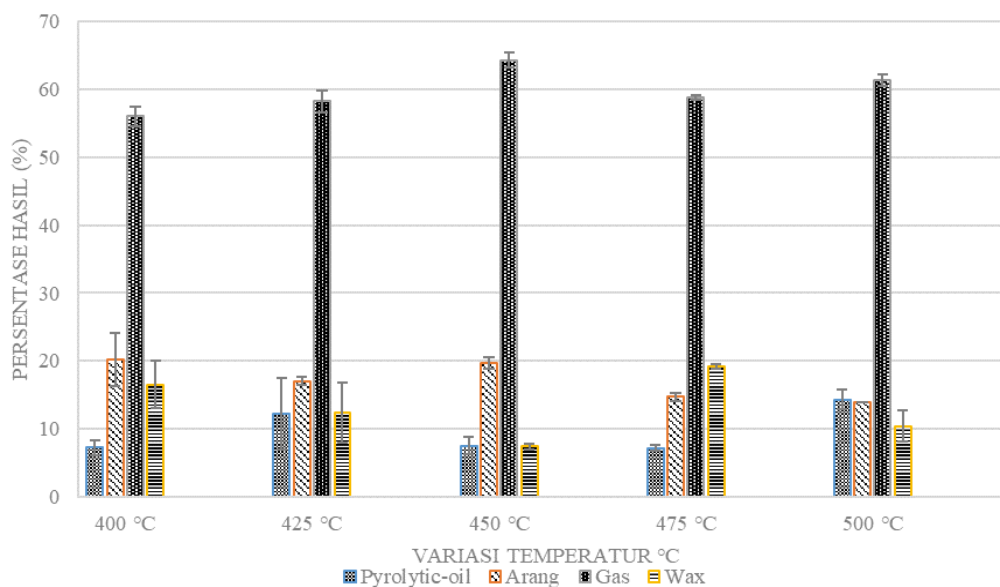


## BAB IV PEMBAHASAN

### 4.1 Pengaruh Temperatur terhadap Kuantitas Produk Pirolisis.

Pengaruh temperatur pada proses pirolisis menghasilkan produk berupa arang, *pyrolytic-oil*, wax dan gas. Temperatur berperan pada sedikit banyaknya produk atau kuantitas produk. Pengaruh temperatur ini dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pengaruh Temperatur pada Kuantitas Produk Pirolisis.

Pada Gambar 4.1 dapat dilihat produk *Pyrolytic-Oil* tertinggi pada variasi temperatur 500 °C yaitu sebesar 14,3% dari produk pirolisis. Pada Gambar 4.1 terdapat 2 variasi yang menghasilkan produk *Pyrolytic-Oil* diatas 10% yaitu variasi temperatur 500 °C dan 425°C yaitu 14,3 % dan 12,2 %. Selain itu dalam Gambar 4.1 terlihat peningkatan disertai dengan tingginya hasil produk gas, hal tersebut karena adanya reaksi sekunder terbentuk akibat reaksi *termal cracking*. *Termal cracking* merupakan pemecahan rantai karbon dan senyawa organik menjadi rantai baru dengan kepengaruhannya termal pada proses. Reaksi sekunder menghasilkan senyawa baru dimana rantai karbon rendah tidak dapat terkondensasi menjadi *pyrolytic-ol*. Sama halnya dengan penelitian yang dilakukan oleh Syamsiro (2015) hal ini dapat terjadi

karena dengan semakin tinggi temperatur maka akan terjadi reaksi sekunder yang menghasilkan rantai karbon yang pendek sehingga tidak dapat dikondensasikan dengan temperatur ruangan. Perhitungan kuantitas *Pyrolytic-Oil* menggunakan persamaan 3.3.

Struktur penyusun pada cangkang kelapa sawit memiliki variasi temperature berbeda-beda. Rendahnya produk arang akibat dari senyawa Hidrogen ( $H^+$ ) dari plastik melekat pada rantai carbon dan membantu dekomposisi karbon. Kandungan kalsium organik pada CaO muncul pada temperatur 350°C memecah senyawa asam dan membentuk senyawa baru. Akibat dari proses *Catalytic cracking* membentuk senyawa baru dapat dilihat dari tingginya senyawa Alkena pada *pyrolytic-oil*, sama halnya pada penelitian Lin (2010).

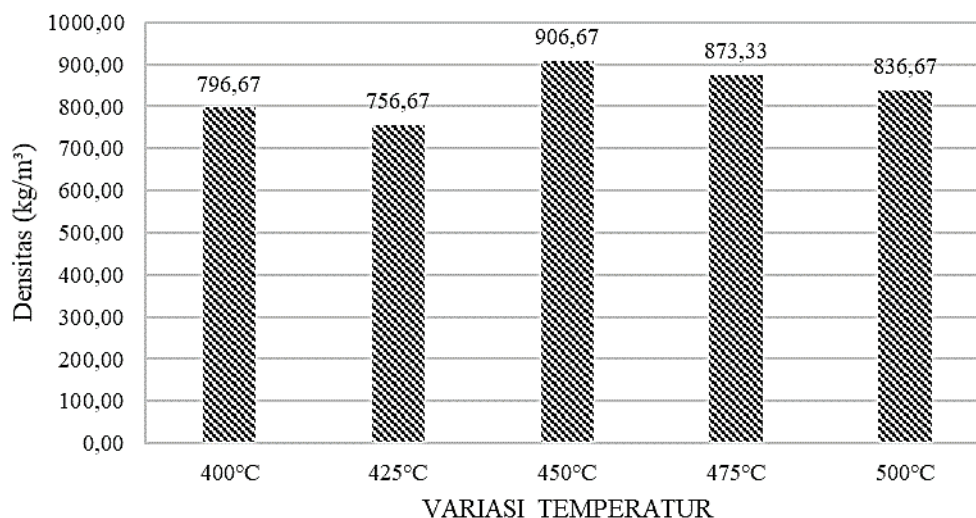
Hasilnya menunjukkan bahwa suhu dalam kisaran 400°C – 425°C efektif untuk pirolisis *polystyrene*, lebih dari 99% dari total berat hilang dikisaran ini. Untuk cangkang sawit, penurunan massa lebih dari 60% diamati ketika suhu mencapai 500°C. Pada kasus ini, dekomposisi awal mewakili degradasi hemiselulosa dan selulosa yang terjadi pada temperatur 400°C–425°C dan 450°C–500°C. Lignin merupakan yang paling sulit komponen untuk terurai. Lignin terkondensasi perlahan diseluruh rentang suhu dari ke 450 °C - 500 °C. Hal ini menunjukkan bahwa proses pirolisis harus terjadi diatas 400°C untuk mendapatkan degradasi *polystyrene* dan cangkang sawit. Selain itu, seperti dapat dilihat pada Gambar 4.1 untuk variasi temperatur menunjukkan dua perbedaan puncak antara 450°C dan 500 °C, menunjukkan bahwa dua utama kelompok reaksi terjadi selama proses dekomposisi. Pada puncak pertama menunjukkan dekomposisi hemiselulosa dan beberapa lignin, sedangkan puncak kedua berhubungan dengan dekomposisi selulosa dan lignin yang tersisa. Hal ini juga sama pada penelitian Abnisa (2013).

Dekomposisi plastik sebagai penghasil rantai karbon utama dan senyawa oksigen dihasilkan oleh dekomposisi cangkang kelapa sawit. Dalam hal ini gas terbentuk akibat kondensasi plastik dengan rantai karbon dibawah 6 .Pembentukan *pyrolytic oil* terbentuk dimana oksigen terikat dalam rantai karbon. Senyawa oksigen pada rantai karbon mengubah sifat fisik dari gas menjadi cair.

Tingginya produk gas pada penelitian ini terjadi akibat dari termal cracking yang terjadi pada permukaan katalis. Reaksi pada permukaan menyebabkan laju reaksi pada permukaan menjadikan plastik terdekomposisi plastik dengan cepat. Dekomposisi plastik ini membentuk senyawa carbon pendek menjadi gas yang tidak dapat terkondensasi. Melting plastik menutupi permukaan cangkang kelapa sawit menyebabkan folatil mendorong melting plastik ke atas menjadi wax.

#### 4.2 Pengaruh Temperatur terhadap Densitas *Pyrolytic-oil*.

Densitas merupakan ukuran massa tiap satuan volume pada suatu benda, densitas dapat disebut juga massa jenis. Variasi temperatur pada proses pirolisis mempengaruhi densitas *pyrolytic-oil*. Perhitungan densitas atau massa jenis *Pyrolytic-Oil* ini menggunakan persamaan 3.6 dengan satuan volume dan dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pengaruh Temperatur pada Densitas *Pyrolytic-oil*.

Pada Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa temperatur mempengaruhi tiap-tiap massa jenis *Pyrolytic-Oil* pada tiap variasi temperatur. Nilai densitas dapat dilihat dengan semakin rendah massa jenis yang diperoleh maka *Pyrolytic-Oil* akan semakin ringan dan sebaliknya jika massa jenis semakin besar maka akan semakin berat. Pada Gambar 4.2 massa jenis rendah pada temperatur 425 °C yaitu 756,67 kg/m<sup>3</sup> dan massa jenis

terbesar pada temperatur 450°C yaitu 906,67 kg/m<sup>3</sup>. Densitas *Pyrolytic-Oil* mengalami peningkatan yang spesifik pada temperatur 425°C ke 450°C yang mana pengukuran densitas dilakukan dengan volume yang sama.

Besar nilai densitas dipengaruhi oleh kandungan golongan oksigenat dari pirolisis cangkang kelapa sawit. Kandungan oksigenat pada *pyrolytic oil* menyebabkan massa jenis semakin besar karena struktur hemiseselulosa, selulosa dan lignin mulai terdekomposisi diatas temperatur 450°C. Penambahan CaO dan Zeolite alat berfungsi memecah senyawa Oksigen pada rantai Karbon guna mengurangi senyawa oksigenat terkondensasi. Pada penelitian Abnisa (2013) dilakukan pengujian densitas pirolisis cangkang kelapa sawit dan polystyrene sebesar 1051 Kg/M<sup>3</sup>. Analisis penelitian ini dapat disimpulkan bahwa reaksi katalis dalam proses pirolisis memecah oksigen sehingga mengurangi kondensasi senyawa oksigenat yang menyebabkan nilai densitas yang rendah.

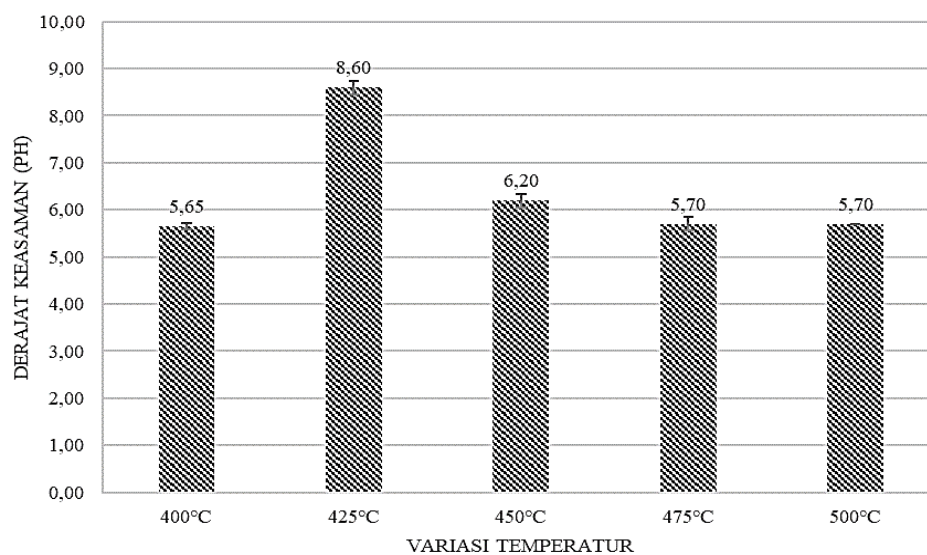
Gambar 4.2 pengaruh temperatur terhadap densitas juga tidak lepas dari faktor rantai karbon panjang sebagai pembentuk *wax*/lilin. Senyawa lilin menyebabkan densitas semakin besar dimana rantai karbon yang dibentuk adalah rantai panjang. Pembentukan *Wax* dimana senyawa asam mengikat rantai karbon panjang, dimana struktur kimia *wax* adalah C<sub>15</sub>H<sub>31</sub>COOC<sub>30</sub>H<sub>61</sub>.

Pada penelitian Juliansyah (2017) menyebutkan perbedaan densitas dipengaruhi oleh senyawa oksigen pada *Pyrolytic-Oil* dimana semakin tinggi senyawa oksigen yang terkondensasi dalam *Pyrolytic-Oil* akan meningkatkan nilai densitas. Nilai massa atom pada oksigen sebesar 0,71 Kg/m<sup>3</sup> dan massa karbon sebesar 0,53 Kg/m<sup>3</sup> menunjukkan senyawa oksigen memiliki densitas lebih berat daripada karbon. Pada Gambar 4.1 dapat dilihat pada temperatur 425°C *Pyrolytic-Oil* memiliki densitas rendah 756,67 kg/m<sup>3</sup>. Sama halnya pada penelitian Andreyan (2018) dimana variasi temperatur 425°C pirolisis cangkang kelapa sawit, plastik dan katalis CaO memiliki densitas sebesar 776 kg/m<sup>3</sup>. Dapat disimpulkan bahwa temperatur mempengaruhi densitas *pyrolytic-oil*.

### 4.3 Pengaruh Temperatur pada Keasamaan *Pyrolytic-oil*

Nilai keasaman merupakan parameter untuk menentukan tingkat asam atau basa suatu larutan. Pada indikator larutan dibagi 2 nilai pH yaitu pH 1-6.9 merupakan larutan asam dan pH 7.1-14 merupakan larutan basa, sementara pH 7 merupakan larutan bersifat netral. Pada pengukuran keasaman ini dilakukan pada *Pyrolytic-Oil* dari proses pirolisis yang dapat dilihat pada Gambar 4.3.

Dekomposisi hemiselulosa dan selulosa yang terdapat pada struktur cangkang kelapa sawit merupakan senyawa utama dalam pembentukan asam. Pembentukan senyawa asam dimana kandungan rangkap Oksigen ketemu dengan Karbon Monoksida pada satu rantai yang sama. Kandungan OH<sup>-</sup> pada hemiselulosa dan selulosa terdekomposisi pada temperatur 350°C dan pecah membentuk senyawa basa.



Gambar 4.3 Pengaruh Temperatur pada Keasamaan *Pyrolytic-oil*

Pada Gambar 4.3 dapat dilihat hasil *Pyrolytic-Oil* diperoleh nilai pH asam dan basa. Pada temperatur 425 °C nilai pH sebesar 8,60 dimana masuk dalam kategori larutan bersifat basa. 4 dari 5 larutan masuk dalam kategori larutan asam dengan rata-rata nilai pH sebesar 5,9. Semakin tinggi nilai pH maka semakin rendah keasaman pada *pyrolytic-oil*.

Peran 2 jenis katalis pada proses pirolisis dimana CaO dapat menetralkan sifat asam dan Zeolit alam menetralkan basa sehingga pencampuran 2 jenis katalis mendorong agar *Pyrolytic-Oil* memiliki sifat netral.  $\text{OH}^-$  atau suplai keasamaan diproduksi oleh hemiselulosa dan selulosa yang terdekomposisi pada temperatur 150°C sampai 350 °C. Dekomposisi lignin membentuk senyawa alkohol dan phenol dimana pH pada senyawa alkohol pada 7,33 masuk dalam kategori basa terjadi pada temperatur diatas 450°C. Pada Gambar 4.3 temperatur 425°C *pyrolytic* memiliki sifat basa dimana *pyrolytic oil* tidak menyebabkan korosi. Pada penelitian Andreyan (2018) dengan variasi temperatur yang sama nilai pH yang dihasilkan rata-rata sebesar 4,2 dengan katalis CaO. Zeolite alam berfungsi sebagai Selektivitas katalis proses memutuskan senyawa C pada hidrokarbon dengan rasio Si/Al yang tinggi dan menyerap molekul-molekul non polar (Pratiwi, 2015).

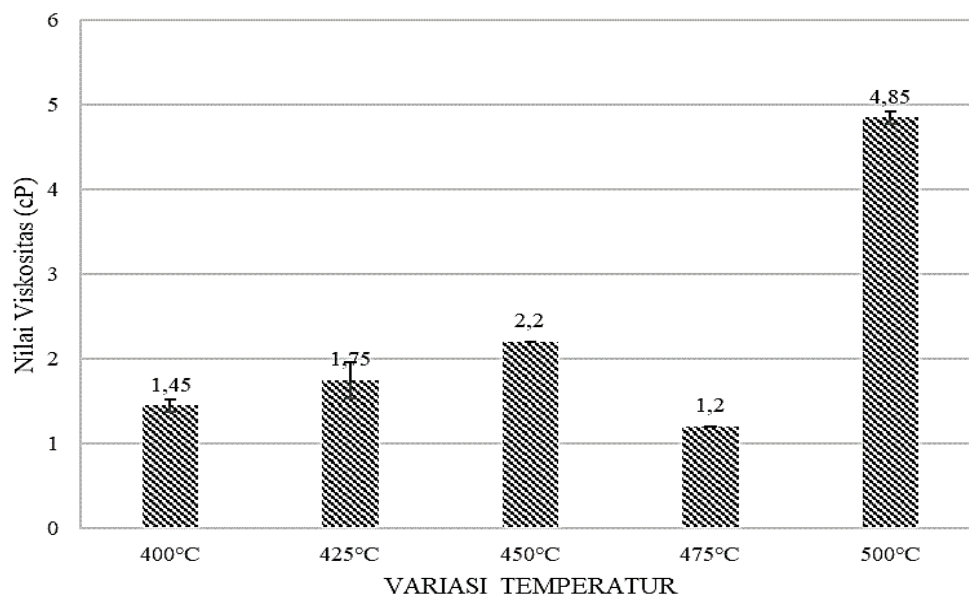
Muatan lebih pada senyawa hidrogen ( $\text{H}^+$ ) membuat senyawa asam dapat bergerak bebas dan melekat pada rantai manapun. Dehidrogenasi merupakan pelepasan senyawa hidrogen ( $\text{H}^+$ ). proses pelepasan hidrogen (H) kemudian melekat pada senyawa baja membentuk senyawa korosi dimana baja sebagai pereduksi dan oksigen dan hidrogen sebagai oksidasi

Fungsi katalis Zeolit alam pada pembentukan senyawa asam dimana reaksi decarboxylasi menghilangkan  $\text{COOH}$  dan melepaskan senyawa oksigen. Pada katalis CaO menghasilkan reaksi Netralisasi dimana memecah senyawa asam menjadi kalsium karbonat dan membentuk keton.

#### **4.4 Pengaruh Temperatur terhadap Viskositas Pyrolytc-oil.**

Viskositas merupakan kekentalan suatu larutan atau besar hambatan dari zat cair yang dapat mengalir. Satuan viskositas pada penelitian ini yang digunakan adalah cP (Centipoise). Pada penelitian ini pengujian viskositas digunakan guna mengetahui pengaruh temperatur terhadap kekentalan *Pyrolytic-Oil* . Nilai viskositas dapat dilihat pada Gambar 4.4 .

Tingginya nilai viskositas pada *pyrolytic-oil* ini disebabkan oleh dekomposisi karbon dibantu oleh hidrogen sehingga rantai karbon panjang dapat terdekomposisi dengan cepat. Proses ini tidak lepas dari peran folatil pada cangkang kelapa sawit dimana mendorong rantai karbon pada permukaan naik keatas dengan tekanan yang tinggi. Sementara rendahnya nilai viskositas pada *pyrolytic-oil* disebabkan pendeknya rantai karbon. *Termal cracking* menyebabkan pemecahan rantai karbon panjang menjadi rantai pendek akibat temperatur.



Gambar 4.4 Pengaruh Temperatur pada Viskositas *Pyrolytic-oil*.

Nilai viskositas semakin besar maka *Pyrolytic-Oil* akan semakin kental dan semakin kecil nilai viskositas maka *Pyrolytic-Oil* maka akan semakin encer. Pada Gambar 4.4 tingkat kekentalan tertinggi pada temperatur 500°C yaitu 4,85 cP dan yang terendah pada temperatur 475 °C sebesar 1,2 cP. Terjadi fluktuasi atau kenaikan dan penurunan nilai viskositas *pyrolytic-oil*. Penurunan spesifik terjadi pada temperatur 500 °C ke 475 °C sebesar 2,55 dan kemudian naik 1 cSt pada temperatur 450°C. Pada temperatur 450 °C sampai 400 °C terjadi penurunan sebesar 0,45 cP dimana semakin

rendah temperatur semakin rendah juga tingkat kekentalan *Pyrolytic-Oil* yang dihasilkan.

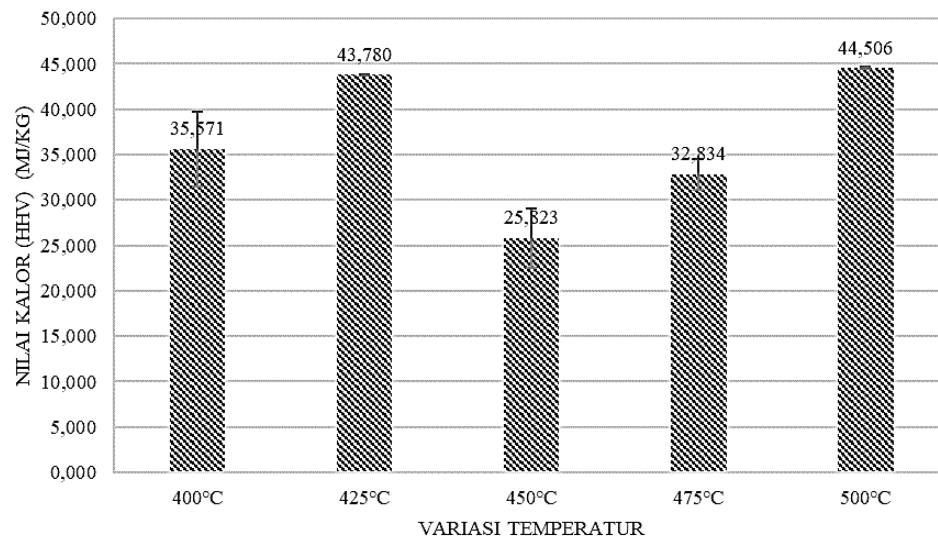
Viskositas pada *Pyrolytic-Oil* dipengaruhi oleh senyawa pembentukan wax pada poses pirolisis. Senyawa pembentukan wax dihasilkan dari kondensasi hemiselulosa dan polimer pada proses pirolisis, sama halnya pada penelitian Yang, dkk (2016). Penambahan katalis CaO dan zeolit alam 75% memecahkan golongan oksigenat menyebabkan nilai viskositas rendah. Dapat disimpulkan bahwa semakin tingginya nilai viskositas *Pyrolytic-Oil* semakin tinggi juga kandungan oksigenat, dimana terjadinya *secondary cracking* sehingga kondensasi oksigenat lambat dan membentuk senyawa alkena.

Pembentukan wax merupakan rantai karbon panjang dimana dapat terdekomposisi kembali menjadi *pyrolytic-oil* karena adanya proses decarbonilasi dan membentuk rantai karbon pendek. Pembentukan air pada produk *pyrolytic-oil* terjadi akibat reaksi dehidrasi dimana Zeolit melapaskan senyawa H<sub>2</sub>O menghasilkan karbon monoksida dalam bentuk gas dan kemudian terkondensasi. Pemecahan rantai karbon panjang akibat *termal cracking* menyebabkan kandungan karbon pada *pyrolytic-oil* pendek dan pergeseran molekul menjadi berkurang. Pergeseran molekul yang rendah menyebabkan nilai viskositas semakin rendah.

#### **4.5 Pengaruh Temperatur terhadap Nilai Kalor HHV *Pyrolytic-oil***

Nilai kalor merupakan jumlah kalor yang dilepaskan dalam proses pembakaran dalam satuan massa. Pada penelitian ini dilakukan pengujian kalor pada *Pyrolytic-Oil* guna mengetahui pengaruh temperatur pada proses pirolisis pada nilai kalor *pyrolytic-oil*. Tinggi temperatur untuk mengkodensasi cangkang kelapa sawit menyebabkan energi yang dibutuhkan juga semakin tinggi. Kondensasi pada temperatur tinggi menyebabkan pelepasan oksigenat menjadi lama, sehingga terjadi penurunan Nilai kalor *Pyrolytic-Oil* yang dapat dilihat pada Gambar 4.5. Pada penelitian ini densitas mempengaruhi nilai kalor, sama halnya pada penelitian Andreyan (2018) .





Gambar 4.5 Nilai Kalor HHV *Pyrolytic-oil*.

Pada Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa nilai kalor terbesar pada temperatur 500°C sebesar 44,506 MJ/Kg. pada Gambar 4.5 dapat dilihat terjadinya fluktuasi nilai kalor yang mana pada temperatur 500°C terjadi penurunan sampai temperatur 450°C yaitu 25,823 MJ/Kg dan kemudian naik kembali pada temperatur 425°C yaitu sebesar 43,780 MJ/Kg. dapat diketahui semakin besar nilai kalor pada *Pyrolytic-Oil* maka akan semakin besar energi yang dilepaskan saat proses pembakaran.

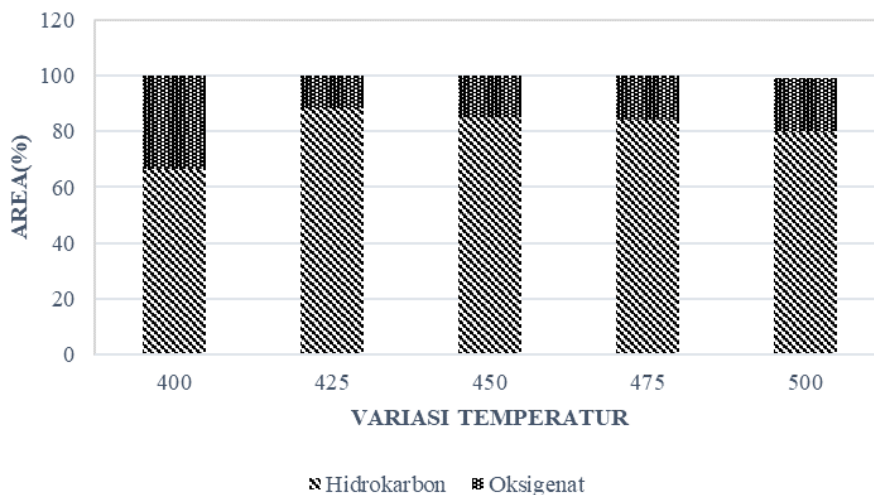
Penambahan plastik pada produk pirolisis berfungsi menambahkan nilai kalor plastik sebagai pembentuk senyawa polimer sebesar 45.89 MJ/kg. sementara itu dekomposisi LPDE terjadi pada temperatur 400°C – 450°C, sama halnya pada penelitian husain (2016). Pada Gambar 4.5 pada temperatur 500°C sebesar 44,506 MJ/Kg dimana kandungan hidrokarbon lebih besar disusul oleh temperatur 425 °C. Nilai kalor berbanding terbalik dengan densitas, dimana semakin tinggi nilai kalor semakin rendah densitas (Wiratmaja, 2010).

Plastik merupakan sumber utama dalam suplai senyawa karbon dalam proses pirolisis ini. Dekomposisi plastik menghasilkan rantai karbon tunggal atau alkana sebagai reaksi primer. Reaksi radikal hidrogen membuat senyawa hidrogen H<sup>+</sup> terlepas dan melekat pada rantai karbon membentuk senyawa hidrokarbon. Reaksi sekunder

dari katalis adalah memutus rantai karbon dan membentuk rangkap karbon atau senyawa alkena. Rantai karbon pendek akibat dekomposisi plastik menyebabkan nilai kalor rendah dimana rantai tunggal cepat terlepas dan menguap.

#### 4.6 Temperatur pada Kandungan Senyawa *Pyrolytic-oil*.

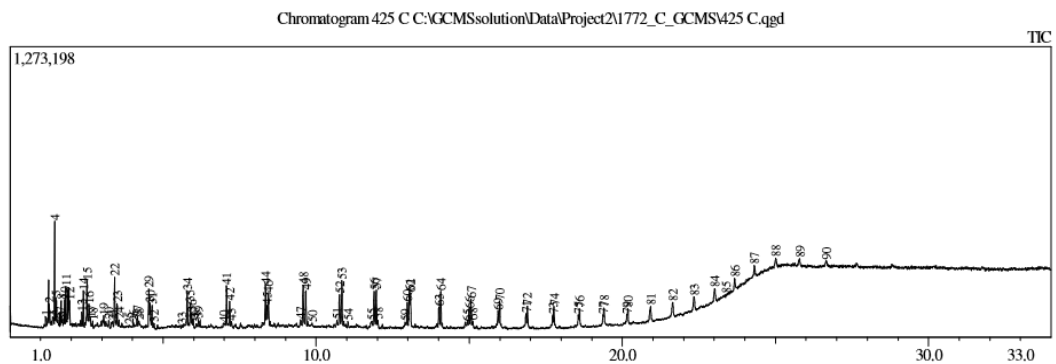
Kandungan golongan pada *Pyrolytic-Oil* yang dapat dianalisa pada penelitian ini yaitu golongan hidrokarbon dan oksigenat. Kandungan senyawa pada *pyrolytic* dapat dilihat melalui uji GC-MS yang mana senyawa C, H, O dan S yang dapat dianalisa. Penelitian ini dilakukan guna melihat pengaruh temperatur pada tingkat hidrokarbon dan oksigenat pada *pyrolytic-oil*, hasil kandungan senyawa pada *Pyrolytic-Oil* dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan tabel 4.1.



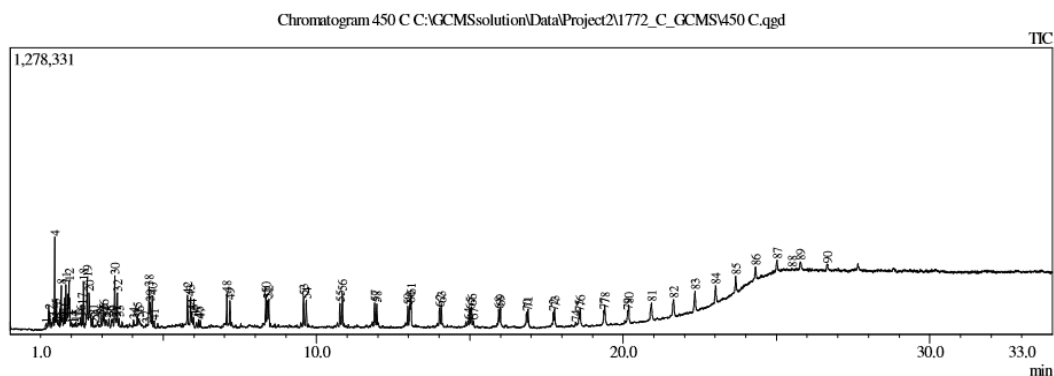
Gambar 4.6 GC-MS *Pyrolytic-oil*.

Pada Gambar 4.6 menunjukkan golongan hidrokarbon tertinggi pada variasi temperatur 425°C yaitu 87,98% dan oksigenat 12,05%. Golongan senyawa oksigenat menunjukkan peningkatan sampai dengan 18,91% pada temperatur 500°C. Golongan hidrokarbon dan oksigenat pada Gambar 4.6 dapat dijelaskan pada tabel 4.1 yang mana terdapat jenis senyawa pada *pyrolytic-oil*. Kandungan senyawa hidrokarbon diproduksi oleh proses kondensasi plastik LDPE. Dekomposisi LDPE pada temperatur dibawah 400°C sehingga menghasilkan *Pyrolytic-Oil* kaya akan hidrokarbon pada awal

kondensasi. Analisis kondensasi senyawa dapat dilihat pada Gambar 4.7 dimana jumlah *peak* atau puncak pada data Gas Cromactografy menunjukkan peak awal merupakan indikasi senyawa hidrokarbon dan pada peak akhir senyawa oksigenat.



(a)



(b)

Gambar 4.7 *Gas Cromactografy* variasi temperatur (a). 425°C dan (b). 450°C

Pada *peak* atau puncak *Gas Cromactografy* menunjukkan senyawa dan ikatan yang dapat dianalisis. Golongan Hidrokarbon yang dapat diindikasikan meliputi senyawa PAH, Aromatik, Alifatik dan Siklik, sedangkan golongan Oksigenat meliputi senyawa Alkohol, keton, Asam, fenol dan lain-lain dapat dilihat pada tabel 4.1 yaitu pada Mass and Spectrometry.

Proses pembentukan alkena yaitu dimana rantai tunggal karbon pecah dan akibat termal cracking dan membentuk senyawa baru yaitu alkena rantai karbon rangkap.

Tabel 4.1 Golongan, Senyawa dan Area *pyrolytic-oil*.

Golongan	Senyawa	Ikatan	Variasi Temperatur					
			400 Area %	425 Area %	450 Area %	475 Area %	500 Area %	
Hidrokarbon	PAH		0,86	4,57	4,47	-	6,74	
	Aromatik		2,28	10,51	9,33	-	11,83	
		Alkana	32,98	37,23	35,58	41,96	23,8	
		Alifatik	24,95	29,98	29,37	37,38	32,26	
			Alkana	-	0,38	-	0,7	-
			Alkana	2,25	4,63	3,51	3,38	3,79
		Siklik	Alkena	3,4	0,68	2,85	0,75	1,63
			Alkana	-	-	-	-	-
		<b>Jumlah</b>		<b>66,72</b>	<b>87,98</b>	<b>85,11</b>	<b>84,17</b>	<b>80,05</b>
	Oksigenat	Alkohol		25,37	6,13	7,25	13,64	10,49
Asam			0,85	0,92	-	-	2,51	
Keton			4,83	3,36	4,31	2,22	2,53	
Aldehid			-	-	0,5	-	0,52	
Phenol			2,29	1,64	2,84	-	2,67	
Ester			-	-	-	-	-	
Furan			-	-	-	-	0,19	
Glycol			-	-	-	-	-	
	<b>Jumlah</b>		<b>33,34</b>	<b>12,05</b>	<b>14,9</b>	<b>15,86</b>	<b>18,91</b>	
<b>Jumlah Total</b>			<b>100,06</b>	<b>100,03</b>	<b>100,01</b>	<b>100,03</b>	<b>98,96</b>	

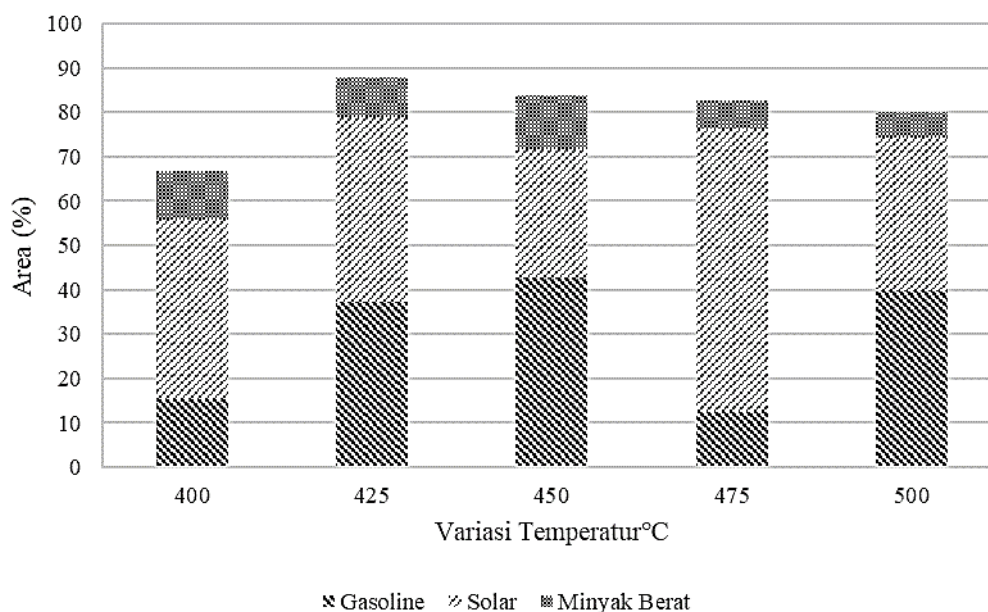
Pada tabel 4.1 diketahui bahwa pada temperatur 500°C senyawa tertinggi yaitu asam sebesar 2,51% dari 18,91% golongan oksigenat. Sementara pada hidrokarbon senyawa alifatik dengan ikatan alkana sebesar 23,8% dari 80,05% total golongan hidrokarbon. Pada temperatur 425°C golongan hidrokarbon dengan senyawa yang

lebih kompleks dan senyawa alifatik dengan ikatan alkana sebesar 37,23% dari 87,98% jumlah golongan hidrokarbon.

Dari tabel 4.1 dan Gambar 4.6 menunjukkan bahwa variasi temperatur mempengaruhi golongan sampai dengan kandungan senyawa yang dihasilkan. Semakin tinggi temperatur maka akan semakin rendah golongan hidrokarbon dan peningkatan pada golongan oksigenat.

#### 4.7 Pengaruh Temperatur terhadap penggolongan Minyak

Penggolongan senyawa pyrolytic dibagi menjadi 3 indikator mendekati jenis minyak yaitu gasoline, solar dan minyak berat. Penggolongan minyak bergantung pada nilai karbon (C) *Pyrolytic-Oil* pada golongan hidrokarbon. Pada gasoline nilai karbon (C) kurang dari 12, untuk solar C13 sampai C24 dan minyak berat kandungan karbon lebih dari 24. Penggolongan dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Penggolongan Unsur Karbon pada Pyrolytic-Oil.

Pada Gambar 4.8 menunjukkan penggolongan solar dominan dibandingkan dengan gasoline dan minyak berat. Pada temperatur 425°C senyawa karbon masuk dalam golongan solar sebesar 41,65% dari jumlah total hidrokarbon. Berbanding

terbalik dengan variasi temperatur 450°C senyawa karbon yang dihasilkan mendekati gasoline dibanding solar yaitu sebesar 42,73% dan 28,9%. Phenomenon yang menonjol dalam tren ini adalah bahwa dengan meningkatnya senyawa olefin suhu menurun dengan meningkatnya senyawa parafin. CaO tambahan tidak terafiliasi secara signifikan pada perubahan komposisi olefin dan parafin. Olefin terdiri dari ikatan ganda hidrokarbon yang dapat melepaskan diri karena penyerapan energi dalam senyawa yang memecah ikatan rangkap menjadi ikatan tunggal dan lebih lanjut membentuk senyawa parafin.