dengan jumlah *bio-oil* yang dihasilkan.

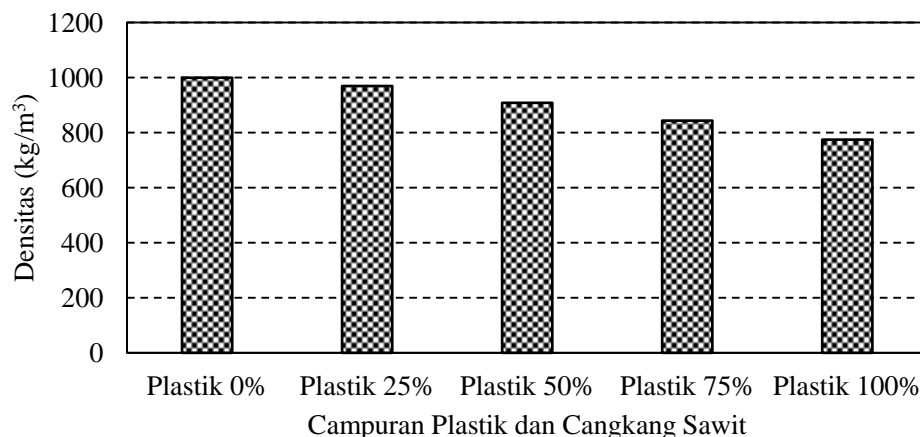
Berbeda halnya dengan campuran Plastik 0 %, pada Gambar 4.1 jumlah kuantitas *bio-oil* terjadi peningkatan yang signifikan, karena pada Plastik 0 %

dapat mengeluarkan volatilnya dengan baik namun diiringi juga dengan peningkatan jumlah arang yang tinggi, karena pada cangkang sawit memiliki *fixed carbon* yang cukup tinggi dibandingkan dengan plastik.

Dapat disimpulkan bahwa perbedaan jumlah kuantitas antara jumlah *bio-oil*, arang dan gas dipengaruhi oleh jumlah volatil yang terlepas dan jumlah *fixed carbon* yang terkandung pada setiap bahan baku yang dipakai.

#### 4.2. Pengaruh Persentase Plastik Terhadap Densitas *Bio-oil*

Densitas atau disebut juga massa jenis adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda dengan satuan  $\text{kg/m}^3$ . Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya, sehingga pengujian densitas ini dilakukan bertujuan untuk mengukur massa produk *bio-oil* yang diperoleh dalam setiap satuan volume *bio-oil*.



Gambar 4.2. Perbandingan Persentase Plastik dan Sawit Terhadap Densitas *Bio-oil*

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa densitas yang paling rendah berada pada campuran Plastik 100 % sebesar  $775,1 \text{ kg/m}^3$  dan mengalami peningkatan berturut – turut pada campuran Plastik 75 %, Plastik 50 %, Plastik 25 % sebesar  $844,1 \text{ kg/m}^3$ ,  $908,8 \text{ kg/m}^3$ ,  $969,9 \text{ kg/m}^3$  dan peningkatan yang paling tinggi berada pada campuran Plastik 0% sebesar  $1000 \text{ kg/m}^3$ . Untuk menghitung densitas *bio-oil* menggunakan persamaan 3.5.

Perbedaan nilai densitas ini dipengaruhi oleh jumlah Oksigen yang terkandung di dalam bahan baku yang dipakai, di mana pada persentase Plastik 0 % Sawit 100

% memiliki nilai densitas yang paling besar itu disebabkan oleh bahan baku cangkang sawit sendiri memiliki senyawa Oksigenat yang tinggi dibandingkan dengan plastik. Semakin banyak jumlah Oksigen yang terkandung, maka akan semakin besar densitas yang dihasilkan. Hal ini dibuktikan dengan perhitungan sebagai berikut:

Diketahui:

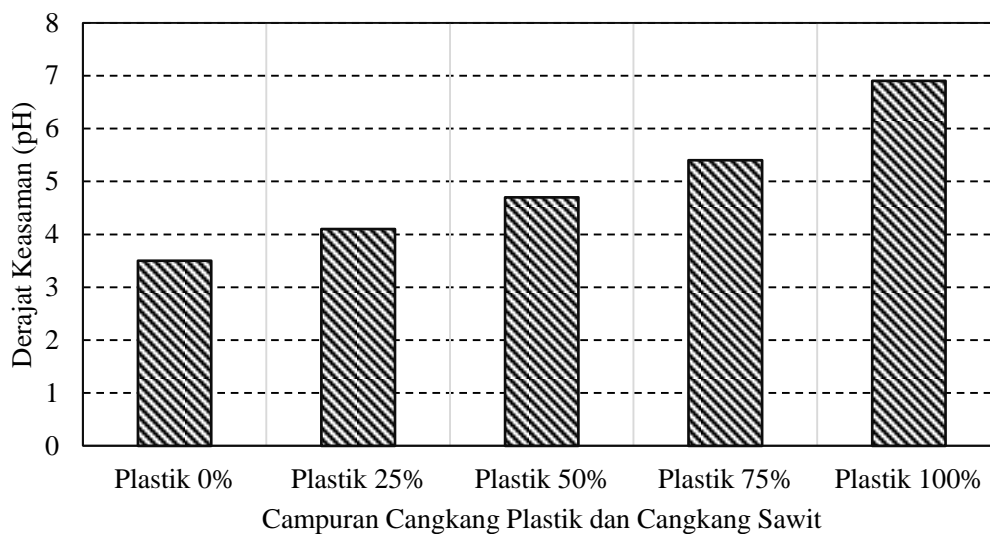
- Atom Oksigen memiliki massa atom sebesar 16 g/mol
- Hidrogen sebesar 1 g/mol
- Karbon sebesar 12 g/mol
- 1 mol = 22,4 liter

Didapat nilai bahwa pada atom O memiliki massa atom sebesar 0,71 g/liter, Hidrogen sebesar 0,04 g/liter dan Karbon sebesar 0,53 g/liter, atau sama saja dengan 0,71 kg/m<sup>3</sup> untuk atom O, 0,04 kg/m<sup>3</sup> untuk atom H, dan 0,53 kg/m<sup>3</sup> untuk atom C. Perbandingan perhitungan tersebut terlihat bahwa senyawa yang mengandung jumlah Oksigen yang besar akan memiliki jumlah densitas yang tinggi dibandingkan dengan senyawa penyusun C dan H pada senyawa Hidrokarbon.

Pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa persentase cangkang sawit 100 % lebih dominan tersusun atas golongan Oksigenat dibandingkan Hidrokarbon, yang mana pada golongan Oksigenat adalah golongan dengan jumlah Oksigen yang banyak dibandingkan senyawa Karbon dan Hidrogen. Menurut Permatasari (2011) menyebutkan bahwa bahan baku akan berpengaruh terhadap perubahan densitas.

#### **4.3. Pengaruh Persentase Plastik terhadap Derajat Keasaman *Bio-oil***

Derajat keasaman digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan. Tinggi rendahnya pH suatu larutan sangat dipengaruhi oleh kandungan zat mineral lainnya. Sebagaimana yang telah ditetapkan, pH standar (bersifat netral) adalah 7,0. Jika nilai pH suatu larutan bernilai di bawah 7,0 berarti larutan itu bersifat asam, sedangkan jika nilainya di atas 7,1 berarti basa.



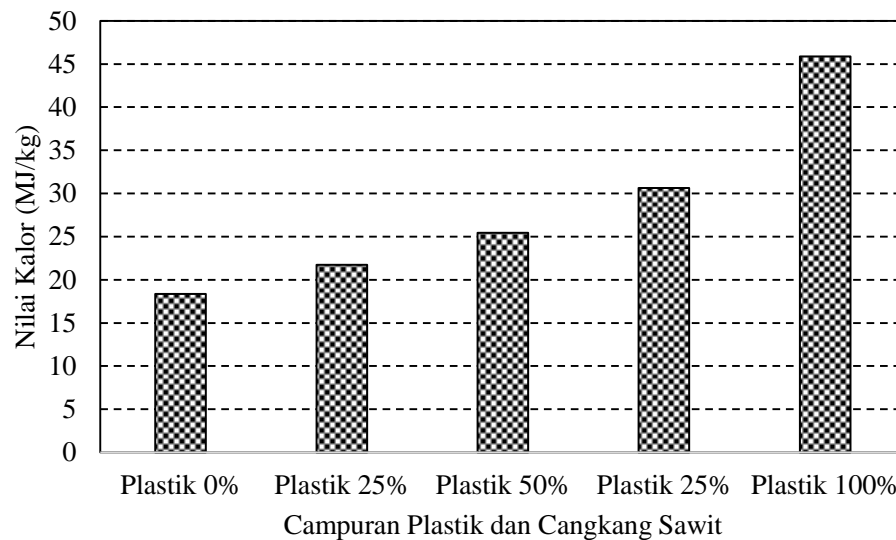
Gambar 4.3. Perbandingan Persentase Plastik dan Sawit Terhadap Derajat Keasaman *Bio-oil*

Untuk pengujian keasaman ini, *Bio-oil* yang diperoleh dari proses pirolisis yang sudah dilakukan sebelumnya, semuanya memiliki nilai keasaman di bawah 7,0 sehingga semua *bio-oil* tersebut termasuk asam. Pada Gambar 4.3 menunjukkan bahwa, campuran Plastik 100 % Sawit 0 % memiliki tingkat keasaman yang tinggi sebesar 6,9. Kemudian pada campuran Plastik 75 % mengalami penurunan derajat keasaman sebesar 5,4, Plastik 50 % sebesar 4,7 dan Plastik 25 % sebesar 4,1. Sedangkan penurunan tingkat keasaman terendah berada pada campuran Plastik 0 % sebesar 3,5.

Sifat asam disebabkan oleh gugus fungsional Oksigen yang cenderung akan membuat ikatan rangkap dan membentuk senyawa Oksigenat Asam. Hal itulah yang menyebabkan persentase cangkang sawit 100 % memiliki derajat keasaman yang tinggi, karena pada bahan baku cangkang sawit memiliki jumlah senyawa Oksigenat yang besar. Hal itu dibuktikan pada Tabel 4.2.

#### 4.4. Pengaruh Persentase Plastik Terhadap Nilai Kalor Biooil

Nilai kalor adalah jumlah energi yang dilepaskan ketika suatu bahan bakar dibakar secara sempurna dalam suatu proses aliran *steady* dan produk dikembalikan lagi ke keadaan dari reaktan.



Gambar 4.4. Grafik Perbandingan Persentase Plastik dan Sawit Terhadap Nilai Kalor *Bio-oil*

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa peningkatan nilai kalor terbesar berada pada campuran plastik 100 % sebesar 45,89 MJ/kg, sedangkan penurunan nilai kalor terjadi pada Campuran Plastik 75 % sebesar 30,63 MJ/kg, campuran Plastik 50 % sebesar 25,45 MJ/kg. Sedangkan untuk campuran Plastik 25 % dan Plastik 0 % memiliki nilai kalor sebesar 21,72 MJ/kg dan 18,37 MJ/kg. Gambar 4.4 memiliki nilai kenaikan yang hampir sama dengan jurnal yang telah dipublikasikan oleh Wardana (2016), yang mengatakan bahwa cangkang sawit memiliki nilai kalor sebesar 21 – 23 MJ/kg dan dalam jurnal lain yang dipublikasikan oleh Rachmawati dkk (2015) mengatakan bahwa rata – rata nilai kalor plastik sebesar 10.000 – 9.500 cal/g.

Nilai kalor dipengaruhi oleh senyawa Oksigenat yang terkandung di dalam *bio-oil*. Mengacu pada Gambar 4.4 memperlihatkan bahwa nilai kalor tertinggi didapat pada campuran Plastik 100 %, karena pada Plastik 100 % termasuk ke dalam senyawa Hidrokarbon, dapat dilihat pada Tabel 4.2. Mengingat senyawa Hidrokarbon tersusun atas Hidrogen dan Karbon, dan memiliki sedikit komposisi senyawa Oksigenatnya, sehingga hal inilah yang menyebabkan Plastik 100 % memiliki nilai kalor yang tinggi. Berbeda dengan campuran bahan baku yang memiliki cangkang sawit sebagai tambahannya, pada *bio-oil* yang memiliki

campuran cangkang sawit akan mengalami penurunan jumlah nilai kalor. Hal ini terjadi karena pada cangkang sawit memiliki susunan senyawa Oksigenat dalam komposisi penyusun bahan bakunya.

Sebagai perbandingan atas pengaruh Oksigen terhadap nilai kalor dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Perbandingan Senyawa dengan dan Tanpa Oksigen (Untoro, 2013)

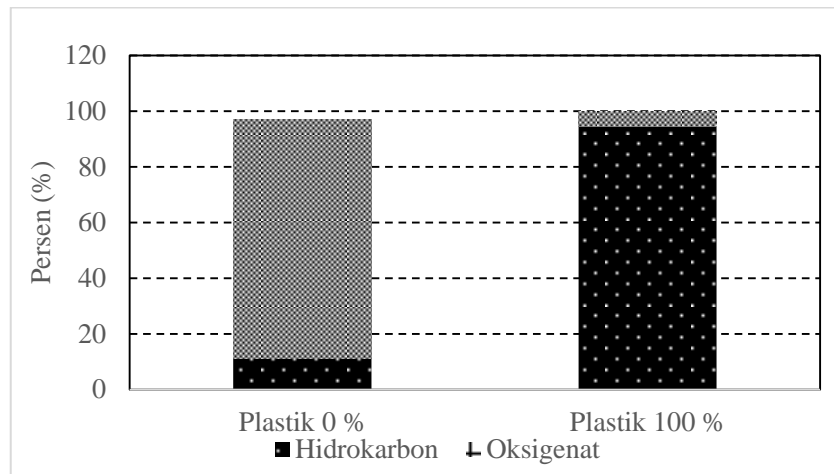
Nama Senyawa	Rumus Senyawa	Nilai Kalor (MJ/kg)	Perbandingan	Nama Senyawa	Rumus Senyawa	Nilai Kalor (MJ/kg)
Metana	CH <sub>4</sub>	50,009		Metanol	CH <sub>3</sub> OH	22,7
Etana	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	47,794		Etanol	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	29,7
Propana	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	50,35		Propanol	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> OH	33,6

Pada Tabel 4.1 memperlihatkan bahwa senyawa yang memiliki kandungan Oksigen akan mengalami penurunan nilai kalor, hal ini membuktikan bahwa senyawa Oksigenat sangat berpengaruh terhadap nilai kalor *bio-oil*.

#### 4.5. Pengaruh Persentase Plastik terhadap Senyawa Pembentuk *Bio-oil*

Komposisi senyawa pembentuk *bio-oil* ditentukan dengan pengujian GCMS, kemudian hasil yang didapat dari pengujian GCMS di kelompokkan menurut golongan senyawanya masing – masing, seperti pada Tabel 4.2.

Gambar 4.5 menunjukkan jika bahan baku cangkang sawit termasuk kedalam senyawa Oksigenat dengan komposisi utamanya adalah Hidrogen, Karbon dan Oksigen. Sedangkan bahan baku plastik termasuk kedalam senyawa Hidrokarbon dengan komposisi senyawanya adalah Hidrogen dan Karbon.



Gambar 4.5 Susunan Senyawa Hidrokarbon dan Oksigenat

Senyawa Hidrokarbon dan Oksigenat memiliki jenis yang bermacam – macam. Seperti pada senyawa Hidrokarbon terdapat jenis Aromatik, Alifatik, *Cyclo* atau Siklik dan PAH (*Polycyclic Aromatic Hydrocarbon*), dan pada Oksigenat memiliki jenisnya juga seperti Alkohol, Asam, Keton, Aldehid, Fenol, Ester dan Furan. Jenis – jenis tersebut memiliki perbedaan masing – masing sesuai dengan nama dan bentuk dari komposisi kimia kandungan *bio-oil*nya yang tertera pada data GC-MS. Tabel 4.2 menunjukkan komposisi kimia yang terkandung pada *bio-oil* campuran persentase Plastik 100 % Sawit 0 % dan Plastik 0 % Sawit 100 %.



Tabel 4.2. Senyawa Pembentuk *Bio-oil*

Golongan	Jenisnya	Ikatan	P100, S0	P0, S100
			Area%	Area%
Hidrokarbon	PAH			
	Aromatik			
			4,54	
	Alifatik	Alkane	29,05	7,66
		Alkene	55,12	3,07
		Alkyne	0,64	0,15
		Cyclo	Alkane	3,91
Alkene			1,07	0,44
Alkyne				
Oksigena	Alkohol		4,81	9,99
	Asam			23,18
	Keton			14,8
	Aldehyde		0,86	6,52
	Phenol			31,35
	Ester			
	Furan			
Other				2,84
Total			100	100

Keterangan : P = Plastik, dan S = Cangkang Sawit.

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa Plastik 100 % Sawit 0 % tergolong dalam senyawa Hidrokarbon, itu disebabkan bahan dasar pembuatan plastik berasal dari minyak bumi yang memiliki gugusan atom Karbon dan Hidrogen yang tinggi.

Sedangkan pada Plastik 0 % dan Sawit 100 % termasuk ke dalam senyawa Oksigenat, karena pada cangkang sawit memiliki kandungan Oksigen yang besar.

Selain itu pada campuran Plastik 0 % Sawit 100 % terdapat senyawa lain (*other*) selain senyawa Hidrokarbon dan Oksigenat yang terkandung, hal ini disebabkan karena pada saat penelitian atau pengujian GCMS terdapat unsur lain yang tercampur pada *bio-oil* selain unsur Hidrogen, Karbon dan Oksigen. Dan juga pada campuran Plastik 0 % Sawit 100 % yang seharusnya hanya senyawa Oksigenat saja yang ada namun terdapat senyawa Hidrokarbon yang terkandung, ini disebabkan karena penggunaan *pyrolizer* yang digunakan juga pada proses pirolisis berbahan baku plastik sehingga *bio-oil* yang dihasilkan tidak murni dan memiliki sedikit senyawa Hidrokarbon akibat dari proses pirolisis sebelumnya. Hal tersebut juga terjadi pada *Bio-oil* yang dihasilkan dari campuran bahan baku Plastik 100 % Sawit 0 % yang memiliki senyawa Oksigenat pada komposisi senyawanya.