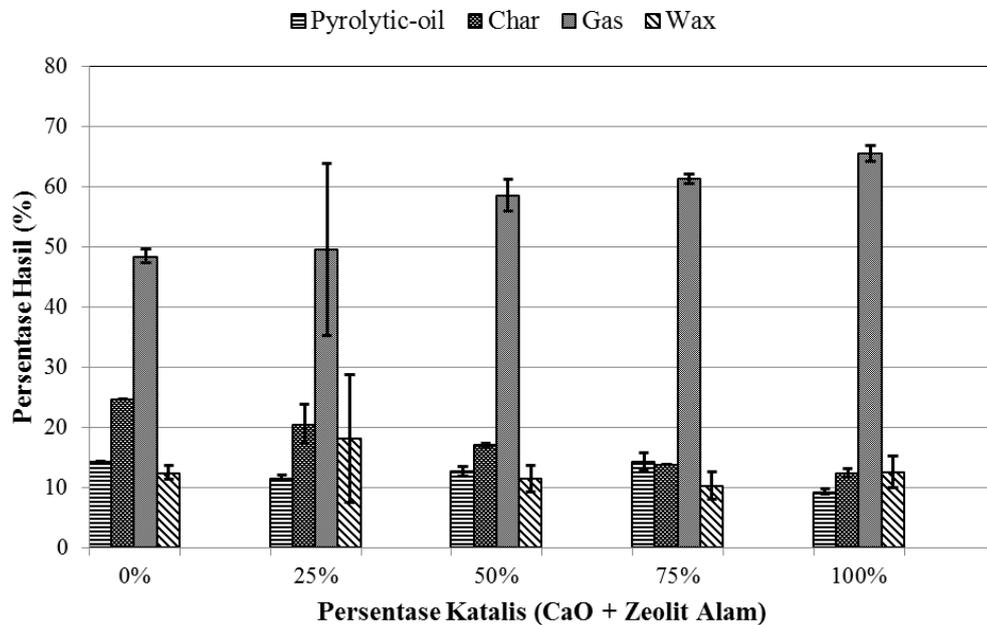


## BAB IV PEMBAHASAN

### 4.1 Pengaruh Persentase Katalis Terhadap Kuantitas Produk Pirolisis

Kuantitas produk pirolisis merupakan parameter seberapa banyak jumlah massa *pyrolytic-oil*, *char* (arang), gas, dan *wax* yang dihasilkan dari proses pirolisis yang telah selesai. Pengaruh katalis terhadap kuantitas produk pirolisis dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan 4.2 yang perhitungannya menggunakan persamaan 3.2 sampai 3.5.



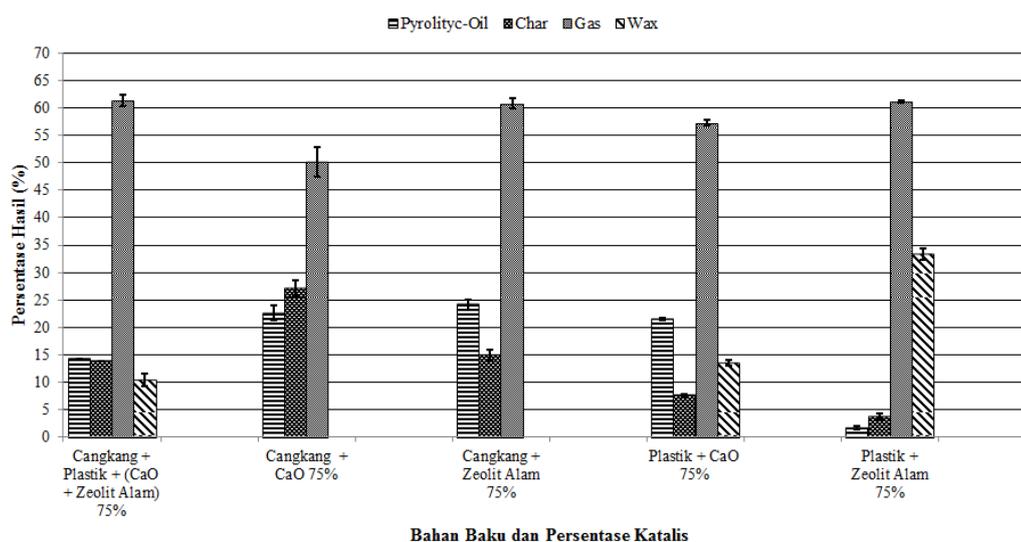
Gambar 4.1. Perbandingan Kuantitas Produk Pirolisis.

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa secara keseluruhan penambahan katalis (CaO + Zeolit alam) yang semakin banyak akan berpengaruh terhadap menurunnya produk arang (*char*) yang disertai peningkatan produk gas secara kontinyu. Peristiwa ini disebabkan oleh penambahan katalis yang semakin banyak akan menyebabkan dekomposisi bahan semakin tinggi, sehingga proses pirolisis pada temperatur pemanasan yang sama akan menyebabkan pengeluaran volatil pada bahan semakin optimal. Keseluruhan peristiwa ini berdampak pada sisa hasil arang semakin sedikit sedangkan produk gasnya akan semakin meningkat.

Gambar 4.1 juga memperlihatkan bahwa pada penambahan katalis (CaO + Zeolit alam) 75% menghasilkan persentase *wax* terkecil dan *pyrolytic-oil*

terbanyak. Adapun jumlah *wax* terkecil ini diakibatkan oleh adanya reaksi *catalytic cracking* dalam memotong rantai hidrokarbon panjang menjadi rantai yang lebih pendek. Menurut Syamsiro (2015) bahwa penggunaan katalis akan berfungsi pada pemotongan rantai hidrokarbon panjang menjadi lebih pendek. Selain itu, pada persentase ini diindikasikan sebagai persentase penambahan katalis paling optimal dalam pembentukan senyawa hidrokarbon jika dibandingkan dengan persentase lainnya. Identifikasi ini didukung dengan data pengujian densitas *pyrolytic-oil*, di mana pada penambahan katalis (CaO + Zeolit alam) 75% menghasilkan densitas terendah yang artinya kandungan *pyrolytic-oil* didominasi oleh senyawa hidrokarbon. Menurut Syamsiro (2015) bahwa penambahan katalis pada proses pirolisis akan menghasilkan formasi hidrokarbon cabang yang lebih banyak.

Selain data yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 dilakukan juga perhitungan kuantitas produk pirolisis yang dihasilkan dari proses pirolisis masing-masing bahan cangkang sawit dan plastik. Pada pengujian ini masing-masing bahan dipirolisis dengan penambahan katalis CaO maupun Zeolit alam dengan persentase 75%. Hasil perhitungan persentase produk pirolisis dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Perbandingan Kuantitas Produk Pirolisis.

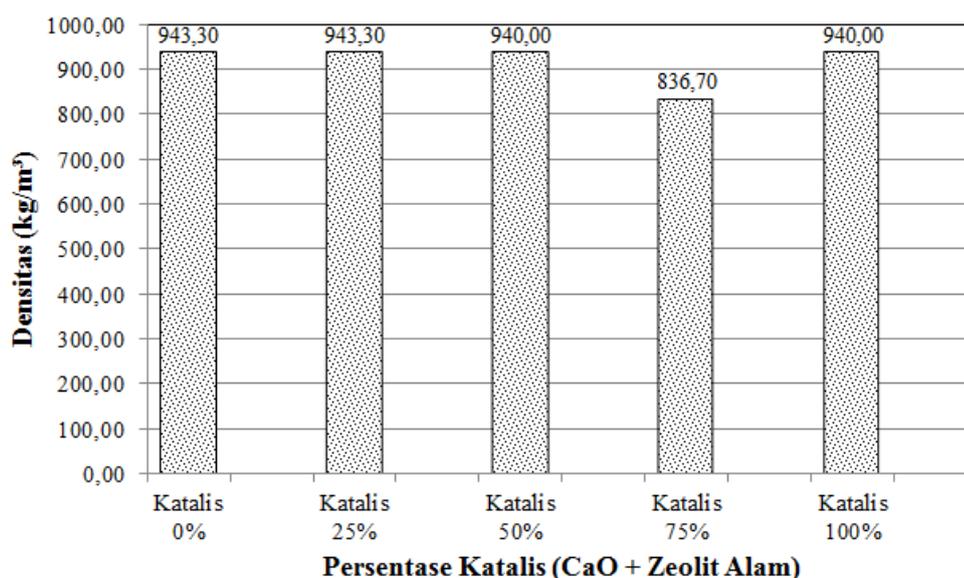
Gambar 4.2 memperlihatkan bahwa pada pirolisis cangkang sawit dengan katalis CaO 75% maupun katalis Zeolit alam 75% tidak menghasilkan *wax*.

Peristiwa tidak adanya *wax* ini dikarenakan pada proses pirolisis cangkang sawit terjadi dekomposisi secara keseluruhan tanpa adanya hambatan.

Sedangkan pada pirolisis plastik dengan penambahan katalis Zeolit alam 75% menghasilkan produk *pyrolytic-oil* yang sangat kecil jika dibandingkan dengan penambahan katalis CaO 75% yaitu masing-masing sebesar 1,70% dan 21,50%. Keberadaan *wax* ini disebabkan oleh adanya dekomposisi plastik yang lebih cepat berada pada bagian plastik yang dekat dengan permukaan katalis. Sementara plastik di sekitarnya belum terdekomposisi dan baru meleleh. Peristiwa ini akan menyebabkan lelehan plastik terbawa oleh pengeluaran volatil plastik tersebut, sehingga lelehan plastik akan menempel pada dinding pipa pengeluaran produk pirolisis dan membeku serta akan berubah wujud menjadi *wax*.

#### 4.2 Pengaruh Persentase Katalis Terhadap Nilai Densitas *Pyrolytic-oil*.

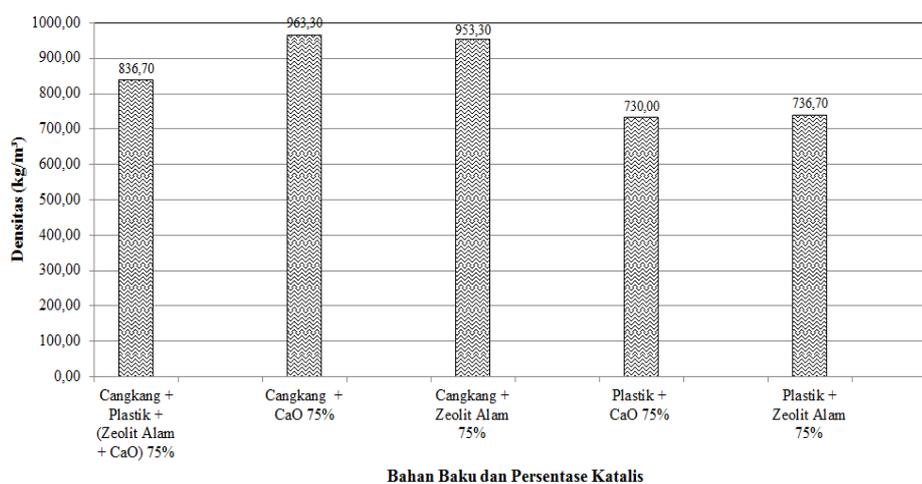
Densitas (massa jenis) merupakan pengukuran massa per satuan volume pada suatu fluida cair. Jika suatu bahan bakar cair dengan volume yang sama namun memiliki massa jenis yang berbeda, tentu akan berpengaruh terhadap tempat penyimpanannya. Untuk menghitung nilai densitas *pyrolytic-oil* digunakan persamaan 3.6, serta hasil pengukurannya dapat dilihat pada Gambar 4.3. dan 4.4.



Gambar 4.3. Perbandingan Persentase Katalis (CaO + Zeolit alam) Terhadap Densitas *Pyrolytic-oil*.

Gambar 4.3 menginformasikan bahwa produk *pyrolytic-oil* dari proses pirolisis campuran cangkang sawit dan plastik menghasilkan nilai densitas terendah berada pada penambahan katalis (CaO + Zeolit alam) 75% yaitu sebesar 836,70 kg/m<sup>3</sup>. Menurut Juliansyah (2017) perbedaan nilai densitas pada *pyrolytic-oil* dipengaruhi oleh banyaknya jumlah kandungan senyawa hidrokarbon dan oksigenat, hal ini dikarenakan senyawa oksigen memiliki massa atom (O) yang lebih besar dari pada massa atom hidrogen karbon. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengaruh katalis terhadap densitas paling optimum berada pada persentase katalis 75%, dimana pada persentase ini menghasilkan densitas terendah yang mendekati nilai densitas bahan bakar solar jika dibandingkan dengan persentase lainnya yang mendekati nilai densitas air. Peristiwa ini disebabkan oleh keberadaan katalis CaO dalam menghilangkan senyawa oksigen (O) melalui reaksi *deoxygenation* dan katalis zeolit alam dalam menghilangkan air (H<sub>2</sub>O) melalui reaksi *dehydration*, dimana kedua senyawa tersebut memiliki massa atom yang besar dihilangkan oleh reaksi katalis.

Selain data yang ditunjukkan pada Gambar 4.3, dilakukan juga pengujian densitas pada produk *pyrolytic-oil* yang dihasilkan dari pirolisis masing-masing bahan cangkang sawit dan plastik. Pada pengujian ini masing-masing bahan dipirolisis dengan penambahan katalis CaO maupun Zeolit alam dengan persentase 75%. Hasil pengukuran densitasnya dapat dilihat pada Gambar 4.4.

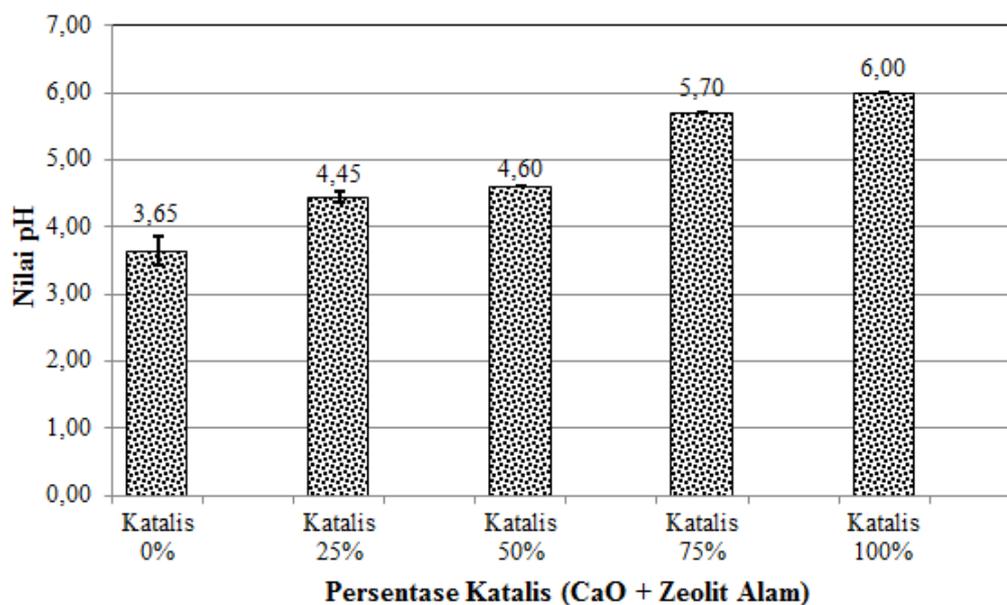


Gambar 4.4. Perbandingan Persentase Katalis CaO dan Zeolit alam Terhadap Densitas *Pyrolytic-oil*.

Gambar 4.4 menginformasikan bahwa *pyrolytic-oil* dari pirolisis cangkang sawit memiliki nilai densitas lebih besar jika dibandingkan dengan pirolisis berbahan plastik. Hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan kandungan senyawa penyusun pada kedua bahan, dimana bahan cangkang sawit memiliki kandungan selulosa dan lignin cukup tinggi (Abnisa dkk, 2013), sehingga pada saat selulosa dan lignin pada cangkang sawit terdekomposisi akan menghasilkan *pyrolytic-oil* yang didominasi oleh senyawa oksigenat berupa asam dan phenol, dimana senyawa oksigenat memiliki massa atom (O) yang besar dan akan berpengaruh terhadap nilai densitas *pyrolytic-oil* (Juliansyah, 2017). Sementara itu plastik merupakan senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya karbon (C) dan hidrogen (H) (Surono, 2013), sehingga pada saat pendekomposisi plastik pada proses pirolisis akan menghasilkan *pyrolytic-oil* yang didominasi oleh senyawa hidrokarbon.

### **4.3 Pengaruh Persentase Katalis Terhadap Derajat Keasaman**

Derajat keasaman atau nilai pH merupakan parameter yang menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan pada suatu bahan cair. Semakin kecil nilai pH suatu bahan cair memiliki arti bahwa bahan cair tersebut memiliki kandungan asam yang semakin banyak. Hasil pengukuran nilai pH *pyrolytic-oil* dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan 4.6.



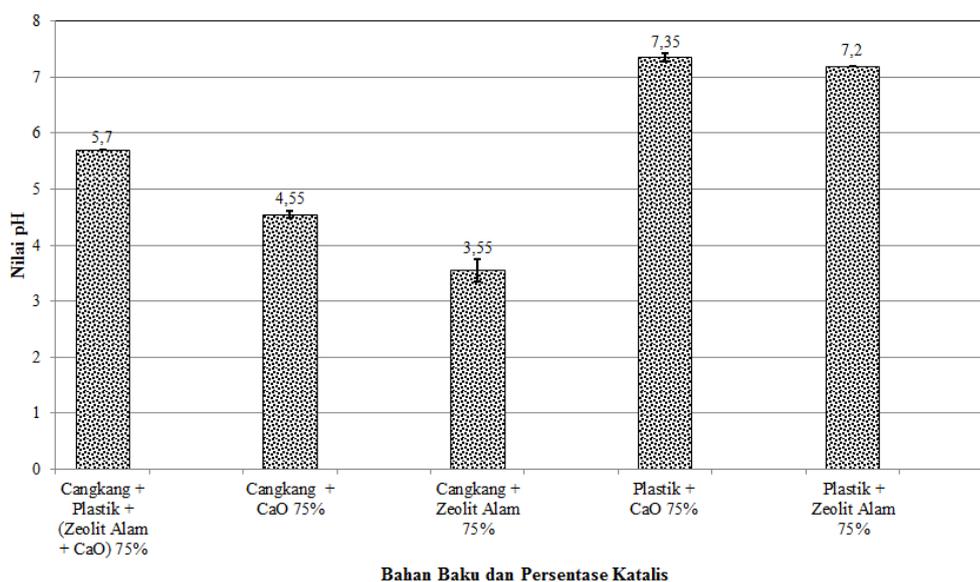
Gambar 4.5. Perbandingan Katalis (CaO + Zeolit alam) Terhadap Derajat Keasaman *Pyrolytic-oil*.

Gambar 4.5 memperlihatkan bahwa semua produk *pyrolytic-oil* yang dihasilkan dari pirolisis campuran cangkang sawit dan plastik dengan penambahan persentase katalis (CaO + Zeolit alam) 0% sampai 100% dikategorikan sebagai larutan asam, karena semua produk cair memiliki nilai pH dibawah 7,0. Keberadaan asam pada *pyrolytic-oil* disebabkan oleh kandungan selulosa cangkang sawit pada saat terdekomposisi menghasilkan senyawa asam (Raju, 2016).

Berdasarkan Gambar 4.5 juga memperlihatkan bahwa dengan penggunaan katalis (CaO + Zeolit alam) yang semakin banyak akan berfungsi baik dalam mengurangi kandungan asam produk *pyrolytic-oil*. Fenomena ini disebabkan oleh aktivitas katalis CaO dalam merubah senyawa asam menjadi kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dan keton melalui reaksi *netralisation*. Sementara pada katalis Zeolit alam juga terjadi reaksi penghilangan senyawa asam menjadi senyawa hidrokarbon melalui reaksi *decarboxylation*. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Sihabudin (2018) bahwa seiring dengan penambahan persentase katalis CaO yang semakin banyak maka kandungan senyawa asam *pyrolytic-oil* akan semakin berkurang. Hasil penelitian pirolisis yang serupa juga

dilakukan oleh Wardana (2016) bahwa peran katalis Zeolit alam pada pirolisis campuran cangkang sawit dan plastik dapat berfungsi baik dalam mereduksi kandungan oksigen yang berdampak pada turunnya kandungan senyawa asam.

Selain data pengujian yang ditunjukkan pada Gambar 4.5 dilakukan juga pengujian keasaman pada produk *pyrolytic-oil* yang dihasilkan dari pirolisis masing-masing bahan cangkang sawit dan plastik. Pada pengujian ini masing-masing bahan dipirolisis dengan katalis CaO maupun Zeolit alam dengan persentase 75%. Hasil pengukurannya dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Perbandingan Katalis CaO dan Zeolit alam Terhadap Derajat Keasaman *Pyrolytic-oil*.

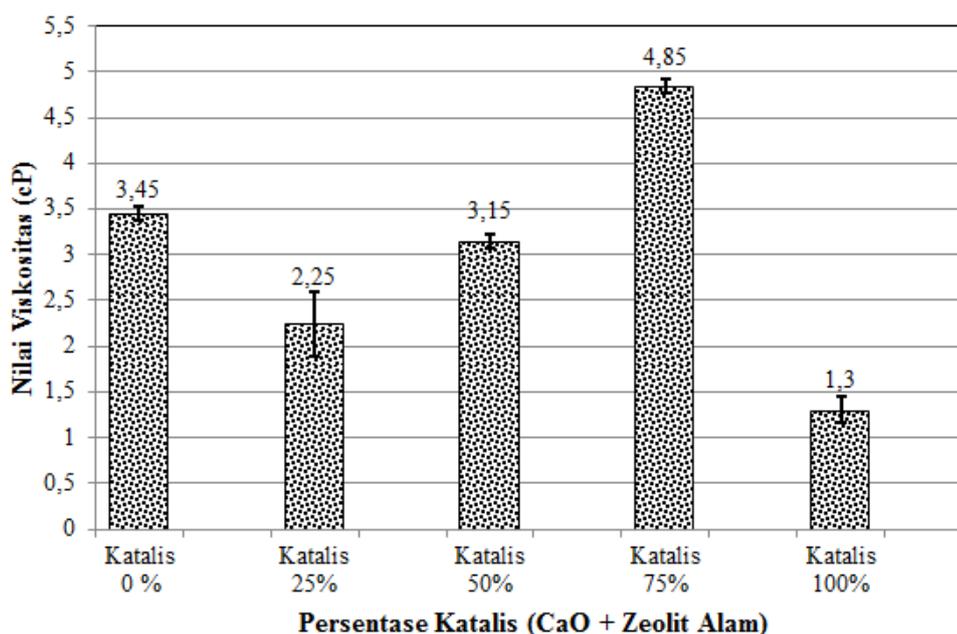
Gambar 4.6 menginformasikan bahwa pirolisis cangkang sawit dengan penambahan katalis CaO 75% maupun Zeolit alam 75% keduanya menghasilkan produk *pyrolytic-oil* yang bersifat asam. Hal ini dikarenakan kandungan selulosa pada cangkang sawit saat terdekomposisi akan menghasilkan senyawa asam. Sementara pada pirolisis plastik dengan penambahan katalis CaO 75% maupun Zeolit alam 75% didapat nilai pH sebesar 7,35 dan 7,20. Pada peristiwa ini menandakan bahwa *pyrolytic-oil* tersebut termasuk dalam larutan basa, karena nilai pH lebih dari 7,0.

Berdasarkan Gambar 4.6 dapat disimpulkan bahwa aktivitas katalis CaO lebih optimal dibanding katalis zeolit alam dalam mereduksi kandungan senyawa

asam, hal ini disebabkan karena katalis berbahan CaO memiliki reaksi netralisasi yang lebih tinggi sedangkan katalis berbahan zeolit alam memiliki reaksi dekarboksilasi yang aktivitasnya lebih rendah dari katalis CaO. Hal ini hampir serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh Lu dkk (2010) bahwa katalis CaO memiliki performa lebih optimal dalam mengurangi kandungan asam dibanding dengan katalis lain berbahan MgO, TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NiO maupun ZnO.

#### 4.4 Pengaruh Persentase Katalis Terhadap Viskositas *Pyrolytic-oil*.

Tujuan dilakukannya pengujian ini dikarenakan tingkat kekentalan bahan bakar cair yang semakin tinggi akan sangat berpengaruh dalam mengalir melalui saluran bahan bakar serta memungkinkan kesulitan untuk dapat dikabutkan pada ruang bakar kendaraan. Hasil pengukuran viskositas *pyrolytic-oil* dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan 4.8.



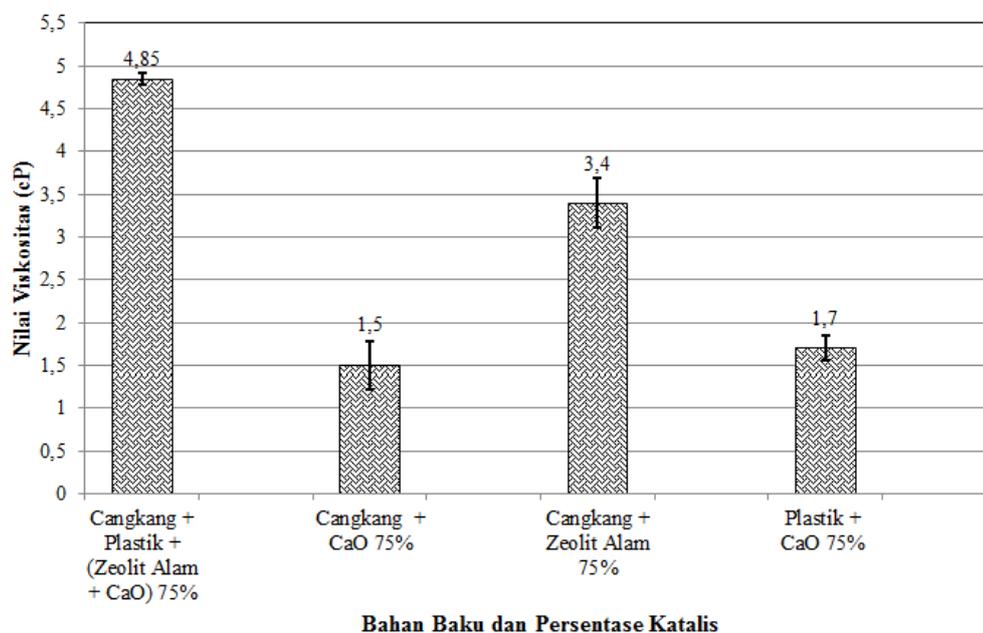
Gambar 4.7. Perbandingan Katalis (CaO + Zeolit alam) Terhadap Nilai Viskositas *Pyrolytic-oil*.

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa produk *pyrolytic-oil* dari hasil pirolisis campuran cangkang sawit dan plastik bersifat fluktuatif, namun nilai viskositas tertinggi berada pada campuran katalis (CaO + Zeolit alam) 75% yaitu sebesar 4,85 cP. Hal ini dikarenakan adanya senyawa hidrokarbon rantai panjang yang

terdekomposisi oleh katalis menjadi cair dan kemudian tercampur pada *pyrolytic-oil*, sehingga *pyrolytic-oil* ini memiliki nilai viskositas tinggi serta memiliki karakteristik sifat yang non homogen.

Kemudian diperoleh nilai viskositas pada persentase campuran katalis (CaO + Zeolit alam) 0%, 25%, 50% dan 100% yaitu dengan nilai masing-masing sebesar 3,45 cP, 2,25 cP, 3,15 cP, dan 1,3 cP. Perbedaan nilai viskositas ini juga diindikasikan karena adanya kandungan air pada *pyrolytic-oil*, jika semakin banyak kadar air pada *pyrolytic-oil* maka nilai viskositasnya akan semakin rendah, pernyataan ini didukung dengan uji pembakaran sampel. Bahwa sampel *pyrolytic-oil* dengan nilai viskositas terendah tidak dapat terbakar karena memiliki kadar air yang sangat tinggi.

Selain data pengujian yang ditunjukkan oleh Gambar 4.7, dilakukan juga pengujian viskositas pada produk *pyrolytic-oil* yang dihasilkan dari pirolisis masing-masing bahan cangkang sawit dan plastik. Pada pengujian ini masing-masing bahan dipirolisis dengan penambahan katalis CaO maupun Zeolit Alam dengan persentase 75%. Hasil pengukurannya dapat dilihat pada Gambar 4.8.



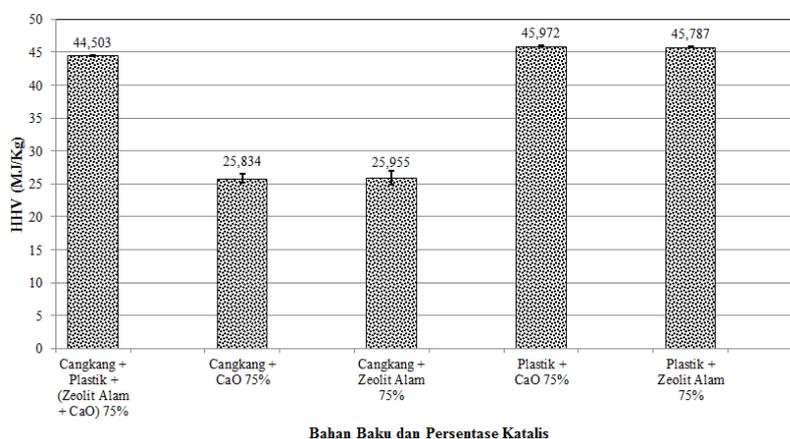
Gambar 4.8. Perbandingan Katalis CaO dan Zeolit Alam Terhadap Nilai Viskositas *Pyrolytic-oil*.

Gambar 4.8 memperlihatkan bahwa produk *pyrolytic-oil* dari pirolisis cangkang sawit dengan penambahan katalis CaO 75% memiliki nilai viskositas lebih rendah dibanding dengan katalis Zeolit Alam 75% yaitu sebesar 1,50 cP dan 3,40 cP. Hal ini disebabkan oleh perbedaan rantai panjang dan pendek pada senyawa oksigenat, dimana pada *pyrolytic-oil* dengan katalis CaO didominasi oleh senyawa oksigenat rantai pendek sebesar 99,99% sehingga nilai viskositasnya rendah.

Selanjutnya pada *pyrolytic-oil* dari pirolisis plastik dengan penambahan katalis CaO 75% menghasilkan nilai viskositas sebesar 1,70 cP. Sementara pada penambahan katalis Zeolit alam 75% tidak dilakukan pengujian viskositas, karena jumlah *pyrolytic-oil* tidak mencapai 75ml sebagai jumlah minimum pengujian viskositas.

#### 4.5 Pengaruh Persentase Katalis Terhadap Nilai Kalor *Pyrolytic-oil*.

Nilai kalor didefinisikan sebagai jumlah energi panas yang dilepaskan pada proses pembakaran oleh suatu bahan bakar per satuan massa. Pada penelitian ini dilakukan pengujian kalor *pyrolytic-oil* guna mengetahui pengaruh penambahan persentase katalis CaO dan Zeolit alam pada pirolisis campuran cangkang sawit dan plastik terhadap nilai kalor yang dimiliki oleh *pyrolytic-oil* tersebut. Hasil pengujian nilai kalor dapat dilihat pada gambar 4.9.



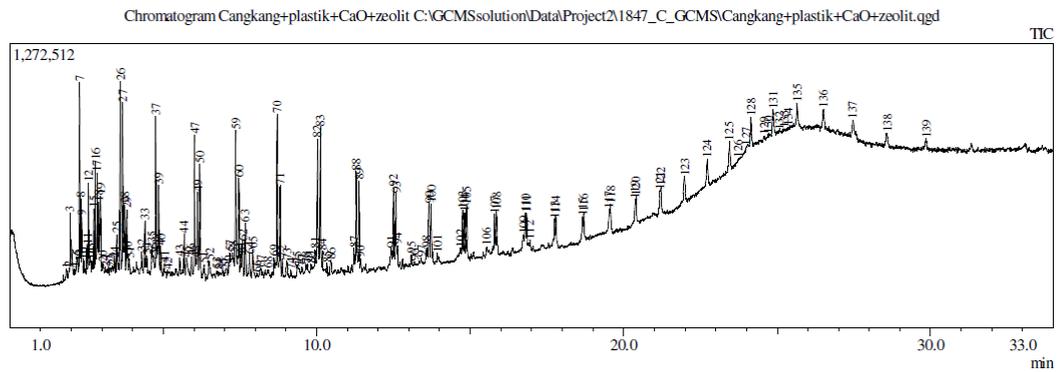
Gambar 4.9. Perbandingan Katalis CaO dan Zeolit alam Terhadap Nilai Kalor *Pyrolytic-oil*.

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa nilai kalor terbesar berada pada pirolisis plastik dengan penambahan katalis CaO 75% yaitu sebesar 45,972 MJ/Kg. sedangkan pirolisis plastik dengan katalis Zeolit alam 75% diperoleh nilai kalor sebesar 45,787 MJ/Kg. Kemudian pada pengujian nilai kalor produk *pyrolytic-oil* berbahan cangkang sawit dengan katalis CaO 75% dan Zeolit alam 75% dihasilkan nilai kalor masing-masing sebesar 25,834 MJ/Kg dan 25,955 MJ/Kg. Sementara pada pirolisis campuran cangkang sawit dan plastik dengan penambahan katalis (CaO + Zeolit Alam) 75% menghasilkan *pyrolytic-oil* dengan nilai kalor sebesar 44,503 MJ/Kg.

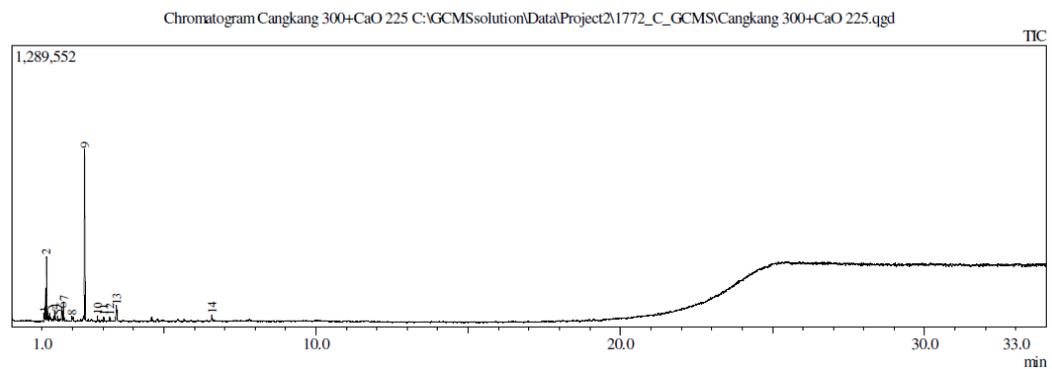
Besar kecilnya nilai kalor dipengaruhi oleh seberapa banyak golongan hidrokarbon yang terkandung dalam *pyrolytic-oil*. Hal ini dapat dibuktikan dengan mengkorelasikan nilai kalor pada Gambar 4.9 dengan data yang disajikan pada Tabel 4.1, bahwa semakin besar golongan hidrokarbon pada *pyrolytic-oil* maka nilai kalor akan semakin besar juga. Pernyataan ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Lu dkk (2010) bahwa katalis CaO akan mendorong pembentukan Hidrokarbon dan *Cyclopentanones*, dimana semakin banyak golongan senyawa tersebut akan menghasilkan minyak pirolisis dengan nilai kalor yang semakin tinggi.

#### **4.6 Pengaruh Persentase Katalis Terhadap Senyawa Penyusun *Pyrolytic-oil*.**

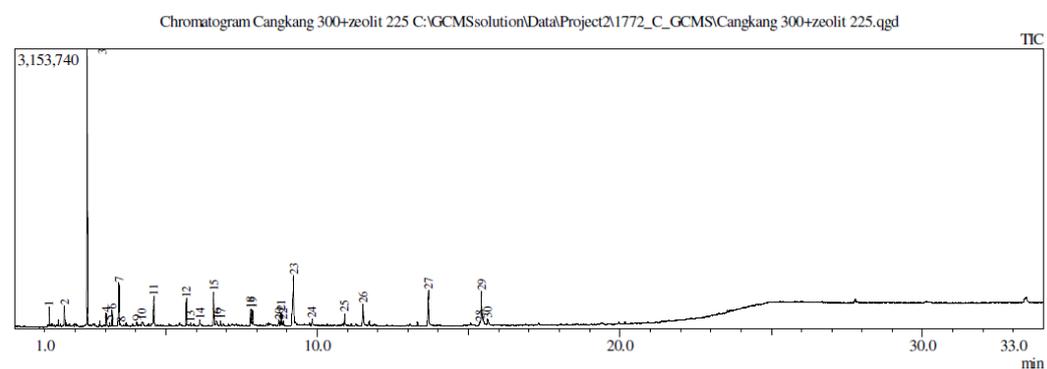
Pengujian ini dilakukan untuk dapat diketahui senyawa-senyawa penyusun yang terkandung pada *pyrolytic-oil* hasil pirolisis campuran cangkang sawit dan plastik dengan katalis (CaO + Zeolit alam) 75%. Dilakukan juga pengujian senyawa penyusun yang terkandung pada *pyrolytic-oil* dari pirolisis masing-masing cangkang sawit dan plastik dengan penambahan katalis CaO maupun Zeolit Alam secara terpisah. Pengujian senyawa penyusun dilakukan dengan menggunakan alat GC-MS (*Gas Chromatography Mass Spectrometry*). Kandungan senyawa dalam *pyrolytic-oil* tentu memiliki jumlah senyawa yang berbeda-beda sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 4.10 sampai 4.15.



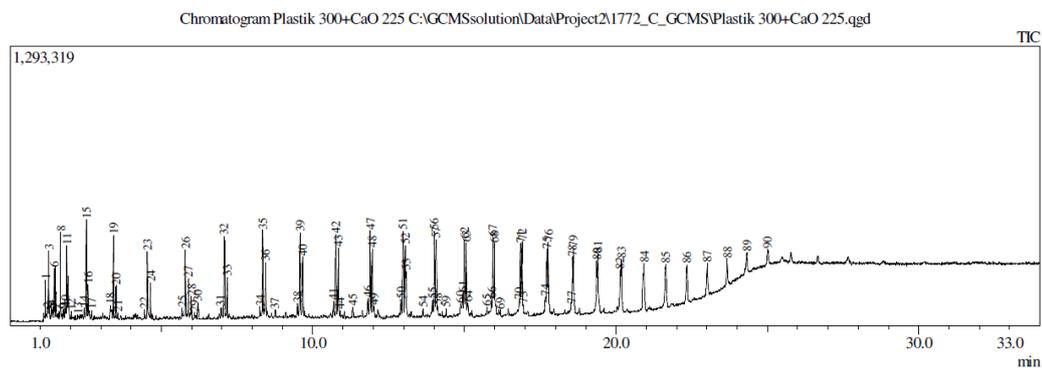
Gambar 4.10. Identifikasi Senyawa Hasil Uji GC-MS *Pyrolytic-oil* Campuran Cangkang Sawit dan Plastik dengan Katalis (CaO + Zeolit alam) 75%.



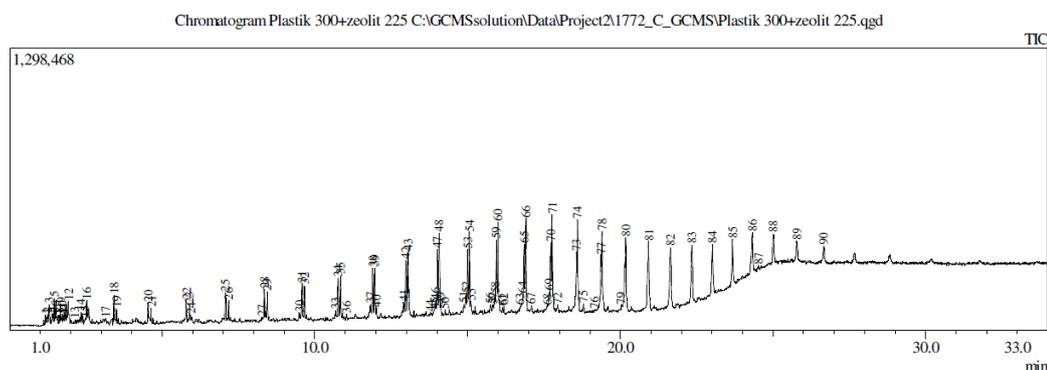
Gambar 4.11. Identifikasi Senyawa Hasil Uji GC-MS *Pyrolytic-oil* Berbahan Cangkang Sawit dengan Katalis CaO 75%.



Gambar 4.12. Identifikasi Senyawa Hasil Uji GC-MS *Pyrolytic-oil* Berbahan Cangkang Sawit dengan Katalis Zeolit alam 75%.



Gambar 4.13. Identifikasi Senyawa Hasil Uji GC-MS *Pyrolytic-oil* Berbahan Plastik dengan Katalis CaO 75%.



Gambar 4.14. Identifikasi Senyawa Hasil Uji GC-MS *Pyrolytic-oil* Berbahan Plastik dengan Katalis Zeolit alam 75%.

Gambar 4.10 sampai 4.14 merupakan hasil identifikasi kromatogram dari lima sampel *pyrolytic-oil* yang dapat kita lihat hasilnya berbeda-beda. Secara pembacaan semakin banyak jumlah puncak senyawa (*peak*) pada grafik tersebut menandakan bahwa jumlah senyawa yang terkandung dalam *pyrolytic-oil* tersebut semakin banyak. Begitu juga dengan semakin tinggi dan lebar puncak senyawa (*peak*) maka mengindikasikan bahwa jumlah persentase senyawa pada area tersebut memiliki nilai yang besar. Hal ini dapat dibuktikan dengan salah satu grafik pada Gambar 4.10 nomor puncak 26 merupakan puncak paling tinggi dengan kandungan senyawa phenol sebesar 2,67% area.

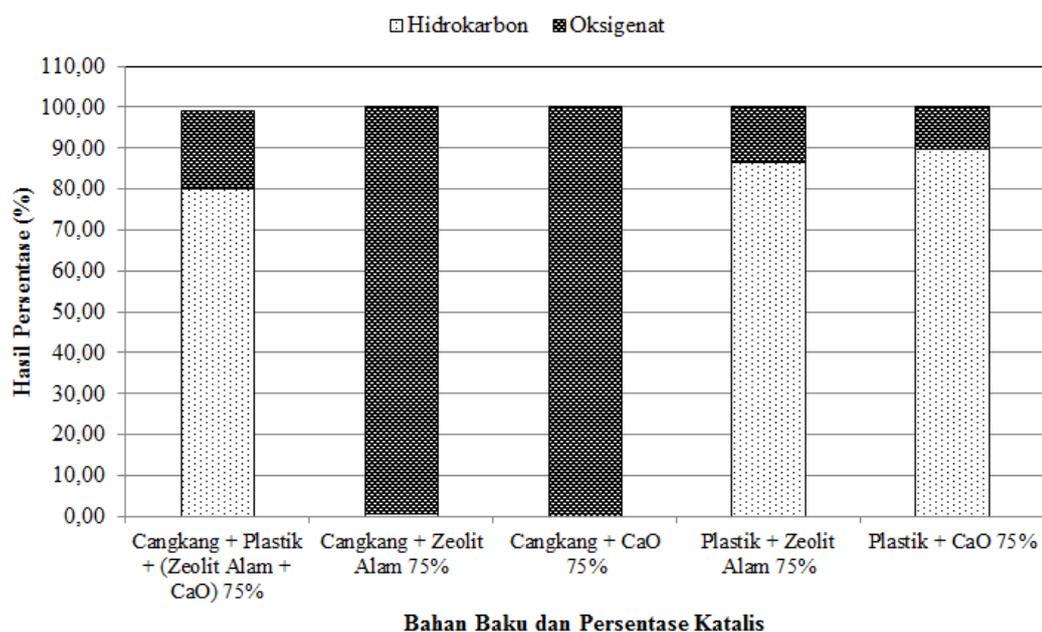
Gambar 4.10 sampai 4.14 apabila dibaca secara rinci melalui data *Mass Spectrometry* (MS) maka susunan senyawa pembentuknya dapat diklasifikasikan kedalam dua golongan, yakni golongan hidrokarbon dan oksigenat. Golongan hidrokarbon ialah senyawa kimia yang tersusun atas unsur atom karbon (C) dan unsur atom hidrogen (H), dimana seluruh rantai atom C dan H saling berikatan. Sedangkan golongan oksigenat merupakan senyawa kimia yang tersusun dari unsur karbon (C), hidrogen (H) dan oksigen (O). Penggolongan jenis hidrokarbon dan oksigenat pada lima sampel *pyrolytic-oil* dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.15.

Tabel 4.1 Komposisi Senyawa *Pyrolytic-oil*

Golongan	Senyawa	Ikatan	Cangkang + Plastik + (Zeolit alam + CaO) 75%	Cangkang + CaO 75%	Cangkang + Zeolit alam 75%	Plastik + CaO 75%	Plastik + Zeolit alam 75%
			(%) Area	(%) Area	(%) Area	(%) Area	(%) Area
Hidrokarbon	Alifatik	Alkana	23,80	0	0,41	39,96	53,16
		Alkena	32,26	0	0	43,17	24,27
		Alkuna	0,00	0	0	0	0,40
	Siklik	Alkana	3,79	0	0	3,25	6,95
		Alkena	1,63	0	0	0,86	0,21
		Alkuna	0,00	0	0	0	0
	Aromatik	11,83	0	0	1,93	1,21	
	PAH	6,74	0	0	0,43	0,24	
	<b>Jumlah</b>	<b>80,05</b>	<b>0</b>	<b>0,41</b>	<b>89,60</b>	<b>86,44</b>	
Oksigenat	Alkohol	10,49	1,96	0	8,37	11,81	
	Asam	2,51	28,63	35,23	0	0,48	
	Keton	2,53	4,13	3,25	1,60	0,91	
	Aldehid	0,52	0	0	0	0	
	Phenol	2,67	56,12	58,94	0	0	
	Ester	0,00	0	0	0	0	
	Furan	0,19	9,15	2,18	0,44	0,39	
	Glycol	0,00	0	0	0	0	
<b>Jumlah</b>	<b>18,91</b>	<b>99,99</b>	<b>99,60</b>	<b>10,41</b>	<b>13,59</b>		
<b>Jumlah Total</b>			<b>98,96</b>	<b>99,99</b>	<b>100,01</b>	<b>100,01</b>	<b>100,03</b>

Tabel 4.1 memperlihatkan pada pirolisis campuran cangkang sawit dan plastik dengan katalis (CaO + Zeolit alam) 75% menghasilkan senyawa aromatik yang cukup banyak. Hal ini diduga adanya reaksi deoksigenasi dari katalis CaO dalam mengubah senyawa phenol menjadi senyawa aromatik. Selain itu pada

proses pirolisis cangkang sawit dengan katalis zeolit alam 75% dapat menghasilkan golongan hidrokarbon alkana sebesar 0,41%. Hal ini diidentifikasi dengan penambahan katalis zeolit alam terjadi reaksi dekarboksilasi, dimana pada reaksi tersebut terjadi perubahan senyawa asam menjadi senyawa alkana.



Gambar 4.15. Komposisi Senyawa Penyusun *Pyrolytic-oil*

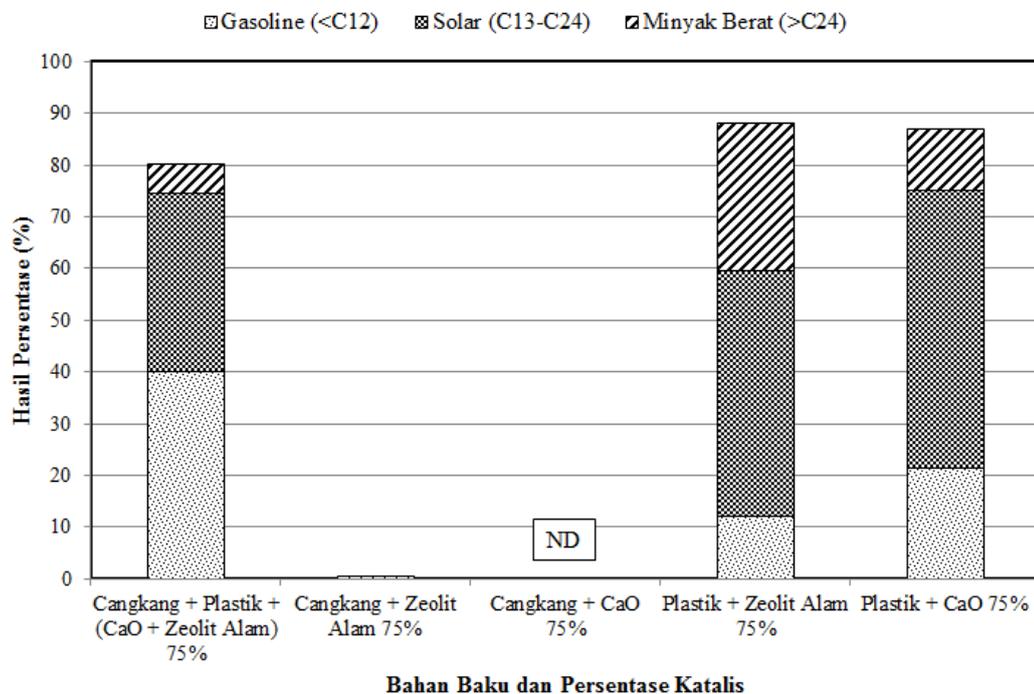
Gambar 4.15 memperlihatkan bahwa lima sampel *pyrolytic-oil* memiliki susunan senyawa yang berbeda-beda, adapun perbedaan ini disebabkan oleh jenis bahan baku yang digunakan. Terlihat pada sampel *pyrolytic-oil* dari pirolisis berbahan cangkang sawit didominasi oleh kandungan senyawa oksigenat, hal ini disebabkan karena bahan cangkang sawit memiliki komponen penyusun berupa selulosa, hemi selulosa dan lignin. Selanjutnya pada saat pirolisis berlangsung, ketiga komponen penyusun cangkang sawit tersebut akan terdekomposisi dan menghasilkan senyawa oksigenat. Menurut Raju (2016) kandungan selulosa pada cangkang sawit akan terdekomposisi pada suhu 275°C - 350 °C dan menghasilkan uap yang dapat terkondensasi menjadi produk keluaran berupa asam. Sementara itu hemiselulosa yang terdekomposisi pada suhu 150°C - 350°C hanya akan menghasilkan gas yang terbuang karena tidak dapat terkondensasi. Sedangkan komponen lignin yang terdekomposisi pada suhu 200°C - 500°C akan

menghasilkan senyawa berbentuk cincin *benzene* yang berikatan dengan gugus OH, sehingga produk keluarannya berupa phenol.

Gambar 4.15 juga memperlihatkan pada sampel *pyrolytic-oil* dari pirolisis berbahan plastik didominasi oleh kandungan senyawa hidrokarbon. Hal ini dikarenakan komponen penyusun utama material plastik terdiri atas hidrogen dan karbon. Menurut Syamsiro (2015) pada saat material plastik terdegradasi termal tanpa adanya kehadiran oksigen atau yang disebut pirolisis, maka plastik tersebut akan menghasilkan minyak pirolisis dengan dominan atas senyawa hidrokarbon.

#### 4.7 Penggolongan Unsur Karbon Pada *Pyrolytic-oil*.

Penggolongan unsur karbon dimaksudkan untuk dapat diketahui rentang nilai karbon (C) yang terkandung dalam *pyrolytic-oil* apakah termasuk dalam rentang nilai karbon bahan bakar gasoline, solar ataupun minyak berat. Penggolongan unsur karbon pada lima sampel *pyrolytic-oil* dapat dilihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16. Penggolongan Unsur Karbon Pada *Pyrolytic-oil*.

Gambar 4.16 memperlihatkan bahwa unsur karbon (C) pada *pyrolytic-oil* dari pirolisis campuran cangkang sawit dan plastik dengan penambahan katalis

(CaO + Zeolit alam) 75% memiliki rantai karbon sebagaimana bahan bakar gasoline sebanyak 40,02%, solar sebanyak 34,38% dan minyak berat sebanyak 5,65%. Kemudian unsur karbon pada *pyrolytic-oil* dari pirolisis cangkang sawit dengan katalis Zeolit Alam 75% hanya memiliki rentang nilai karbon gasoline sebesar 0,4%, sedangkan dengan penambahan katalis CaO 75% tidak menghasilkan unsur karbon (C) karena semua senyawa yang dihasilkan termasuk golongan oksigenat.

Kemudian rantai karbon (C) pada *pyrolytic-oil* dari pirolisis plastik dengan katalis CaO 75% memiliki rantai karbon sebagaimana dimiliki bahan bakar gasoline sebanyak 21,19%, solar sebanyak 53,74% dan minyak berat sebanyak 11,90%, selanjutnya dengan penambahan katalis Zeolit alam 75% menghasilkan *pyrolytic-oil* dengan rantai karbon sebagaimana dimiliki oleh bahan bakar gasoline sebanyak 11,87%, solar 47,61% dan minyak berat sebanyak 28,41%.

Data yang disajikan pada Gambar 4.16 dapat ditarik kesimpulan, bahwa produk *pyrolytic-oil* dari pirolisis campuran cangkang sawit dan plastik dengan penambahan katalis (CaO + Zeolit alam) 75% memiliki rantai karbon yang didominasi pada bahan bakar gasoline dan solar, sedangkan produk *pyrolytic-oil* dari pirolisis plastik dengan penambahan katalis CaO maupun Zeolit alam didominasi oleh unsur karbon sebagaimana dimiliki oleh bahan bakar solar. Sehingga sangat memungkinkan *pyrolytic-oil* ini kecenderungannya dapat digunakan sebagai bahan bakar solar untuk kendaraan bermesin diesel. Hal ini tentu mempertimbangkan beberapa parameter seperti nilai densitas, viskositas serta besar kecilnya nilai kalor yang dimilikinya agar dapat digunakan sebagai bahan bakar yang dapat terbakar pada ruang bakar kendaraan secara optimal.