

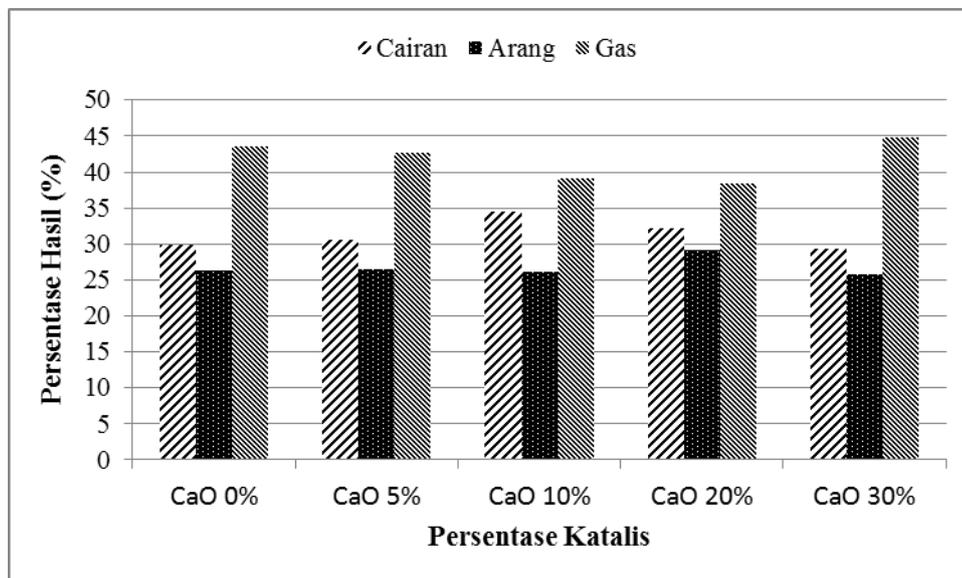
BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Katalis CaO Terhadap Kuantitas *Bio Oil*

Kuantitas *bio oil* ini menunjukkan bahwa banyaknya dari massa *bio oil*, massa arang dan massa gas yang dihasilkan dari proses pirolisis yang telah selesai. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi dari kuantitas *bio oil* diantaranya :

1. Jenis bahan baku pirolisis.
2. Persentase dari bahan baku.
3. Ukuran partikel bahan baku.
4. Suhu Pemanas.

Sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Juliansyah (2017) mengatakan bahwa faktor yang dapat mempengaruhi kuantitas produk *bio oil* adalah ukuran partikel biomassa, suhu, dan jenis bahan baku.



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

Pada grafik di atas menunjukkan bahwa *bio oil* terbesar berada pada campuran CaO 10% sebesar 34,5 % dan sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan campuran CaO 20% sebesar 32,3 %. Jumlah *bio oil* yang hampir bersamaan terdapat pada campuran CaO 0% dan CaO 30% yaitu sebesar 29,93 % dan 29,3

%, Sedangkan campuran CaO 5% menghasilkan *bio oil* sebesar 30,7 %. Untuk menghitung kuantitas *bio oil* digunakan persamaan 3.2.

Persentase arang yang paling tinggi dihasilkan pada campuran CaO 20% yaitu sebesar 29,2 %. Kemudian terjadi penurunan yang hampir sama nilai persentasenya yaitu masing – masing pada campuran CaO 0% sebesar 26,4 %, campuran CaO 5% sebesar 26,6 %, campuran CaO 10% sebesar 26,2 % dan CaO 30% sebesar 25,8 %. Untuk menghitung persentase arang digunakan persamaan 3.3.

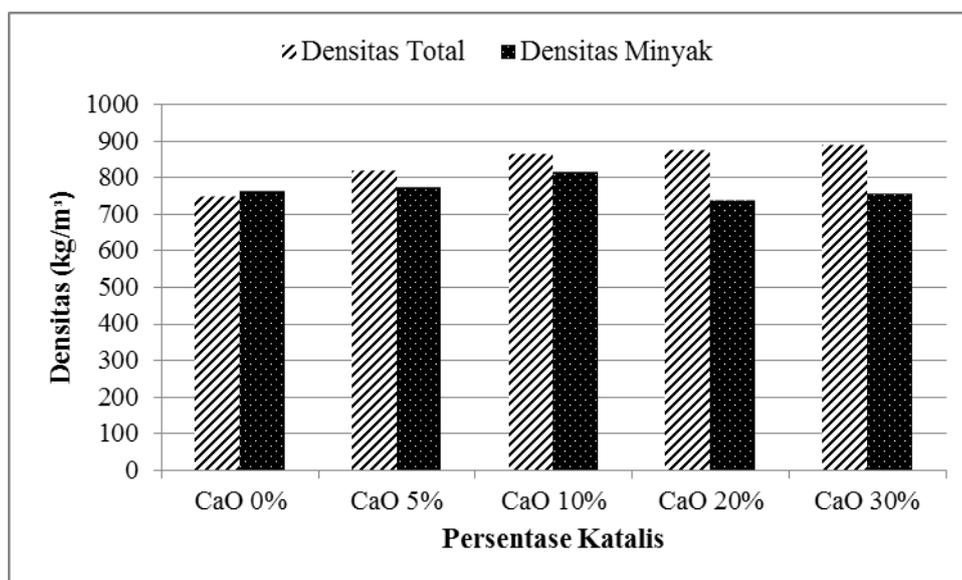
Jumlah persentase gas yang tertinggi berada pada campuran CaO 30% sebesar 44,9 %, jumlah ini hanya lebih unggul 2% dari campuran CaO 0% dan CaO 5% yang berjumlah 43,6 % dan 42,7 %. Selanjutnya penurunan terjadi pada campuran CaO 10 % sebesar 39,2 % dan campuran CaO 20% adalah persentase gas yang paling sedikit yaitu sebesar 38,5 %. Untuk menghitung persentase gas digunakan persamaan 3.4.

Dari gambar 4.1 dapat dikatakan bahwa dari persentase cairan, arang dan gas mengalami fluktuasi. Di mana pada persentase arang dari campuran CaO 0%, campuran CaO 5%, CaO 10% dan CaO 30% yang nilainya hampir sama yaitu sebesar 26%, namun terjadi kenaikan persentase arang yaitu pada campuran CaO 20% sebesar 29,2 %. Pada campuran CaO 20% dapat dikatakan sebagai proses yang hampir sempurna, ini disebabkan karena pada campuran CaO 20% menghasilkan persentase gas yang paling sedikit dan persentase arang yang mulai meningkat dibandingkan dengan campuran yang lainnya. Sedangkan pada persentase gas mengalami penurunan dari campuran CaO 0% sampai CaO 20% kemudian kembali meningkat pada campuran CaO 30%. Hal ini disebabkan karena katalis CaO dengan jumlah persentase yang paling banyak dapat melepaskan ikatan rangkap O (oksigen) yang mampu berikatan dengan senyawa lainnya sehingga menjadi gas.

4.2 Pengaruh Katalis CaO Terhadap Nilai Densitas *Bio Oil*.

Densitas atau yang dikenal juga sebagai massa jenis yang merupakan pengukuran massa tiap satuan volume benda dengan satuannya yaitu kg/m^3 . Pada

penelitian ini bertujuan guna mengukur massa produk *bio oil* yang diperoleh dalam setiap satuan volume dari *bio oil*. Untuk menghitung nilai densitas *bio oil* menggunakan persamaan 3.5, hasil pengukuran densitas *bio oil* dapat ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2. Perbandingan Katalis CaO Terhadap Densitas total dan Densitas Minyak *Bio Oil*.

Pada gambar 4.2 menunjukkan bahwa semakin banyaknya katalis CaO maka densitas total pun akan naik. Dari gambar di atas nilai densitas total terendah terdapat pada campuran CaO 0% yaitu sebesar $748,2 \text{ kg/m}^3$ dan pada campuran CaO 5%, campuran CaO 10%, campuran CaO 20% mengalami kenaikan secara berturut – turut yaitu sebesar $818,7 \text{ kg/m}^3$, 864 kg/m^3 , 873 kg/m^3 dan peningkatan yang paling tinggi berada pada campuran CaO 30% sebesar $887,9 \text{ kg/m}^3$. Hal ini dikarenakan *bio oil* hasil dari pirolisis campuran cangkang sawit dan plastik dengan menggunakan campuran katalis CaO memiliki kandungan senyawa Oksigenat yang paling besar. Sementara pada densitas minyak mengalami peningkatan dari campuran CaO 0%, CaO 5% dan CaO 10% diantaranya sebesar $761,9 \text{ kg/m}^3$, $771,6 \text{ kg/m}^3$ dan $812,5 \text{ kg/m}^3$, kemudian mengalami penurunan pada campuran CaO 20% sebesar $736,36 \text{ kg/m}^3$ dan pada campuran CaO 30% kembali naik yaitu sebesar $753,42 \text{ kg/m}^3$.

Perbedaan nilai densitas ini dapat terpengaruhi oleh oksigen sehingga cenderung membuat ikatan hidrogen (Juliansyah, 2017), hal ini dapat dibuktikan dengan perhitungan sebagai berikut :

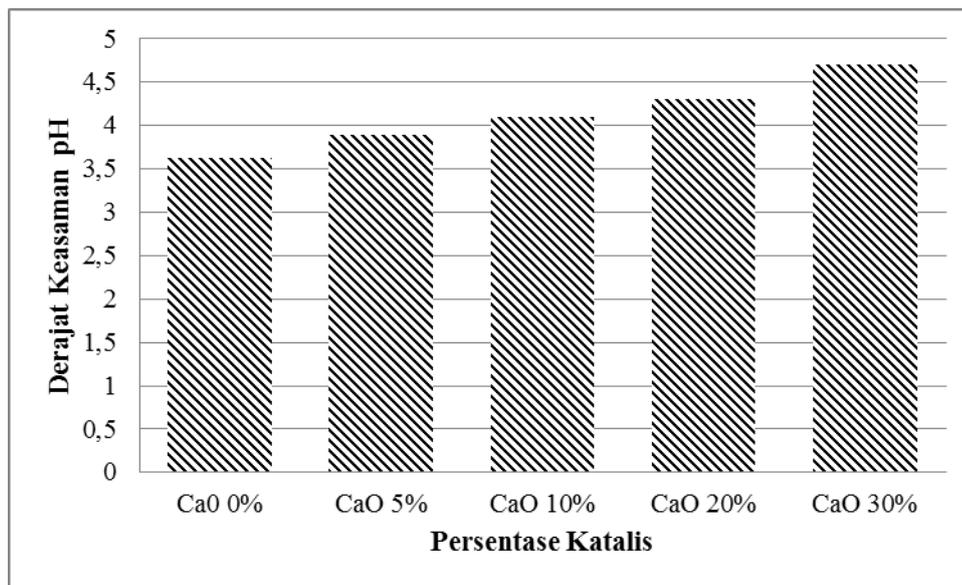
Diketahui:

- 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
- $\text{g/liter} = \text{kg/m}^3$

Berdasarkan nilai di atas pada atom C memiliki nilai sebesar $0,53 \text{ kg/m}^3$, atom H sebesar $0,04 \text{ kg/m}^3$ dan pada atom O memiliki nilai yang paling besar yaitu sebesar $0,71 \text{ kg/m}^3$. Dengan perbandingan perhitungan tersebut terlihat bahwa jumlah oksigen yang besar akan memiliki nilai densitas yang besar pula. Hal ini terbukti pada gambar 4.5 di mana kandungan senyawa Oksigen tertinggi terdapat pada campuran CaO 30% sebesar 23,51% dan memiliki nilai densitas total yang paling besar pula sebesar $887,9 \text{ kg/m}^3$, sedangkan pada campuran CaO 0% memiliki senyawa Oksigen sebesar 21,91% dan memiliki nilai densitas total yang paling kecil yaitu sebesar $748,2 \text{ kg/m}^3$.

4.3 Pengaruh Persentasi Katalis CaO Terhadap Derajat Keasaman *Bio Oil*

Derajat keasaman merupakan salah satu paramater yang berfungsi untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaaan suatu larutan. Suatu larutan dapat dikatakan bersifat netral jika mempunyai nilai pH 7,0, jika suatu larutan nilai pHnya dibawah 7,0 maka memiliki sifat asam, sedangkan jika nilai pH diatas 7,1 maka dapat dikatakan sebagai larutan basa. Pengukuran nilai pH dalam *bio oil* hasil pirolisis dapat dilihat pada gambar 4.3.



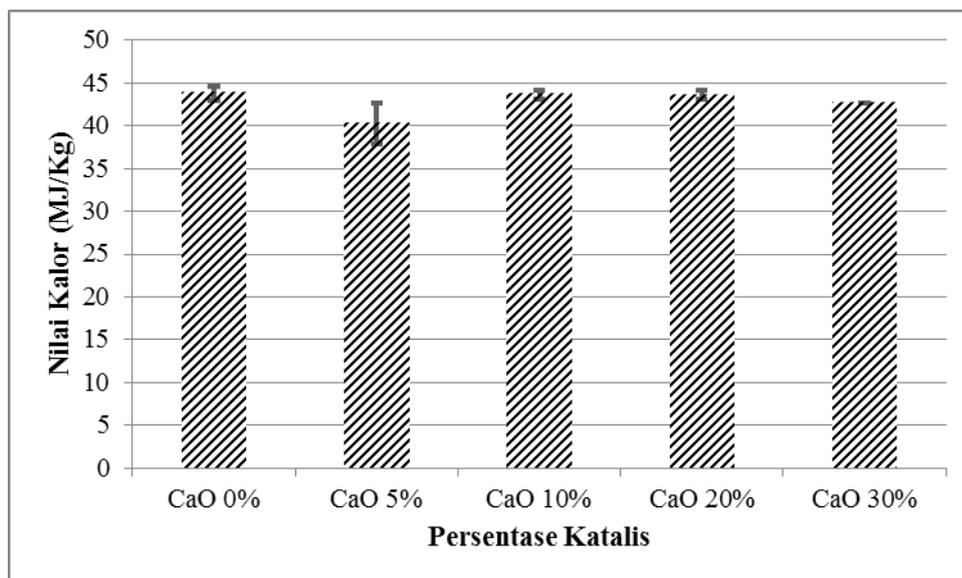
Gambar 4.3. Perbandingan Persentase Katalis CaO Terhadap Derajat Keasaman *Bio Oil*.

Dari gambar 4.3 menunjukkan bahwa semua *bio oil* bersifat asam. Pada gambar 4.3 dapat dikatakan bahwa pada campuran CaO 0% memiliki tingkat keasaman yang paling tinggi yaitu sebesar 3,6, sedangkan pada campuran CaO selanjutnya mengalami kenaikan nilai pH, diantaranya pada campuran CaO 5% sebesar 3,9, campuran CaO 10% sebesar 4,1, campuran CaO 20% sebesar 4,3 dan campuran CaO 30% sebesar 4,7. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin banyak penambahan katalis CaO dalam proses pirolisis maka akan menghasilkan *bio oil* yang bersifat mendekati basa dan katalis CaO sendiri dapat mengurangi kandungan senyawa asam dalam produk cair hasil pirolisis, maka dengan berkurangnya senyawa asam, maka nilai pH makin tinggi hingga mendekati sifat basa.

Menurut Juliansyah (2017), faktor yang dapat mempengaruhi nilai derajat keasaman adalah adanya gugus fungsional oksigen yang dapat membuat ikatan rangkap dan dapat membuat senyawa oksigenat asam. Hal inilah yang menyebabkan pada campuran CaO 0% memiliki kadar senyawa oksigenat asam tinggi sehingga memiliki tingkat keasaman yang tinggi, Hal ini dapat dibuktikan pada tabel 4.1.

4.4 Pengaruh Persentase Katalis CaO Terhadap Nilai Kalor *Bio Oil*.

Nilai kalor merupakan jumlah energi yang dikeluarkan ketika suatu bahan bakar dibakar dengan secara sempurna dalam suatu proses aliran *steady* dan produk dikembalikan lagi pada awal dari reaktan.



Gambar 4.4. Perbandingan Katalis CaO Terhadap Nilai Kalor Pada *Bio oil*.

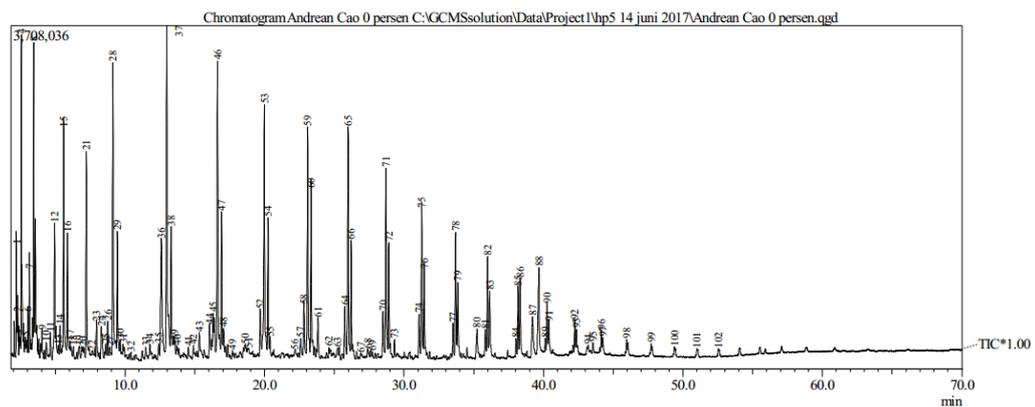
Dari gambar 4.4 menunjukkan bahwa nilai kalor pada *bio oil* tidak mengalami perubahan yang signifikan, sementara nilai kalor yang terbesar dalam *bio oil* yaitu pada campuran CaO 0% sebesar 43,80 MJ/kg sedikit lebih tinggi dari campuran CaO 10% dan CaO 20% yang masing-masing mempunyai nilai kalor sebesar 43,68 MJ/kg dan 43,62 MJ/kg, kemudian mengalami penurunan pada campuran CaO 30% yaitu sebesar 42,72 MJ/kg sedangkan nilai kalor yang paling kecil berada pada campuran CaO 5% yaitu 40,22 MJ/kg.

Dari gambar di atas dapat dikatakan bahwa semakin banyaknya kandungan katalis CaO maka nilai kalor dari *bio oil* akan kecil. Menurut Juliansyah (2017), Nilai kalor akan terpengaruhi oleh kandungan oksigenat dalam *bio oil*, hal inilah yang menyebabkan pada campuran katalis CaO 30% memiliki nilai kalor yang kecil dibandingkan dengan campuran CaO 20% dan CaO 0% karena dapat dilihat pada tabel 4.1 kandungan Oksigenat paling banyak berada pada campuran katalis CaO 30%, sehingga menyebabkan campuran CaO 30% mempunyai nilai kalor yang kecil dibanding CaO 20% dan CaO 0%. Menurut Junary (2015) nilai kalor

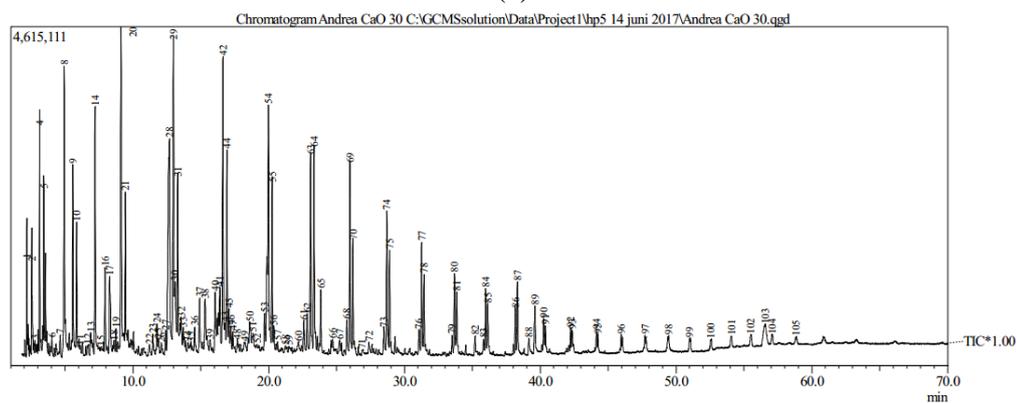
berbanding lurus dengan kadar karbon terikat, semakin besar kadar karbon terikat maka nilai kalor akan semakin tinggi dan sebaliknya.

4.5 Pengaruh Persentase Katalis CaO Terhadap Senyawa Pembentuk *Bio Oil*

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat GC-MS (*Gas Chromatography Mass Spectrometry*) yaitu untuk mengetahui kandungan dari senyawa – senyawa yang terdapat di dalam *bio oil* hasil pirolisis campuran cangkang sawit dan plastik dengan katalis berbahan CaO. Kandungan senyawa dalam *bio oil* mengandung banyak senyawa, terlihat dari banyaknya peak (senyawa) seperti pada gambar 4.5. Kemudian setelah mendapatkan hasil dari pengujian GC-MS dikelompokkan menurut golongan senyawa masing – masing, seperti pada tabel 4.1.



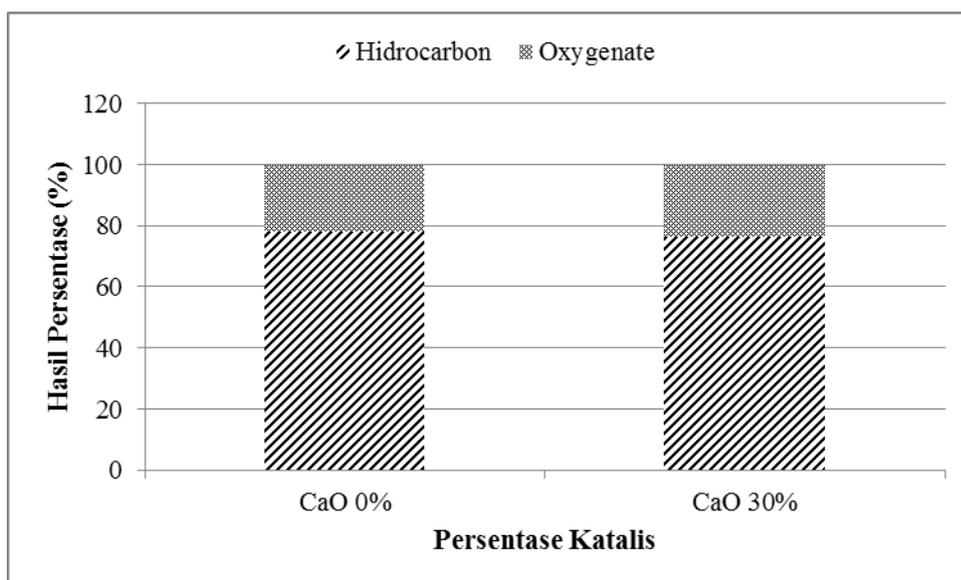
(a)



(b)

Gambar 4.5. Identifikasi senyawa hasil GC-MS (a) Campuran 0% ; (b) Campuran CaO 30%.

Menurut Haryono (2016), semakin banyak jumlah puncak senyawa (*peak*) itu mengindikasikan bahwa jumlah senyawa yang terkandung dalam *bio oil* itu banyak dan semakin tinggi dan lebar puncak senyawa (*peak*) mengartikan bahwa jumlah persentase senyawa adalah *bio oil* itu besar.



Gambar 4.6. Susunan Senyawa Hidrokarbon dan Oksigenat Pada Campuran CaO 0% dan Campuran CaO 30%.

Dari gambar 4.6 menunjukkan bahwa kandungan senyawa yang ada dalam *bio oil* memiliki komponen senyawa Hidrokarbon yang paling banyak dengan persentase hampir 80% senyawanya, sedangkan untuk senyawa Oksigenat hanya memiliki persentase 20% dari total senyawa. Di mana senyawa Hidrokarbon dan Oksigenat memiliki banyak sub golongan yang bermacam – macam, seperti Hidrokarbon memiliki sub golongan seperti Aromatik, Alifatik, *Cyclo* atau Siklik, PAH (*Polycyclic Aromatic Hydrocarbon*) dan Toluene, sedangkan pada senyawa Oksigenat memiliki sub golongan seperti Alkohol, Asam, Aldehid, Keton, Furan, Phenol, Ester, dan Furan. Dari banyaknya jenis sub golongan pada senyawa Hidrokarbon dan Oksigenat terdapat perbedaan yang sesuai dengan komposisi senyawa dan namanya. Setelah mengetahui beberapa jenis sub golongan kemudian hasil uji dari GC-MS dikelompokkan sesuai dengan senyawanya seperti pada tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1. Komposisi Senyawa Dari *Bio Oil*.

Golongan	Sub Golongan		CaO 0%	CaO 30%
			% Area	% Area
Hidrokarbon	Aromatik		1,14	2,28
	Alifatik	Alkana	16,42	20,46
		Alkena	47,2	39,68
		Alkuna	0,36	0,31
	Cyclo	Alkana	0	0
		Alkena	0,9	0,22
		Aromatik	0,3	0,86
	Toluene		2,19	4,08
	PAH		0	0
	Lain-lain H		9,58	8,6
Jumlah		78,09	76,49	
Oksigenat	Alkohol		12,15	5,37
	Asam		4	1,3
	Phenol		2,67	7,22
	Aldehyd		0	0,98
	Ketone		1,05	2,01
	Furan		0	0
	Ester		0	0
	Lain-lain O		2,04	6,63
	Jumlah		21,91	23,51
Jumlah Total			100	100

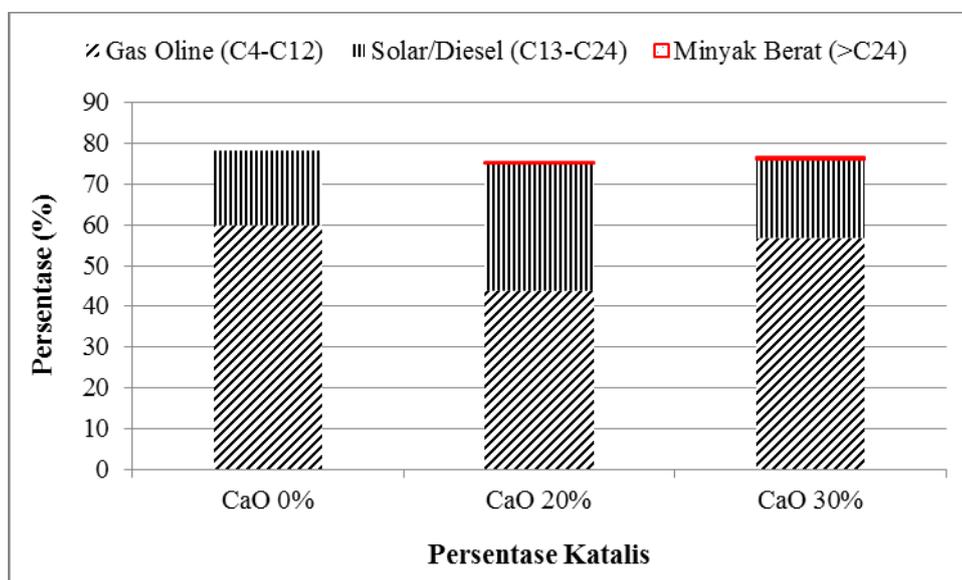
Pada tabel 4.1 menunjukkan bahwa golongan senyawa pembentuk dalam *bio oil* pada campuran CaO 0% itu didominasi oleh senyawa Hidrokarbon. Yaitu sebanyak 78,09%, sedangkan pada senyawa Oksigenat campuran CaO 0% memiliki persentase sebesar 21,91%. Hal ini disebabkan karena pada bahan baku pirolisis yang menggunakan bahan baku plastik berasal dari bahan bakar fosil atau minyak bumi sehingga mengandung banyak senyawa Hidrokarbon, namun pada campuran CaO 30% senyawa Oksigenat mengalami kenaikan persentase sebesar 23,51% dan senyawa Hidrokarbon mengalami penurunan persentase sebesar 76,49%. Hal ini disebabkan karena adanya penambahan katalis berbahan *Calcium Oxidae* (CaO) di mana katalis ini dapat mempercepat reaksi pirolisis dan katalis dapat mengurangi senyawa asam yang mengalami pemecahan pada atom O

sehingga bisa berubah menjadi senyawa alkohol, aldehid, keton dan furan. Sehingga pada *bio oil* campuran CaO 30% persentase senyawa Oksigenat mengalami kenaikan.

Pada tabel 4.1 dengan adanya penambahan katalis CaO pada proses pirolisis juga dapat mempengaruhi senyawa dalam *bio oil* yaitu berpengaruh pada kenaikan golongan alkana dan penurunan golongan alkena dan alkohol. Hal ini terjadi karena pada campuran CaO 0% di mana tidak ada aktivitas katalis yang dapat merubah ikatan rangkap karbon alkena dan berikatan dengan senyawa $-H$ dan $-OH$, sehingga membuat komposisi senyawa dalam *bio oil* khususnya pada campuran CaO 0% mengandung banyak golongan alkohol dengan persentase sebesar 12,15% dibanding pada campuran CaO 30% hanya sebesar 5,37%.

4.6 Penggolongan Unsur Karbon Pada *Bio Oil*

Semakin panjang unsur karbon pada *bio oil* dapat menyebabkan tampilan pada *bio oil* yang semakin hitam. Di bawah ini merupakan gambar grafik penggolongan unsur karbon pada *bio oil*.



Gambar 4.7. Penggolongan Unsur Karbon Pada *Bio Oil*.

Dari gambar 4.7 menunjukkan bahwa unsur carbon pada *bio oil* campuran CaO 0% terdiri dari gas oline sebanyak 59,86% dan solar sebanyak 18,23%, kemudian pada campuran CaO 20% mengandung unsur karbon yang terdiri dari

gas oline sebanyak 43,92%, solar sebanyak 30,97% dan minyak berat sebesar 0,37%, sedangkan pada campuran CaO 30% mempunyai unsur karbon yang terdiri dari gas oline sebanyak 56,81%, solar sebanyak 19,04% dan mempunyai minyak berat yang paling banyak dibandingkan dengan campuran lainnya yaitu 0,64%.