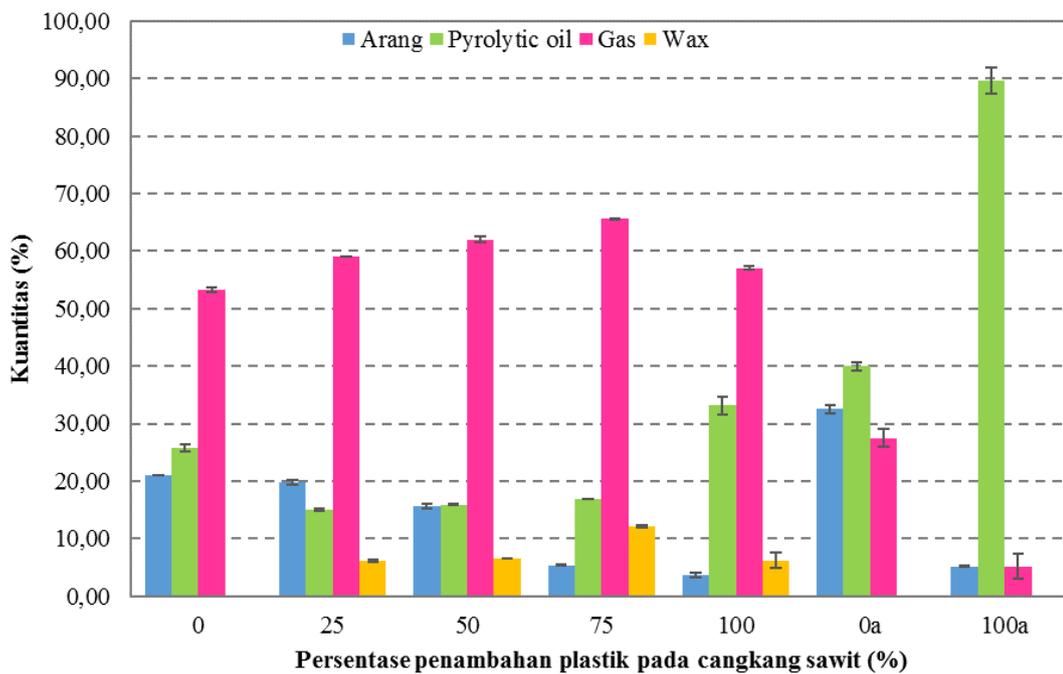


## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Pengaruh persentase bahan baku terhadap kuantitas produk pirolisis

Kuantitas menunjukkan seberapa besar jumlah produk cair, padat maupun gas yang dihasilkan oleh proses pirolisis. Jenis bahan baku, persentase bahan baku, pemakaian katalis, dan suhu pemanasan sangat mempengaruhi hasil kuantitas produk. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Juliansyah (2017) menyatakan bahwa jenis bahan baku dan variasi persentase bahan baku dapat mempengaruhi hasil produk pirolisis. Kuantitas produk hasil pirolisis dapat dihitung menggunakan persamaan 3.1 sampai 3.4. Hasil produk pirolisis dari campuran cangkang sawit dan plastik sebagai tambahan bahan baku ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Tanpa alfabet : campuran cangkang sawit-plastik menggunakan katalis  
 Alfabet (a) : campuran cangkang sawit-plastik tidak menggunakan katalis

Gambar 4.1. Perbandingan kuantitas produk arang, *pyrolytic oil*, gas dan *wax*

Gambar 4.1 menunjukkan distribusi kuantitas hasil produk pirolisis dari berbagai macam persentase bahan baku. Diketahui pada variasi plastik 25% sampai 100% mengalami peningkatan *pyrolytic oil* disertai dengan penurunan jumlah arang. Jumlah *pyrolytic oil* meningkat disebabkan oleh tambahan plastik yang lebih banyak dengan penurunan jumlah cangkang sawit, hal ini serupa dengan penelitian Juliansyah (2017). Jumlah *pyrolytic oil* terbanyak dihasilkan oleh variasi plastik 100% tanpa katalis sebesar 89%. Hal tersebut karena penambahan plastik memiliki potensi untuk memberikan lebih banyak unsur volatil selama pirolisis kedua bahan baku. Menurut Jiao dkk (2009) plastik mengandung volatil yang banyak yaitu 99,83%, sehingga dapat meningkatkan jumlah *pyrolytic oil*. Selain itu, laju pemanasan yang tinggi berdampak pada penguapan volatil yang lebih banyak dari bahan baku. Uap yang dihasilkan kemudian terkondensasi menjadi *pyrolytic oil* yang lebih banyak pula, hal ini serupa dengan penelitian Rachmawati dkk (2015).

Pada penambahan plastik yang sedikit menyebabkan jumlah yang rendah pada *pyrolytic oil*, seperti pada variasi plastik 25%. Hal ini disebabkan saat proses pirolisis berlangsung, plastik akan meleleh dan menempel pada permukaan cangkang sawit yang dapat menghambat penguapan volatil pada cangkang sawit. Dengan penghambatan volatil yang terjadi maka penguapan volatil menjadi sedikit, di mana uap tersebut akan terkondensasi menjadi *pyrolytic oil* yang sedikit pula. Secara literatur, titik leleh pada plastik berada di temperatur kurang lebih 160°C (Sari, 2017). Seiring dengan kenaikan temperatur maka kandungan volatil pada cangkang sawit akan terlepas/menguap membawa lelehan plastik, di mana lelehan plastik tersebut belum terdekomposisi. Fenomena ini, lelehan plastik yang terbawa oleh penguapan volatil kemudian akan membeku di komponen kondensor menjadi produk *wax* agak padat, sehingga menempel pada dinding dalam pipa. Hal ini serupa dengan penelitian Pratiwi (2017) bahwa pirolisis plastik dengan temperatur 500°C dan 550°C masih menghasilkan *wax*, namun pada peningkatan temperatur mencapai 600°C tidak menghasilkan *wax*. Menurut Rachmawati dkk (2015) *wax* memiliki wujud seperti parafin atau lilin yang kental berwarna kuning kecoklatan serta mengandung rantai karbon panjang. Semakin banyak penambahan plastik berdampak untuk memproduksi *wax* yang cukup banyak. Pada variasi plastik 25%

ini pencampuran plastik hanya sedikit dibandingkan dengan cangkang sawit, sehingga kuantitas *wax* yang dihasilkan rendah. *Wax* tersebut mudah untuk dipisahkan dari *pyrolytic oil* karena wujudnya agak padat. Pada variasi plastik 100% juga memproduksi *wax* yang banyak, namun *wax* yang dapat terpisah dari *pyrolytic oil* sangat sedikit. Hal ini dikarenakan sebagian hidrokarbon rantai panjang yang berpotensi menghasilkan *wax* akan terdekomposisi saat *secondary cracking*, sehingga direngkah menjadi rantai yang lebih pendek. Pada *secondary cracking* menyebabkan *wax* berwujud cair yang ikut tercampur pada *pyrolytic oil*, sehingga sulit untuk dipisahkan. Hal ini dapat meningkatkan viskositasnya. Produk *pyrolytic oil* yang sedikit dikaitkan dengan jumlah arang yang cukup banyak, cangkang sawit berkontribusi dalam pembentukan arang. Cangkang sawit memiliki kandungan biopolimer seperti hemiselulosa, selulosa, dan lignin. Menurut Abnisa dkk (2015) dekomposisi dari cangkang sawit dimulai di atas temperatur 220°C.

Diketahui pada variasi plastik 0%, plastik 0% (a), dan plastik 100% (a) tidak adanya produksi berupa *wax*. Fenomena ini, dikarenakan bahan tersebut terdekomposisi dengan sendirinya di temperatur 220-500°C pada variasi plastik 0% dan plastik 0% (a), sedangkan pada plastik 100% (a) di temperatur 400-500°C. Menurut Abnisa dkk (2015) di mana kandungan biopolimer pada cangkang sawit seperti hemiselulosa sebesar 21,6% direngkah menjadi gas, selulosa dan lignin sekitar 27,7-44% saat dekomposisi akan menjadi minyak serta arang. Namun pada plastik 100% yang memiliki kandungan volatil sangat tinggi, saat proses dekomposisi akan didominasi menjadi minyak. Jadi pada ketiga variasi tersebut tidak memproduksi *wax* karena masing-masing bahan saat dekomposisi, penguapan kandungan volatilnya tidak terhambat oleh campuran bahan baku lain, sehingga bahan dapat terdekomposisi secara optimal maka volatil dapat terlepas.

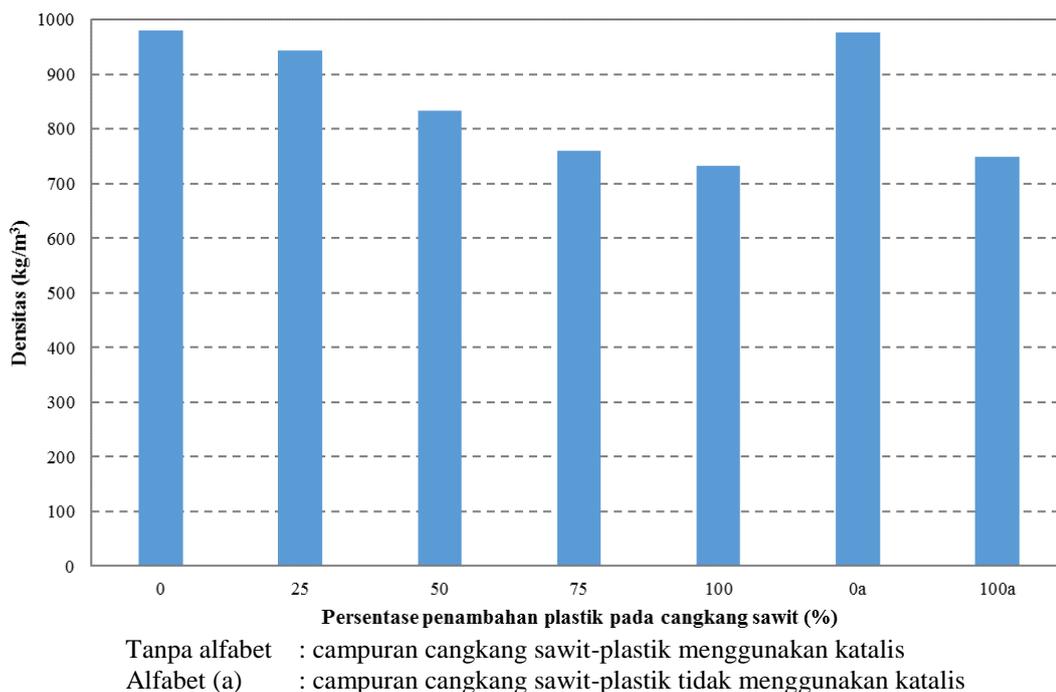
Arang merupakan residu yang tersisa dari bahan baku pada proses pirolisis. Cangkang sawit berkontribusi dalam pembentukan jumlah arang yang banyak. Semakin banyak persentase cangkang sawit maka arang yang dihasilkan juga semakin banyak. Arang terbentuk karena kandungan organik (abu dan *fixed carbon*) yang tidak dapat menguap akan tertinggal di dalam cangkang sawit, mengakibatkan kerak yang mengendap di dalam reaktor (Faizal dkk, 2014). Hal ini sesuai dengan

penelitian Raju (2016) menyatakan bahwa kandungan proksimat dari cangkang sawit memiliki kandungan abu dan *fixed carbon* yang cukup tinggi dibandingkan dengan plastik, sehingga arang yang dihasilkan oleh pirolisis cangkang sawit cenderung tinggi. Penambahan plastik dapat berkontribusi dalam meningkatkan hidrokarbon, saat dekomposisi termal terjadi pemecahan rantai antara C dengan H. Ketika pemecahan antara C dan H, yang terjadi atom H akan terlepas kemudian radikal atom H akan berikatan dengan rantai C membentuk ikatan rangkap dua (alkena). Dapat diketahui bahwa, jumlah arang menurun disebabkan oleh tambahan plastik yang lebih banyak. Penurunan jumlah arang juga dipengaruhi oleh keberadaan katalis serta laju pemanasan yang tinggi pada prosesnya. Secara literatur, katalis memiliki fungsi untuk mempercepat reaksi sehingga dekomposisi pada bahan baku lebih maksimal. Laju pemanasan yang tinggi dapat diketahui dengan temperatur pemanasan yang tinggi pula, maka semakin tinggi temperatur dapat mengurangi jumlah arang yang dihasilkan.

Jumlah gas akan meningkat dengan seiring penambahan plastik dan penggunaan katalis pada prosesnya. Plastik itu sendiri berkontribusi dalam meningkatkan jumlah gas, secara analisis proksimat plastik memiliki kandungan volatil yang sangat tinggi dibanding dengan cangkang sawit. Kandungan volatil yang banyak dapat mendorong jumlah hasil gas yang tinggi. Ada juga kaitannya dengan penggunaan katalis yang mengakibatkan jumlah *pyrolytic oil* berkurang dan jumlah gas meningkat. Peningkatan produk gas diakibatkan karena *pyrolytic oil* hasil dari dekomposisi termal telah direngkah oleh katalis (*catalytic cracking*). Hasil *catalytic cracking* tersebut mampu memotong rantai panjang hidrokarbonnya menjadi rantai yang lebih pendek pada reaksi *secondary cracking*. Hal ini disebabkan oleh perengkahan yang dilakukan katalis, mampu mengubah sebagian rantai karbon ringan pada *pyrolytic oil* menjadi gas. Oleh karena itu terjadi peningkatan massa gas yang dihasilkan dari proses pirolisis, hal ini serupa dengan penelitian Syamsiro (2015).

#### 4.2. Pengaruh persentase bahan baku terhadap densitas *pyrolytic oil*

Densitas atau massa jenis merupakan salah satu sifat fisik yang diuji untuk menyatakan perbandingan massa minyak tiap variasi pada volume yang sama. Dalam mengukur densitas dapat dihitung menggunakan persamaan 2.7.



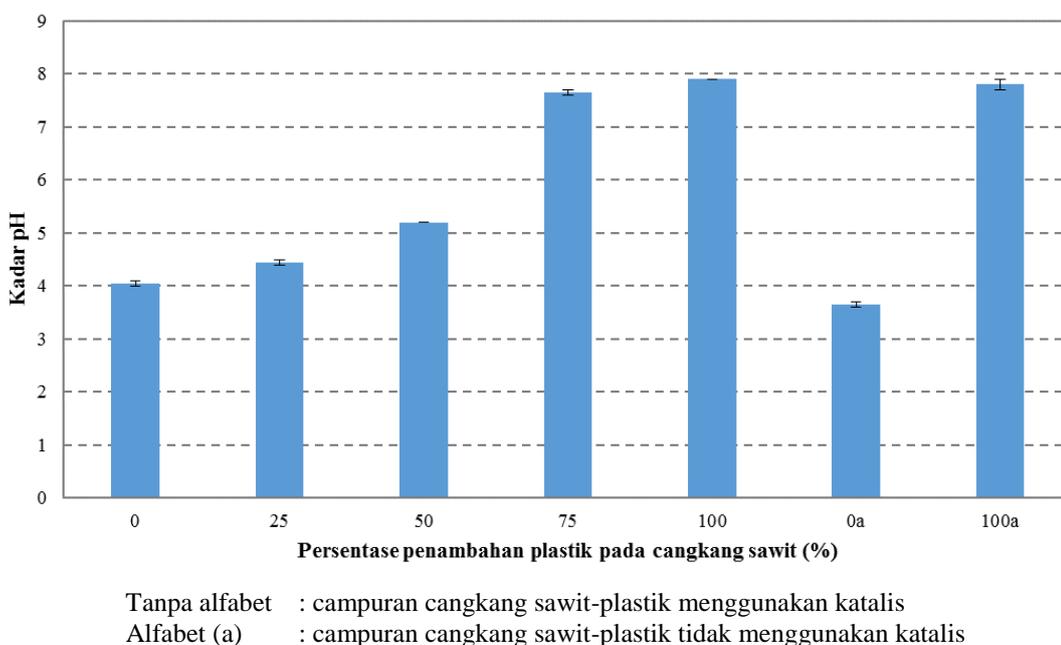
Gambar 4.2. Perbandingan bahan baku terhadap densitas *pyrolytic oil*

Gambar 4.2 menunjukkan pengaruh perbandingan persentase bahan baku terhadap densitas *pyrolytic oil*. Dari hasil diketahui, peningkatan persentase plastik seiring dengan penurunan persentase cangkang sawit mampu menurunkan nilai densitas. Nilai densitas yang tinggi pada *pyrolytic oil* disebabkan oleh keberadaan jumlah senyawa oksigenat serta kadar air yang banyak, hal dikarenakan molekul oksigen memiliki massa lebih tinggi dibandingkan dengan karbon dan hidrogen. Hal ini dapat dikaitkan dengan hasil identifikasi senyawa penyusun yang terkandung pada *pyrolytic oil*, diketahui pada variasi plastik 0% dan plastik 0% (a) mengandung oksigenat sebesar 99-100% serta senyawa fenolik sebesar 59-60%. Secara literatur, densitas juga dipengaruhi karena adanya molekul organik berat seperti fenolik yang terkandung pada *pyrolytic oil*. Keberadaan senyawa fenolik

berasal dari degradasi biopolimer lignin pada cangkang sawit (Abnisa dkk, 2013). Kehadiran air serta adanya oksigen diduga berasal dari kandungan kelembaban (*moisture*) pada cangkang sawit saat proses *cracking* berlangsung. Oleh karena itu, densitas tertinggi terdapat pada variasi bahan cangkang sawit saja, pada temperatur tinggi cangkang sawit akan melepaskan uap dari senyawa oksigenat yang memiliki kepadatan tinggi. Tinggi rendahnya densitas juga dikaitkan terhadap nilai kalor yang dihasilkan, bahwa semakin rendah densitas maka nilai kalor (HHV) akan semakin tinggi. Hal tersebut serupa dengan penelitian Juliansyah (2017) seiring penambahan persentase plastik dapat menurunkan nilai densitasnya. Menurut Sirait (2016) apabila densitas *pyrolytic oil* mendekati sifat air, maka *pyrolytic oil* tersebut masih memiliki banyak kandungan airnya.

#### 4.3. Pengaruh persentase bahan baku terhadap kadar pH *pyrolytic oil*

Pengujian kadar pH dilakukan bertujuan untuk mengetahui tingkat asam, netral atau basa pada suatu larutan. Tingkatan pH berada pada angka 0 sampai 14. Nilai pH yang bersifat netral adalah 7. Jika nilai pH suatu produk memiliki nilai kurang dari 7 maka bersifat asam, sedangkan nilai lebih dari 7 maka bersifat basa.



Gambar 4.3. Perbandingan bahan baku terhadap kadar pH *pyrolytic oil*

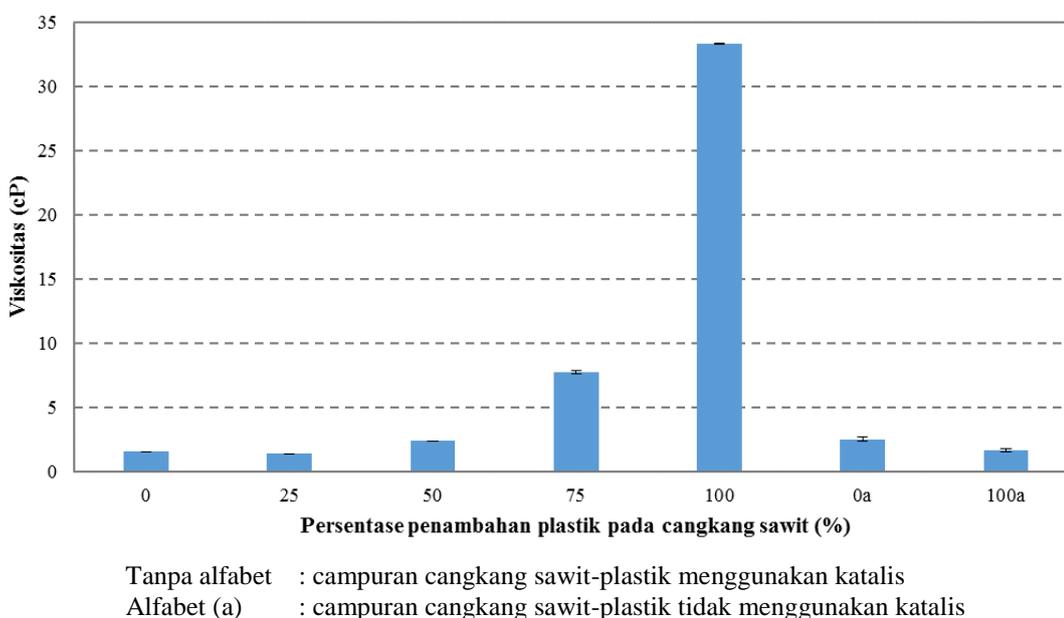
Gambar 4.3 menunjukkan perbandingan pengaruh persentase bahan baku terhadap kadar pH *pyrolytic oil*. Keasaman yang tinggi pada *pyrolytic oil* akan membawa efek buruk dikarenakan memiliki sifat korosif. Kandungan asam yang tinggi jelas tidak menguntungkan untuk penggunaan *pyrolytic oil* sebagai bahan bakar pada mesin (Lu dkk, 2010). Kadar pH dalam *pyrolytic oil* tergantung pada faktor jenis bahan baku yang digunakan pada pirolisis. Berdasarkan hasil yang diperoleh bahwa bahan baku sangat berpengaruh terhadap kadar pH, semakin banyak persentase plastik maka keasaman *pyrolytic oil* akan semakin berkurang. Kontribusi penambahan plastik dapat memberikan lebih banyak hidrokarbon selama pirolisis, sehingga persentase hidrokarbon yang lebih banyak dari oksigenat dapat meningkatkan kadar pH. Hal ini dapat diketahui dari hasil identifikasi senyawa pada Tabel 4.1. Tingkat keasaman tertinggi diperoleh pada variasi bahan cangkang sawit saja yaitu 3,65. Hasil tersebut tidak jauh berbeda dengan penelitian Sirait (2016) memperoleh tingkat keasaman yaitu 3,61 pada pirolisis cangkang sawit bertemperatur 500°C. Keasaman terjadi karena adanya asam organik dan fenolik yang berasal dari bahan cangkang sawit. Fenomena munculnya asam terjadi karena kelebihan radikal ion hidrogen ( $H^+$ ) yang terkandung dalam *pyrolytic oil*. Radikal ion  $H^+$  tersebut berasal dari proses dekomposisi senyawa hidrokarbon. Dekomposisi dari cangkang sawit dan plastik akan menjadi gugus hidroksil, selanjutnya akan terpecah menjadi radikal ion  $H^+$ . Keberadaan senyawa asam organik dari degradasi selulosa pada cangkang sawit sebesar 28% (Abnisa dkk, 2013). Hal ini dibuktikan pada Tabel 4.1 diketahui bahwa variasi cangkang sawit saja (plastik 0% a) mengandung asam yang sangat tinggi dibanding variasi lainnya.

Penggunaan campuran kedua katalis juga mampu meningkatkan kadar pH sehingga dapat mengurangi keasaman. Asam yang terkandung dalam *pyrolytic oil* juga dapat terpecah menjadi senyawa baru seperti keton, karbon dioksida, dan hidrokarbon. Dalam *catalytic cracking*, CaO dan zeolit alam digunakan untuk mengurangi kadar asam pada *pyrolytic oil*. CaO mampu berperan sebagai reaksi netralisasi (ditunjukkan pada persamaan 2.4), di mana kandungan  $(RCOOH)_2$  atau asam dapat diubah menjadi *calcium carbonate* dan keton (Wang dkk, 2010). Di sisi lain, zeolit alam sebagai katalis terjadi reaksi dekarboksilasi (ditunjukkan

pada persamaan 2.3) membantu untuk mereduksi asam dari senyawa organik dan membentuk senyawa baru menjadi karbon dioksida dan hidrokarbon (Bardalai dkk, 2015). Hal ini dapat dikaitkan dengan hasil identifikasi senyawa bahwa dengan penggunaan kedua katalis dapat meningkatkan kualitas *pyrolytic oil* yang dapat mengurangi kandungan asamnya.

#### 4.4. Pengaruh persentase bahan baku terhadap viskositas *pyrolytic oil*

Viskositas menggambarkan cepat atau lambatnya suatu fluida tersebut dapat mengalir. Apabila nilai viskositas rendah pada suatu fluida, diketahui fluida tersebut berwujud encer. Sedangkan nilai viskositas tinggi diketahui fluida tersebut berwujud kental. Viskositas memiliki peran penting pada desain mesin bahan bakar. Tujuan dilakukannya pengujian ini karena viskositas bahan bakar akan berpengaruh pada aliran *pyrolytic oil* dalam pipa-pipa saluran bahan bakar pada mesin. Tingginya viskositas akan sulit untuk mengalir melalui pipa bahan bakar serta kemungkinan sulit juga untuk pengabutan di ruang bakar kendaraan. Memperoleh nilai viskositas dinamik juga dapat menggunakan persamaan 2.10.



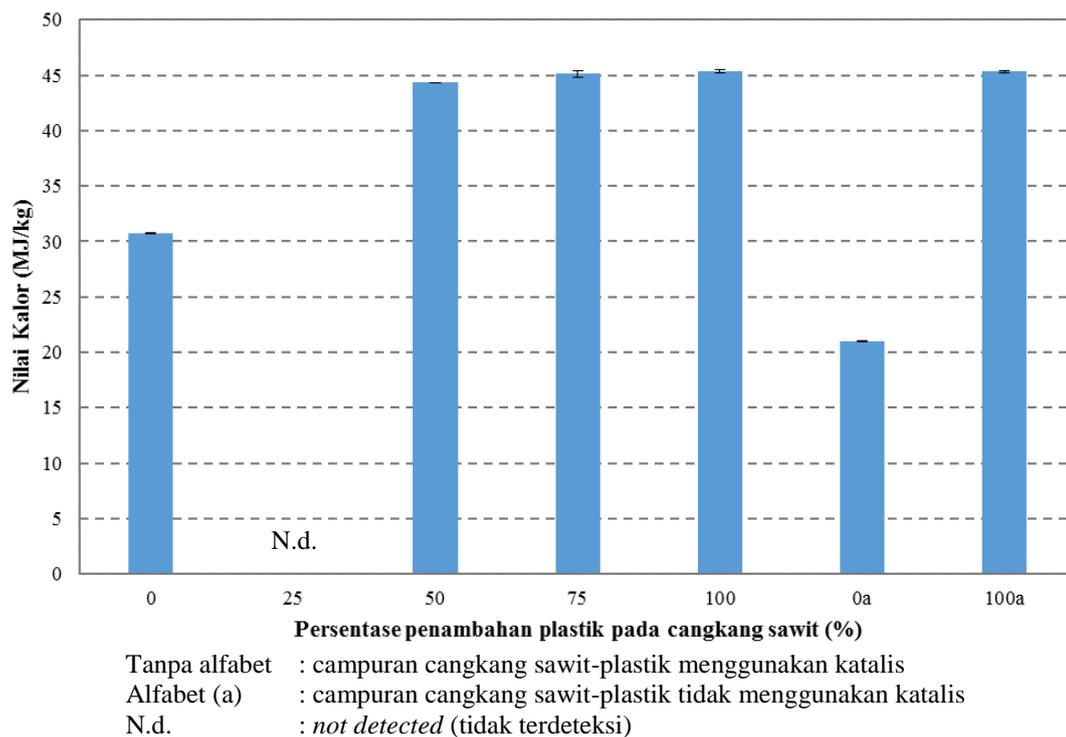
Gambar 4.4. Perbandingan bahan baku terhadap viskositas *pyrolytic oil*

Gambar 4.4 menunjukkan perbandingan pengaruh persentase bahan baku terhadap viskositas *pyrolytic oil*. Pada semua variasi dilakukan pengujian viskositas hanya *pyrolytic oil* saja, namun pada variasi plastik 100% dilakukan pengujian viskositas yaitu *pyrolytic oil* yang mengandung *wax* karena sulit dipisahkan. Berdasarkan hasil yang diperoleh bahwa bahan baku sangat berpengaruh terhadap viskositas yaitu semakin banyak penambahan persentase plastik maka viskositas akan semakin tinggi. Viskositas dapat dipengaruhi oleh banyaknya jumlah rantai karbon serta kadar air yang terkandung dalam *pyrolytic oil*. Pada variasi plastik 25% mengalami penurunan yang tidak terlalu signifikan dan memiliki viskositas yang sangat rendah. Jika dikaitkan dengan analisis densitas, *pyrolytic oil* tersebut memiliki nilai densitas yang cukup tinggi (mendekati sifat air) serta *pyrolytic oil* pada variasi ini tidak dapat terbakar sehingga diindikasikan masih banyak mengandung air. Banyaknya kandungan air dalam *pyrolytic oil* menunjukkan bahwa wujudnya encer. Hal itu yang menyebabkan hasil grafik fluktuatif, namun tidak terlalu signifikan.

Hasil grafik viskositas variasi plastik 75% menuju ke 100% mengalami kenaikan yang sangat signifikan. Kenaikkan tersebut disebabkan oleh *wax* yang ikut tercampur sehingga sulit dipisahkan dalam *pyrolytic oil*. Hal ini dipengaruhi oleh temperatur dan keberadaan katalis. Keberadaan katalis menyebabkan plastik dapat meleleh dengan cepat kemudian lelehan plastik menempel pada zeolit. Seiring peningkatan temperatur, lelehan plastik yang berada di permukaan zeolit akan lebih cepat terdekomposisi. Oleh karena itu, kandungan volatil pada plastik akan terlepas serta membawa lelehan plastik (yang belum sempat terdekomposisi) ke atas, sehingga menyebabkan pembentukan *wax*. *Wax* tersebut ikut tercampur dan sulit untuk dipisahkan dari *pyrolytic oil* yang menyebabkan nilai viskositas menjadi tinggi. Hal ini serupa dengan penelitian Pratiwi (2017) menyatakan bahwa pirolisis plastik dengan temperatur 500°C dan 550°C menghasilkan *wax*. Namun saat temperatur dinaikkan mencapai 600°C, kandungan *wax* dapat berkurang karena terjadi *secondary cracking* yang mendekomposisi rantai hidrokarbon panjang menjadi rantai yang lebih pendek.

#### 4.5. Pengaruh persentase bahan baku terhadap nilai kalor (HHV) *pyrolytic oil*

Nilai kalor didefinisikan sebagai jumlah energi panas yang dilepaskan dalam proses pembakaran oleh suatu bahan bakar untuk tiap satuan massa. Nilai kalor mengindikasikan kandungan energi yang terkandung dalam *pyrolytic oil*, yang merupakan parameter penting untuk pemilihan kualitas *pyrolytic oil*. Ketika nilai kalor meningkat, *pyrolytic oil* menjadi lebih berguna. Menurut Bardalai dkk (2015) seberapa besar nilai kalor pada *pyrolytic oil* tergantung dari beberapa faktor seperti kadar air, massa jenis, serta kandungan oksigen. Nilai kalor berbanding terbalik dengan densitas. Pada volume yang sama, semakin besar densitas maka nilai kalor semakin kecil, begitupun sebaliknya (Wiraatmaja, 2010). Memperoleh nilai kalor HHV juga dapat menggunakan persamaan 2.12.



Gambar 4.5. Perbandingan bahan baku terhadap nilai kalor *pyrolytic oil*

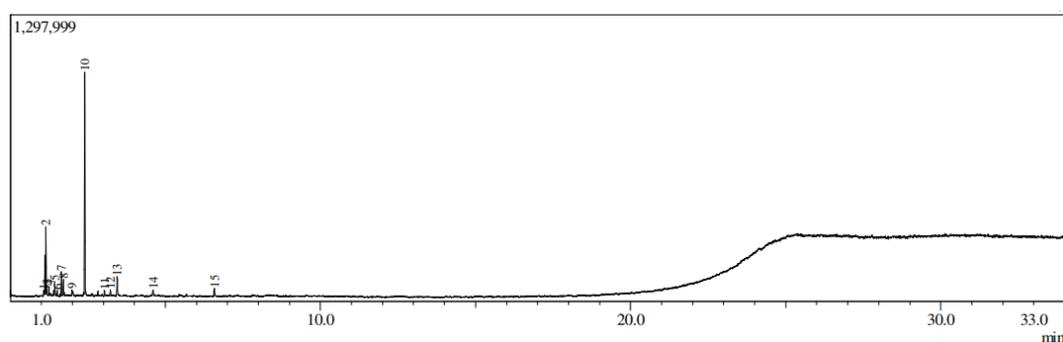
Gambar 4.5 menunjukkan perbandingan pengaruh persentase bahan baku terhadap nilai kalor *pyrolytic oil*. Berdasarkan hasil tersebut bahwa semakin banyak penambahan persentase plastik serta penggunaan katalis dapat meningkatkan nilai

kalor. Peningkatan nilai kalor tersebut dikarenakan tingginya senyawa hidrokarbon pada plastik. Senyawa hidrokarbon tersusun atas unsur karbon dan hidrogen dan memiliki sedikit senyawa oksigenat. Secara literatur, semakin tinggi hidrokarbon diikuti dengan penurunan oksigen maka akan meningkatkan nilai kalor (Ferdianta, 2017). Nilai kalor tertinggi terdapat pada variasi plastik 100% sebesar 45,33 MJ/kg, hal ini disebabkan karena variasi ini memiliki senyawa oksigenat sangat rendah yaitu 8,9% dibandingkan dengan variasi lain. Hal tersebut serupa dengan penelitian Abnisa dkk (2013) bahwa senyawa oksigenat yang rendah berkontribusi pada nilai kalor yang tinggi. Nilai kalor dapat dikaitkan pada densitas dan identifikasi senyawa penyusun *pyrolytic oil*. Secara analisis densitas, variasi plastik 100% memiliki densitas yang sangat rendah, sehingga nilai kalor yang dihasilkan sangat tinggi. Jika dikaitkan dengan identifikasi senyawa, proses dekomposisi pada plastik membuat senyawa hidrokarbon alifatik alkana menjadi dominan (lebih banyak), dapat diketahui bahwa semakin banyak senyawa alifatik alkana maka nilai kalor akan semakin tinggi (dapat dilihat pada Tabel 4.1).

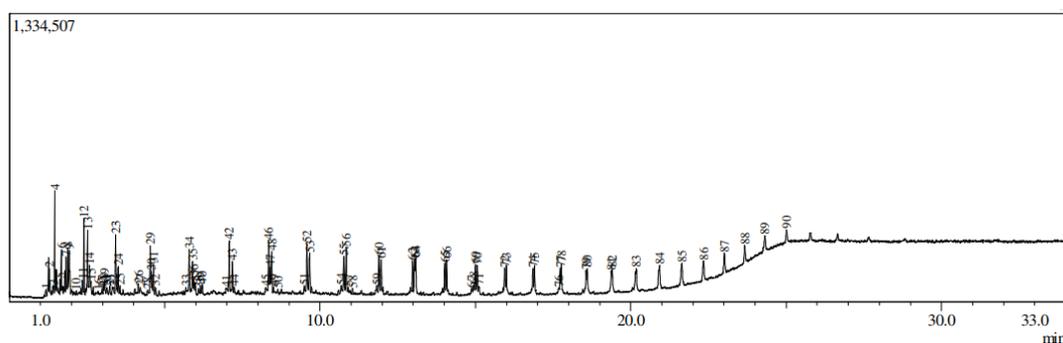
Kandungan oksigen banyak pada *pyrolytic oil* memiliki dampak negatif pada nilai kalor. Oksigen yang terkandung dalam *pyrolytic oil* membantu meningkatkan kadar air dan mengurangi jumlah hidrokarbon. Kandungan air yang ada dalam *pyrolytic oil* akan menyerap panas untuk penguapan selama pembakaran, dengan begitu nilai kalor dari *pyrolytic oil* dapat berkurang. Nilai kalor yang rendah diindikasikan dengan tingginya kadar air serta kandungan oksigenat seperti asam yang berasal dari degradasi selulosa pada cangkang sawit. Penggunaan katalis cukup berkontribusi dalam meningkatkan kualitas *pyrolytic oil*, dapat dilihat pada perbandingan variasi plastik 0% memakai katalis dan tidak memakai katalis. Hal tersebut disebabkan karena keberadaan katalis mampu mengurangi golongan asam yang terkandung pada cangkang sawit saat dekomposisi berlangsung. Katalis mampu menurunkan golongan asam serta meningkatkan golongan alkana. Menurut Wardana dkk (2016) katalis berperan sebagai reaksi dekarbonilasi yang memecah ikatan oksigen pada golongan asam menjadi rantai alkana dan alkena. Untuk variasi plastik 25% tidak dilakukan pengujian nilai kalor, dikarenakan *pyrolytic oil* banyak mengandung air sehingga tidak terdeteksi oleh alat *bomb calorimeter*.

#### 4.6. Pengaruh persentase bahan baku terhadap senyawa penyusun kimia *pyrolytic oil*

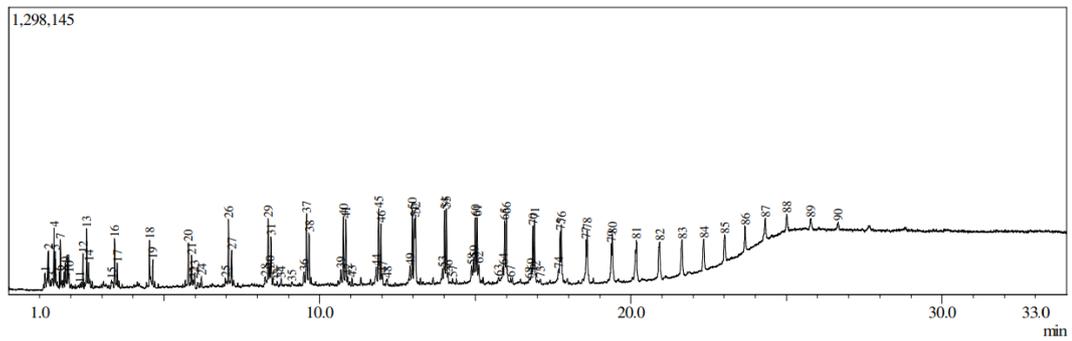
Identifikasi senyawa dilakukan untuk mengetahui kualitas produk *pyrolytic oil* yang dihasilkan. Perbedaan variasi bahan baku akan menentukan distribusi senyawa pada *pyrolytic oil*, sehingga berpengaruh terhadap reaksi yang terlibat dalam proses. Identifikasi yang dimaksud yakni mengetahui distribusi komponen senyawa pada *pyrolytic oil*. Seluruh variasi bahan baku dilakukan pengujian GC-MS selain variasi plastik 25%. Ditinjau dari pengujian nilai kalor, variasi tersebut tidak dapat terbakar sehingga tidak dilakukan pengujian GC-MS. Gambar 4.6-4.11 ialah hasil kromatografi senyawa *pyrolytic oil* berdasarkan variasi bahan baku.



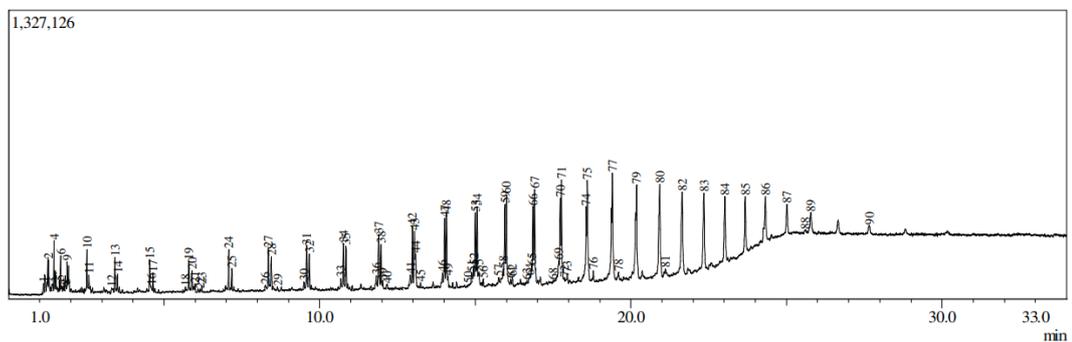
Gambar 4.6. Identifikasi senyawa hasil GC-MS pada variasi plastik 0%



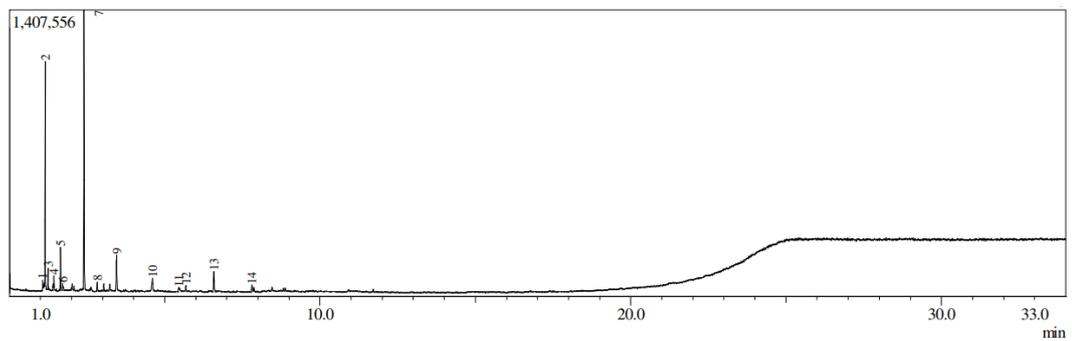
Gambar 4.7. Identifikasi senyawa hasil GC-MS pada variasi plastik 50%



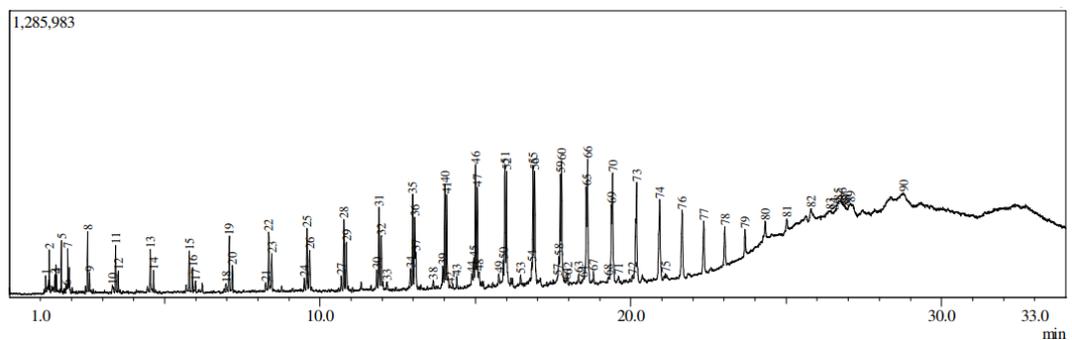
Gambar 4.8. Identifikasi senyawa hasil GC-MS pada variasi plastik 75%



Gambar 4.9. Identifikasi senyawa hasil GC-MS pada variasi plastik 100%

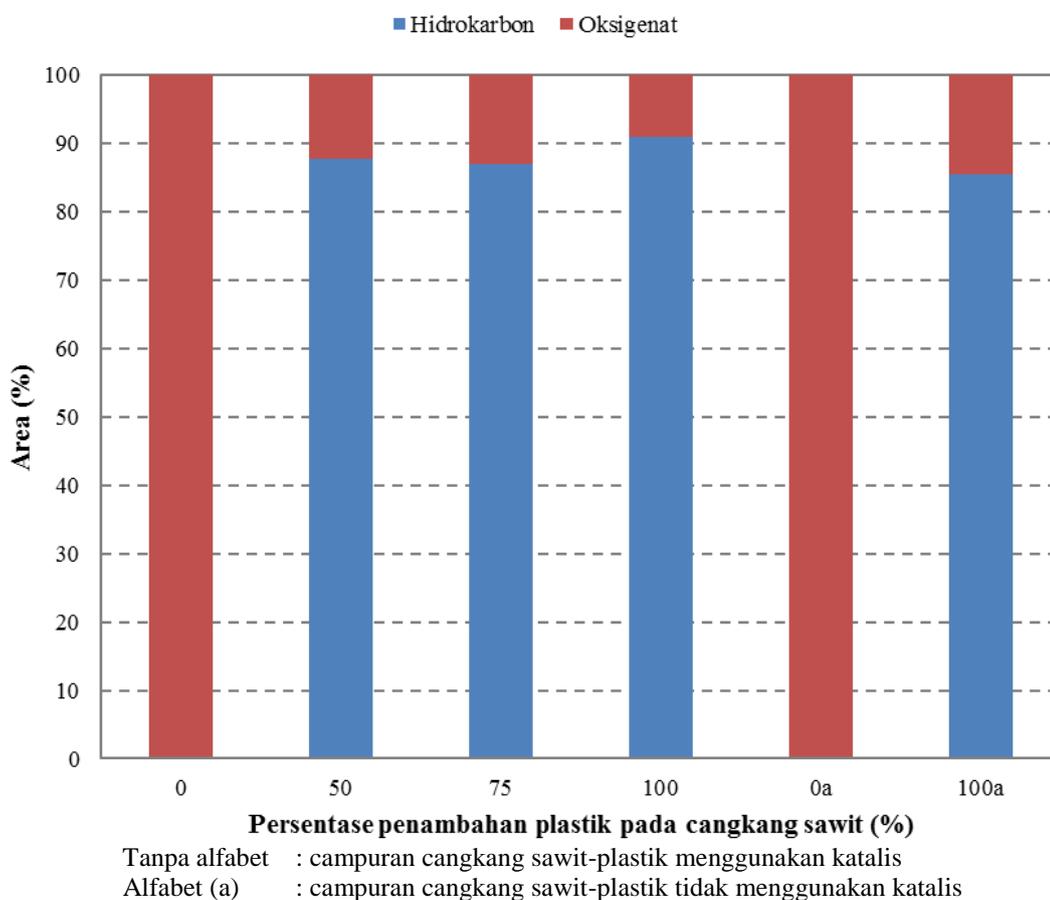


Gambar 4.10. Identifikasi senyawa hasil GC-MS pada variasi plastik 0% (a)



Gambar 4.11. Identifikasi senyawa hasil GC-MS pada variasi plastik 100% (a)

Puncak-puncak senyawa yang terdapat pada Gambar 4.6 sampai 4.11 disebut dengan *peak*. Hasil GC-MS yang diperoleh yaitu terbentuknya 90 *peak*, namun pada variasi plastik 0% dan 0% (a) yang dihasilkan hanya 14 *peak*. Menurut Haryono (2016) semakin banyak jumlah *peak* mengindikasikan jumlah senyawa yang terkandung pada *pyrolytic oil* cenderung banyak. Semakin tinggi maupun lebar area *peak* diketahui bahwa persentase senyawa yang banyak.



Gambar 4.12. Perbandingan senyawa hidrokarbon dengan oksigenat pada *pyrolytic oil* berdasarkan variasi bahan baku

Gambar 4.12 menunjukkan pengaruh variasi bahan baku terhadap susunan senyawa yang terdapat pada *pyrolytic oil*. Hasil GC-MS tersebut dapat diketahui bahwa pada variasi plastik 0% dan plastik 0% (a) tidak memiliki senyawa hidrokarbon (seluruhnya merupakan senyawa oksigenat). Sedangkan pada empat

variasi lainnya mengandung senyawa hidrokarbon sekitar 85-91%, nilai tersebut dapat dikatakan tinggi. Hal ini diakibatkan karena adanya penambahan persentase plastik serta penggunaan katalis yang dapat meningkatkan senyawa hidrokarbon. Plastik berkontribusi menyumbang senyawa hidrokarbon yang banyak, karena plastik terbuat dari *naphtha* yang tersusun oleh kandungan senyawa karbon dan hidrogen (Sari, 2017). Senyawa hidrokarbon mempunyai sub golongan yang beragam, seperti alifatik, aromatik, siklik, dan PAH. Sedangkan pada senyawa oksigenat mempunyai sub golongan yang beragam, diantaranya aldehyd, alkohol, asam, fenol, keton, furan, ester, dan *glycol*. Keanekaragaman jenis sub golongan pada kedua senyawa tersebut, terdapat perbedaan yang sesuai dengan komposisi nama senyawa. Setelah mengetahui beberapa jenis sub golongan, selanjutnya hasil GC-MS digabungkan sesuai dengan senyawanya yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Komposisi senyawa *pyrolytic oil* berdasarkan variasi bahan baku

Golongan	Senyawa	Ikatan	0	50	75	100	0a	100a
			(%) Area	(%) Area	(%) Area	(%) Area	(%) Area	(%) Area
Hidrokarbon	Alifatik	Alkana	-	38,40	42,21	55,45	-	46,33
		Alkena	-	37,24	40,54	31,09	-	37,45
		Alkuna	-	0,58	-	-	-	-
	Siklik	Alkana	-	2,21	0,32	1,68	-	0,45
		Alkena	-	-	-	0,58	-	0,62
		Alkuna	-	-	-	-	-	-
	Aromatik	-	4,85	3,58	1,87	-	0,62	
	PAH	-	4,40	0,36	0,37	-	-	
<b>Jumlah</b>		<b>0</b>	<b>87,68</b>	<b>87,01</b>	<b>91,04</b>	<b>0,00</b>	<b>85,47</b>	
Oksigenat	Alkohol	1,19	5,66	8,41	6,49	1,44	10,39	
	Asam	21,41	-	-	-	29,28	2,29	
	Keton	14,04	3,32	3,42	1,88	1,64	1,85	
	Aldehyd	-	0,32	0,53	0,62	-	-	
	Phenolic	59,56	3,03	0,64	-	60,87	-	
	Ester	-	-	-	-	-	-	
	Furan	3,80	-	-	-	6,76	-	
	Glycol	-	-	-	-	-	-	
<b>Jumlah</b>		<b>100,00</b>	<b>12,33</b>	<b>13,00</b>	<b>8,99</b>	<b>99,99</b>	<b>14,53</b>	
<b>Jumlah Total</b>			<b>100,00</b>	<b>100,01</b>	<b>100,01</b>	<b>100,03</b>	<b>99,99</b>	<b>100,00</b>

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa komposisi senyawa kimia pada *pyrolytic oil*. *Pyrolytic oil* dari enam variasi bahan baku, senyawa fenolik memiliki komposisi paling banyak mencapai 59,56% dan 60,87% berada pada variasi plastik 0% dan 0% (a). Selain itu, kedua variasi ini mengandung senyawa asam dengan persentase cukup besar yaitu 21,41% dan 29,28%. Senyawa fenolik dan asam merupakan komponen utama pada *pyrolytic oil* dari hasil pirolisis cangkang sawit. Keberadaan senyawa fenolik berasal dari dekomposisi termal lignin pada cangkang sawit. Pembentukan senyawa asam dan fenolik juga dapat berasal dari degradasi selulosa. Komponen-komponen ini pertama dihidrolisis menjadi glukosa dan didehidrasi menjadi zat seperti furfurals yang kemudian diubah menjadi fenolat dan aromatik (Chan dkk, 2017). Menurut Yang dkk (2016) alkohol ialah senyawa dominan dalam oksigenat, menunjukkan bahwa sejumlah besar radikal OH yang dihasilkan dari biomassa dikombinasikan dengan senyawa alifatik yang berasal dari plastik.

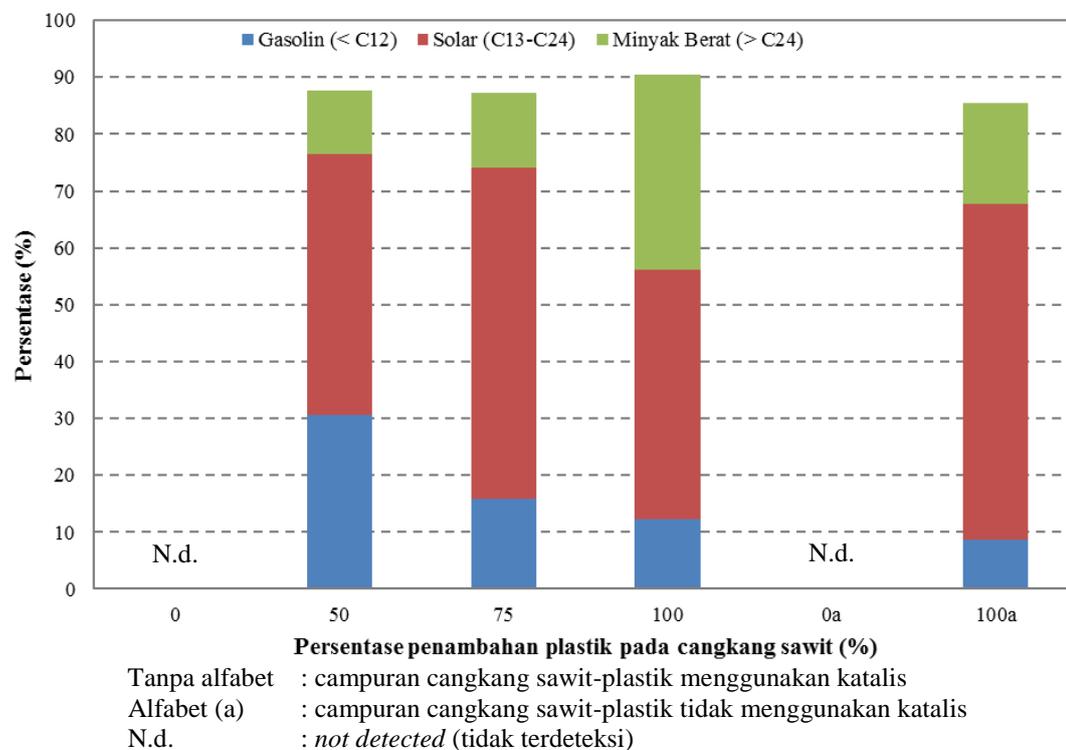
Komposisi hidrokarbon tertinggi diperoleh pada variasi pirolisis plastik saja (plastik 100%) tanpa pencampuran dengan cangkang sawit. Dapat diamati pada variasi tersebut, didominasi oleh hidrokarbon alifatik ikatan alkana sebesar 55,45%. Tidak adanya kandungan asam dan fenolik yang ditemukan pada pirolisis plastik saja, maka minyak yang diperoleh dari campuran penambahan plastik akan mengurangi jumlah fenolik. Selama proses katalitik, kemungkinan kecil bahwa fenol secara signifikan dipecah menjadi gas atau terdeoksigenasi untuk membentuk hidrokarbon aromatik. Oleh karena itu, sangat mungkin bahwa CaO mengkatalisis polimerisasi fenol untuk membentuk *char* (Lu dkk, 2010). Hal ini dapat dikaitkan pada hasil kuantitas arang pada Gambar 4.1, di mana variasi plastik 0% (a) memiliki jumlah arang yang sangat tinggi, jika ditambah katalis pada variasi plastik 0% jumlah arang akan menurun. Di sisi lain, senyawa alifatik alkana akan mengalami kenaikan dengan seiringnya penambahan plastik.

Berdasarkan hasil identifikasi komposisi senyawa, dinyatakan bahwa semakin banyak penambahan plastik dapat meningkatkan senyawa hidrokarbon khususnya alifatik alkana pada *pyrolytic oil*. Hal ini serupa dengan penelitian Dewangan dkk (2016) yang menyatakan bahwa penambahan plastik jenis LDPE mampu meningkatkan senyawa hidrokarbon serta mengurangi asam pada

*pyrolytic oil* dari pirolisis biomassa. Tidak hanya itu, senyawa alkohol dari *pyrolytic oil* juga meningkat. Pembentukan alkohol karena deoksigenasi yang disebabkan oleh rantai hidrokarbon dari plastik yang berinteraksi dengan fragmen hidroksil dari degradasi selulosa biomassa (Uzoejinwa dkk, 2018).

#### 4.7. Penggolongan Unsur Hidrokarbon pada *Pyrolytic oil*

Untuk mengetahui *pyrolytic oil* pada tiap variasi bahan baku termasuk sebagai gasolin, diesel, atau minyak berat dilakukan penggolongan unsur terhadap panjangnya rantai hidrokarbon.



Gambar 4.13. Penggolongan unsur hidrokarbon pada *pyrolytic oil*

Gambar 4.13 menunjukkan perbandingan variasi bahan baku terhadap golongan unsur karbon. Terlihat pada variasi tanpa adanya plastik menunjukkan *pyrolytic oil* tidak memiliki unsur hidrokarbon sehingga ditulis dengan *not detected*. Berdasarkan hasil grafik, diketahui bahwa semakin banyak penambahan plastik akan mengurangi kandungan gasolin pada rantai karbon yang lebih pendek. Golongan gasolin tertinggi berada pada variasi plastik 50%. Hal ini terbukti bahwa

variasi plastik 50% memiliki nilai kalor sebesar 44,32 MJ/kg yang berdekatan dengan nilai kalor gasolin yaitu 43,1 MJ/kg (Andriyanto, 2017). Pada variasi plastik 75% menghasilkan fraksi solar tertinggi sebesar 58,22%. Distribusi senyawa hidrokarbon pada variasi ini menunjukkan bahwa memiliki kecenderungan untuk mengarah ke fraksi solar. Berbeda dengan variasi plastik 100% mengandung minyak berat yang tinggi. Menurut Wardhana (2014) parafin dalam wujud padat (*wax*) berada pada nomor atom karbon 20 hingga 40. Adanya kandungan *wax* yang lebih banyak menyebabkan variasi ini cenderung memiliki sifat minyak berat.