

Program Studi Teknik Mesin

Lembar Persetujuan Naskah Publikasi dan Abstrak Tugas Akhir (TA)

Judul TA: PENGARUH CAMPURAN CANGKANG SAWIT DAN PLASTIK PADA PIROLISIS BERKATALIS CaO-ZEOLIT ALAM TERHADAP SIFAT FISIK DAN KIMIA PYROLYTIC OIL

Judul Naskah Publikasi: PENGARUH CAMPURAN CANGKANG SAWIT DAN PLASTIK PADA PIROLISIS BERKATALIS CaO-ZEOLIT ALAM TERHADAP SIFAT FISIK DAN KIMIA PYROLYTIC OIL

Nama Mahasiswa: Rahmat Dwijayanto

NIM: 20140130107

Pembimbing 1: Thoharudin, S.T., M.T.

Pembimbing 2: Muhammad Nadjib, S.T., M.Eng.

Hal yang dimintakan persetujuan *:

- | | | | |
|---|--|--------------------------------|--------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Abstrak berbahasa Indonesia | <input checked="" type="checkbox"/> Naskah Publikasi | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input checked="" type="checkbox"/> Abstrak berbahasa Inggris | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

*beri tanda \checkmark di kotak yang sesuai



Rahmat Dwijayanto

21 Agustus 2018

Persetujuan Dosen Pembimbing dan Program Studi

Disetujui



Thoharudin, S.T., M.T.

21 Agustus 2018

Berli Paripurna Kamali, S.T., M.Eng Sc., Ph.D

27 Agustus 2018

Formulir persetujuan ini mohon diletakkan pada lampiran terakhir pada naskah TA.

Pengaruh Campuran Cangkang Sawit dan Plastik pada Pirolisis Berkatalis CaO-Zeolit Alam Terhadap Sifat Fisik dan Kimia *Pyrolytic Oil*

Rahmat Dwijayanto^a, Thoharudin^b, Muhammad Nadjib^c

^{a, b, c} Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Jl. Brawijaya, Kasihan, Bantul, Yogyakarta 55183, Indonesia
 +62 274 387656

e-mail: ^aSpekulatype@gmail.com, ^bThoharudin@gmail.com, ^cNadjibar@yahoo.com

Intisari

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh variasi limbah cangkang sawit dan plastik LDPE terhadap sifat fisik dan kimia *pyrolytic oil*. Kedua bahan tersebut dilakukan metode pirolisis menggunakan reaktor *fixed-bed* dengan pemanasan 500°C. Variasi perbandingan cangkang sawit dengan plastik yaitu 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0:100 (%) dengan penambahan katalis (CaO dan zeolit alam) sebesar 75% pada setiap variasi. Hasil *pyrolytic oil* dilakukan pengujian densitas, kadar pH, viskositas, nilai kalor, dan identifikasi senyawa kimia. Hasil pengujian densitas diperoleh bahwa variasi plastik 75% dan 100% memiliki hasil mendekati sifat premium yaitu 760 kg/m³. Variasi plastik 75% pada kadar pH mendekati sifat netral yaitu 7,65. Viskositas tertinggi pada variasi plastik 100% sebesar 33,3 cP, disebabkan oleh *wax* yang terkandung dalam *pyrolytic oil* sehingga viskositas meningkat. Kemudian, nilai kalor tertinggi diperoleh pada variasi plastik 100% sebesar 45,3 MJ/kg. Menurut hasil identifikasi senyawa diketahui bahwa penambahan plastik dapat berkontribusi untuk meningkatkan kandungan hidrokarbon, yang didominasi dengan senyawa alkana serta mengurangi kandungan asam dan fenolik.

Kata kunci: pirolisis, *fixed-bed*, cangkang sawit, plastik LDPE, *pyrolytic oil*.

1. Pendahuluan

Bahan bakar minyak (BBM) dikenal sebagai bahan bakar cair berasal dari fosil yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi. Ditinjau dari perkembangan berbagai sektor terutama pada peningkatan kendaraan bermotor, maka konsumsi BBM cenderung mengalami kenaikan. Sampai saat ini pembuatan BBM masih memakai hasil dari minyak bumi. Apabila minyak bumi dieksploitasi secara terus-menerus, alhasil ketersediaan minyak bumi yang berasal dari fosil akan menipis bahkan habis.

Di beberapa industri pengolahan kelapa sawit, limbah yang dihasilkan salah satunya yakni cangkang sawit masih menjadi permasalahan bagi masyarakat. Hasil analisis *proximate*, cangkang sawit memiliki kandungan *volatile matters* sebesar 69,5%, kadar air sebesar 3,7%, dan abu sebesar 6,7% (Raju, 2016). Limbah plastik juga menjadi permasalahan cukup serius pada masyarakat, karena

jumlahnya yang besar dan sulit terurai pada lingkungan. Plastik mengandung nilai kalor sampai dengan 46,2 MJ/kg, nilai tersebut hampir setara dengan nilai kalor solar yaitu 46,5 MJ/kg (Kristyawan, 2016). Melihat potensi cukup baik dari limbah cangkang sawit dan plastik, maka dapat dipilih menjadi bahan baku produksi *pyrolytic oil* sebagai BBM alternatif.

Dilihat dengan adanya potensi dari kedua limbah tersebut dapat melakukan pengembangan bahan bakar minyak alternatif, sekaligus langkah strategis guna mengatasi masalah krisis energi maupun pencemaran lingkungan. Teknik konversi yang kompetitif diaplikasikan untuk memproduksi *pyrolytic oil* ialah dengan metode pirolisis. Pirolisis adalah proses pemecahan partikel-partikel bahan yang diberi pemanasan bertemperatur tinggi, bahkan mencapai 500°C tanpa adanya senyawa oksigen pada prosesnya (Ningrum, 2011). Hasil *pyrolytic oil*

umumnya masih memiliki kualitas yang kurang baik sebagai bahan bakar kendaraan, dikarenakan nilai kekentalan dan keasaman yang tinggi (Dewangan dkk, 2016). Penambahan katalis dalam produksi *pyrolytic oil* diharapkan mampu memperbaiki kualitas. Penggunaan katalis mampu meningkatkan laju reaksi, serta kadar air dapat direduksi oleh katalis dikarenakan memiliki permukaan yang berpori-pori (Nindita, 2015). Melihat dari potensi yang baik, perlu dilakukan penelitian terkait campuran limbah cangkang sawit serta plastik kresek berkatalis CaO dan zeolit alam.

2. Metode Penelitian

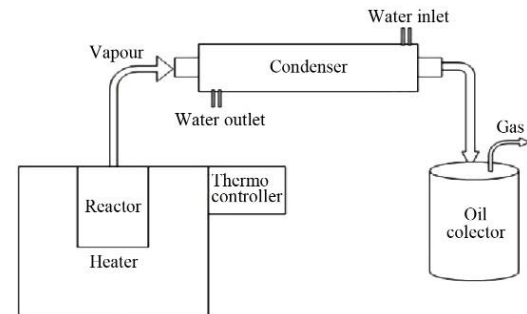
2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu limbah cangkang sawit dari Pandeglang Banten, telah tercacah dengan ukuran 1-2 cm dan dikeringkan di bawah sinar matahari selama 6 jam. Dilakukan pengeringan di bawah sinar matahari bertujuan untuk mengurangi kadar air yang terkandung pada cangkang sawit. Plastik kresek yang digunakan dengan jenis LDPE kemudian dipotong rata-rata 5-6 cm. Pirolisis kedua bahan tersebut ditambahkan dengan katalis yakni katalis CaO dan zeolit alam yang diperoleh dari Toko Bratachem Kimia Yogyakarta.

2.2 Percobaan Proses Pirolisis

Limbah cangkang sawit dicampur dengan plastik dalam berbagai rasio yaitu 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0:100 (%). Total massa cangkang sawit dan plastik ialah 300 g. Setiap variasi juga ditambah dengan katalis (CaO dan zeolit alam) total sebesar 225 g. Percobaan pirolisis kedua bahan tersebut menggunakan reaktor tipe *fixed-bed* yang terbuat dari baja anti karat (*stainless steel*). Desain konsep metode pirolisis ditunjukkan pada Gambar 1. Kedua bahan tersebut dimasukkan ke dalam reaktor, kemudian dipanaskan oleh pemanas dari listrik. Pemanasan diterapkan pada temperatur 500°C. Temperatur di dalam reaktor dipantau oleh

termokopel tipe-K yang telah tersambung pada *thermocontroller*.



Gambar 1. Skema alat pirolisis

Produk yang dihasilkan dari pirolisis yaitu *pyrolytic oil*, gas, arang, dan *wax*. Hasil kuantitas produk pirolisis dapat dihitung menggunakan persamaan 1-4.

$$\Sigma_{pyrolytic\ oil} = \frac{M_{pyrolytic\ oil}}{M_0} \times 100\% \quad (1)$$

$$\Sigma_{arang} = \frac{M_{arang}}{M_0} \times 100\% \quad (2)$$

$$\Sigma_{gas} = 100\% - [\Sigma_{arang} + \Sigma_{pyrolytic\ oil}] \quad (3)$$

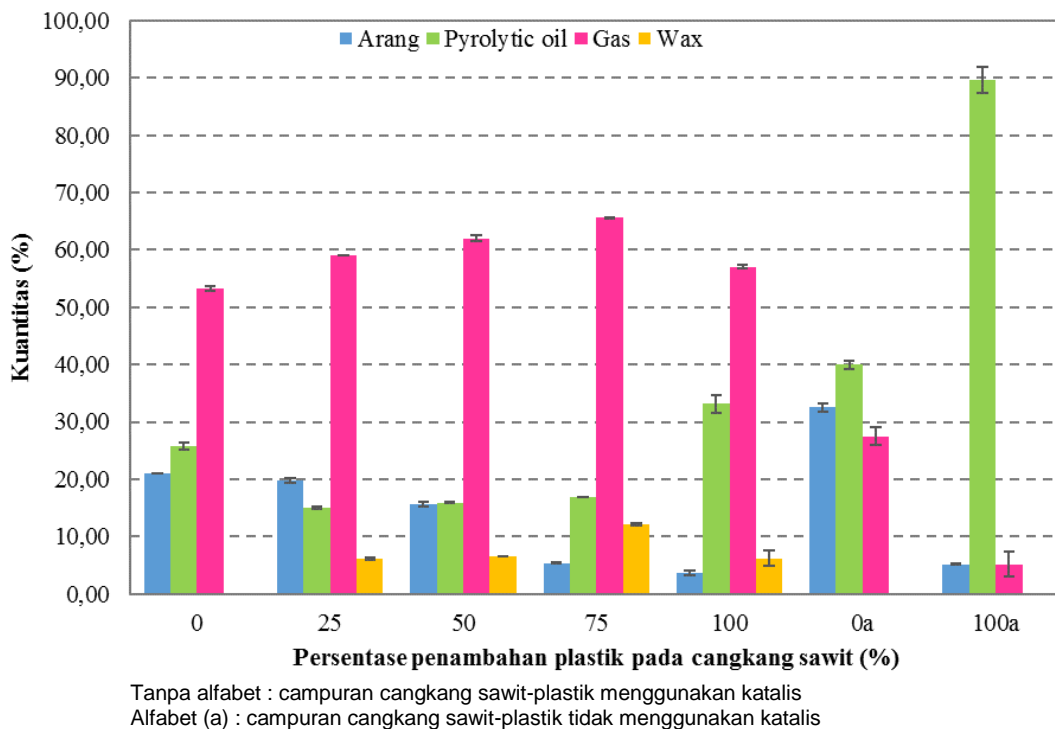
$$\Sigma_{wax} = \frac{M_{wax}}{M_0} \times 100\% \quad (4)$$

dimana, $M_{pyrolytic\ oil}$ adalah massa dari *pyrolytic oil*, M_{arang} adalah massa dari arang, M_{gas} adalah massa dari gas, M_{wax} adalah massa dari *wax*, dan M_0 adalah massa total bahan yang dimasukkan ke dalam reaktor.

Kedua bahan yang telah dicampur dengan kedua katalis akan dimasukkan ke dalam reaktor, atur temperatur maksimal yaitu 500°C. Selanjutnya, hidupkan *heater* untuk memulai proses pemanasan. Proses pirolisis ini berlangsung cukup lama yaitu lebih dari 1 jam, kenaikan temperatur akan dicatat tiap 2 menit. Hasil pirolisis berupa uap akan keluar dari pipa, kemudian akan terkondensasi menjadi cair di komponen kondenser. Hasil cairan tersebut berupa *pyrolytic oil* yang turun menuju wadah penampungan.

2.3 Pengujian *Pyrolytic Oil*

Produk *pyrolytic oil* yang diperoleh kemudian dilakukan pengujian untuk mengetahui karakteristik fisik dan kimia.



Gambar 2. Kuantitas hasil pirolisis

Karakteristik fisik meliputi densitas, kadar pH, dan viskositas. Pengujian densitas untuk mengetahui volume dan massanya. Pengujian kadar pH ditentukan oleh pH meter digital yang telah terkalibrasi, untuk mengetahui tingkat keasaman pada tiap sampel *pyrolytic oil*. Viskositas ditentukan menggunakan viskometer digital yang dilengkapi dengan *spindle* yaitu jenis *Brookfield DV-II+Pro* (diproduksi oleh *Brookfield Engineering Laboratories, Inc. USA*). Sampel *pyrolytic oil* diletakkan dalam gelas beker dengan volume 75 ml dan dikondisikan pada temperatur 26,5°C. Kecepatan *spindle* diatur sebesar 60 rpm, kemudian tunggu data hingga *steady*.

Sedangkan karakteristik kimia yang diuji meliputi nilai kalor dan identifikasi senyawa penyusun *pyrolytic oil*. Nilai kalor dari *pyrolytic oil* ditentukan menggunakan *Bomb Calorimeter Parr 6050* (diproduksi oleh *Parr Instrument Company. USA*). Nilai kalor dapat diukur dengan membakar 0,7 gram sampel *pyrolytic oil* di dalam *bucket calorimeter*. Dibutuhkan waktu sekitar 10 menit untuk mendapatkan hasil nilai kalor. Identifikasi senyawa penyusun pada *pyrolytic oil* dideteksi oleh GC-MS (QP2010S Shimadzu). GC-MS digunakan

untuk memverifikasi golongan senyawa yang terkandung dalam *pyrolytic oil*. Golongan senyawa tersebut dibagi menjadi dua yaitu senyawa hidrokarbon dan oksigenat. Kemudian dikategorikan dalam sub-golongan seperti alifatik, aromatik, asam, fenolik, dan sebagainya.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Kuantitas Hasil Produk Pirolisis

Jenis dan variasi persentase bahan baku sangat mempengaruhi hasil produk pirolisis. Distribusi hasil produk pirolisis cangkang sawit dengan plastik meliputi arang, *pyrolytic oil*, gas, dan *wax* dalam kondisi temperatur yang sama (500°C) ditunjukkan pada Gambar 2. Gambar tersebut menunjukkan bahwa variasi plastik 25%-100% mengalami peningkatan *pyrolytic oil* disebabkan oleh tambahan plastik yang lebih banyak dari jumlah cangkang sawit. Hasil *pyrolytic oil* meningkat dengan penurunan jumlah gas. Hasil *pyrolytic oil* tertinggi diperoleh 89% dengan jumlah arang terendah berada pada variasi 100%a, hal tersebut karena penambahan plastik memberikan lebih banyak kandungan volatil, sehingga dapat berpotensi untuk meningkatkan jumlah

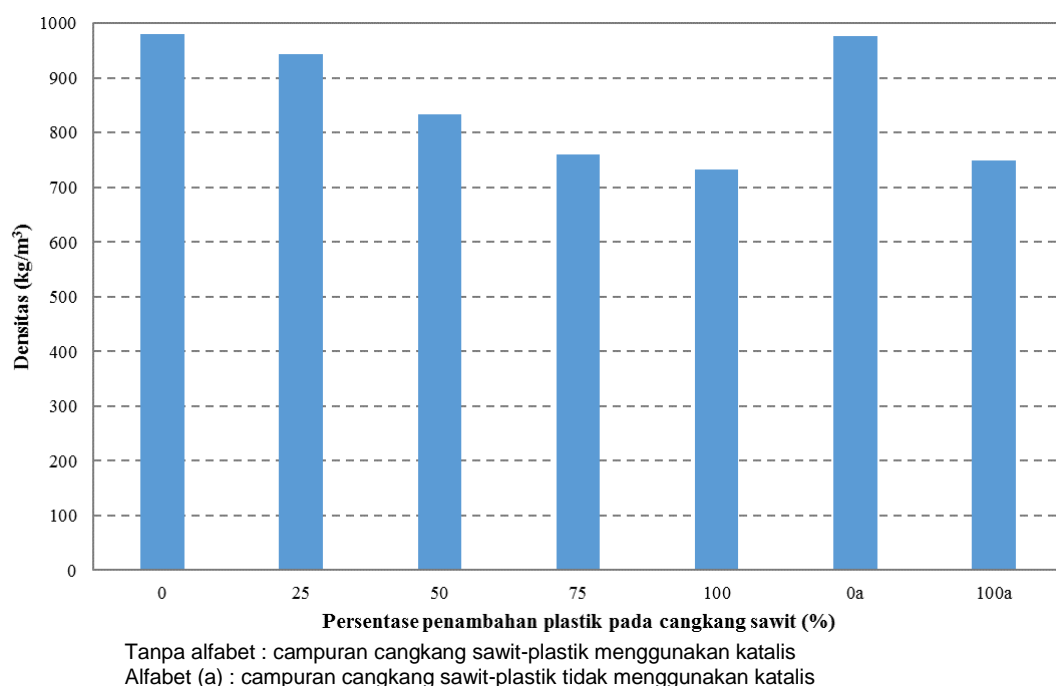
pyrolytic oil. Selain itu, laju pemanasan yang tinggi berdampak pada penguapan volatil yang lebih banyak dari bahan baku. Jika uap yang dihasilkan banyak, maka akan terkondensasi menjadi *pyrolytic oil* yang banyak pula, hal ini serupa dengan penelitian Rachmawati dkk (2015). Penambahan plastik yang lebih banyak dapat menurunkan jumlah arang karena plastik berkontribusi dalam meningkatkan senyawa hidrokarbon, saat dekomposisi termal terjadi pemecahan rantai antara C (karbon) dan H (hidrogen). 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).

Penambahan plastik yang sedikit menyebabkan jumlah *pyrolytic oil* yang rendah, seperti pada variasi plastik 25%. Hal ini disebabkan saat proses pirolisis berlangsung, plastik akan meleleh dengan cepat di temperatur kurang lebih 160°C (Sari, 2017) sehingga lelehan plastik tersebut akan menempel pada permukaan cangkang sawit. Hal ini akan berdampak pada penguapan volatil yang terhambat, maka volatil yang akan menguap hanya sedikit. Di mana uap tersebut akan terkondensasi menjadi *pyrolytic oil* yang sedikit pula. Seiring dengan kenaikan

temperatur maka kandungan volatil pada cangkang sawit akan terlepas/menguap membawa lelehan plastik yang belum terdekomposisi. Fenomena ini, lelehan plastik yang terbawa oleh penguapan volatil kemudian akan membeku di komponen kondensor menjadi produk wax agak padat. Wax tersebut akan menempel pada dinding dalam kondensor, hal ini juga dapat mempengaruhi hasil *pyrolytic oil* yang sedikit karena uap tidak terkondensasi secara optimal di dalam kondensor tersebut. Wax memiliki wujud seperti parafin atau lilin yang kental berwarna kuning serta mengandung rantai karbon panjang.

3.2 Karakteristik *Pyrolytic Oil*

Jenis dan variasi bahan baku sangat mempengaruhi karakteristik dari *pyrolytic oil*. Analisis perilaku sifat-sifat *pyrolytic oil* sangat penting karena kualitas tergantung pada sifat fisik dan kimianya. Sifat fisik termasuk densitas, kadar pH, serta viskositas, sedangkan nilai kalor dan identifikasi senyawa penyusun merupakan sifat kimia. Gambar 3-6 menunjukkan hasil sifat-sifat *pyrolytic oil* dari berbagai variasi persentase bahan baku dengan perlakuan kondisi temperatur yang sama.



Gambar 3. Perbandingan bahan baku terhadap densitas *pyrolytic oil*

3.2.1 Densitas *Pyrolytic Oil*

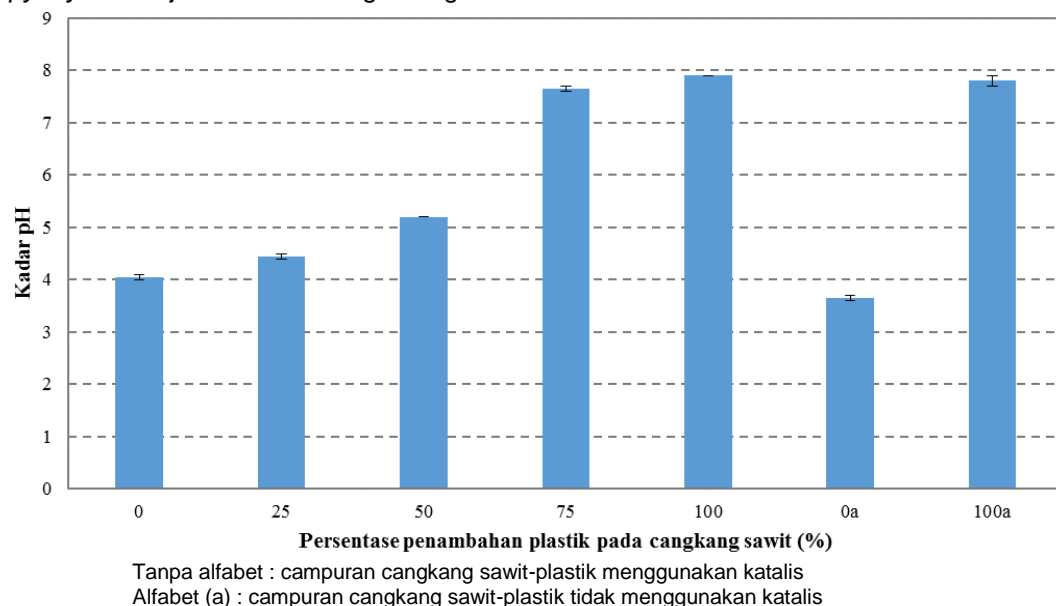
Hasil densitas *pyrolytic oil* ditunjukkan pada Gambar 3. Penambahan plastik yang lebih banyak mampu menurunkan nilai densitas. Nilai densitas yang tinggi pada *pyrolytic oil* disebabkan oleh keberadaan jumlah senyawa oksigenat serta kadar air yang banyak, hal dikarenakan molekul oksigen memiliki massa lebih tinggi dibandingkan dengan karbon dan hidrogen. 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 plastik 0% (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 akan semakin tinggi.

3.2.2 Kadar pH *Pyrolytic Oil*

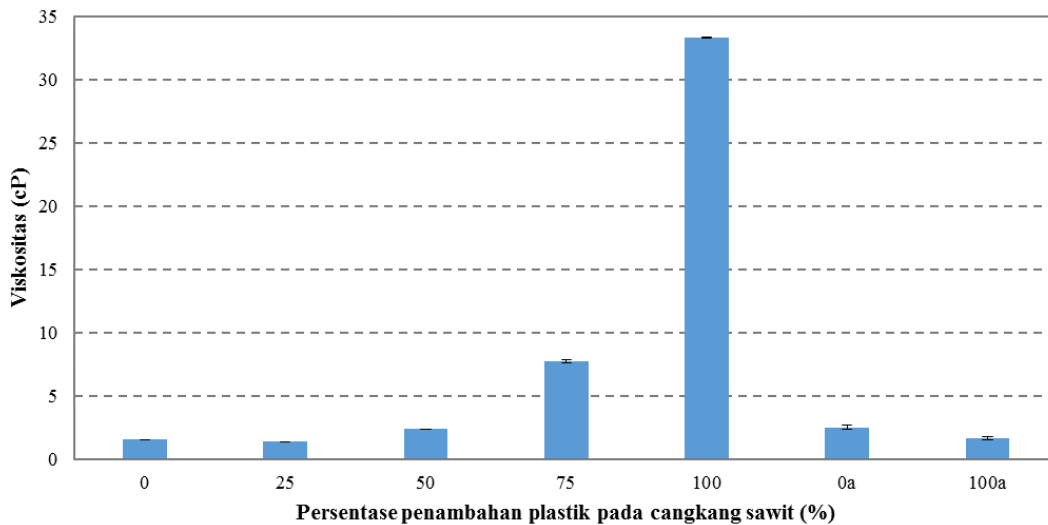
Kandungan asam yang tinggi pada *pyrolytic oil* jelas tidak menguntungkan

sebagai bahan bakar pada mesin, karena bersifat korosif. Kadar pH dalam *pyrolytic oil* tergantung pada faktor jenis bahan baku yang digunakan pada pirolisis.

Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin banyak persentase plastik maka tingkat keasaman *pyrolytic oil* semakin berkurang. Keasaman tertinggi diperoleh pada variasi plastik 0% (cangkang sawit saja) yaitu 3,65. Hasil tersebut tidak jauh berbeda dengan penelitian Sirait (2016) yang memperoleh keasaman sebesar 3,61 pada pirolisis cangkang sawit dengan temperatur 500°C. Keasaman terjadi karena adanya asam organik dan fenolik yang berasal dari degradasi selulosa dan lignin pada 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. Penambahan 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, sedangkan zeolit alam sebagai katalis terjadi reaksi dekarboksilasi.



Gambar 4. Perbandingan bahan baku terhadap kadar pH *pyrolytic oil*



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

Gambar 5. Perbandingan bahan baku terhadap viskositas *pyrolytic oil*

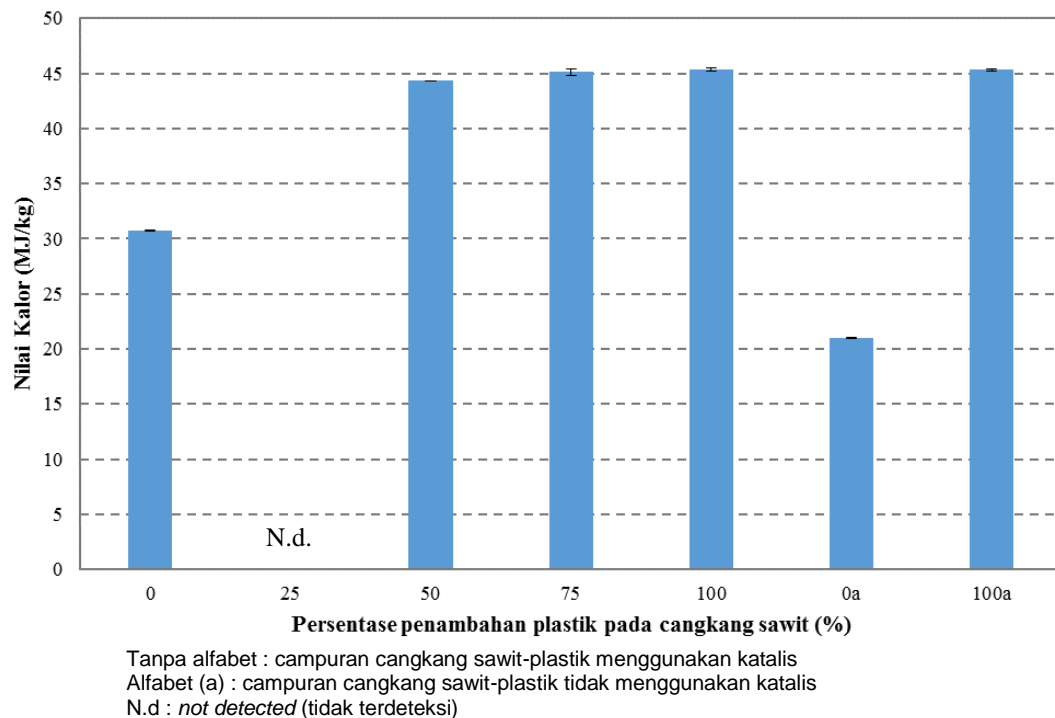
3.2.3 Viskositas *Pyrolytic Oil*

Viskositas memiliki peran penting pada desain mesin bahan bakar cair, sifat ini untuk menentukan kualitas aliran. Ketika viskositas *pyrolytic oil* meningkat, menyebabkan beberapa gangguan dalam pemompaan saat mesin bahan bakar beroperasi. Dari Gambar 5 dapat diketahui bahwa viskositas *pyrolytic oil* bervariasi karena komposisi bahan baku tidak sama. Berdasarkan hasil yang diperoleh bahwa 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*. Hal tersebut dapat dilihat pada variasi plastik 0%-100%. Namun 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 katalis. Keberadaan katalis menyebabkan plastik dapat meleleh dengan cepat, kemudian lelehan plastik akan 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 tersebut (yang belum terdekomposisi) ke atas, sehingga menyebabkan pembentukan wax. Wax tersebut ikut tercampur dan sulit untuk dipisahkan dari *pyrolytic oil* sehingga nilai viskositas menjadi tinggi.

3.2.4 Nilai Kalor *Pyrolytic Oil*

Nilai kalor mengindikasikan 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.



Gambar 6. Perbandingan bahan baku terhadap nilai kalor *pyrolytic oil*

Nilai kalor dari *pyrolytic oil* hasilnya bervariasi tergantung jenis dan persentase bahan baku seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Berdasarkan hasil tersebut bahwa semakin banyak penambahan persentase plastik serta penggunaan katalis dapat meningkatkan nilai kalor. Peningkatan nilai kalor disebabkan oleh tingginya senyawa hidrokarbon pada plastik. Senyawa hidrokarbon tersusun atas unsur karbon dan hidrogen dan memiliki sedikit senyawa oksigenat. Secara literatur, semakin tinggi senyawa hidrokarbon diikuti dengan penurunan oksigen maka akan meningkatkan nilai kalor (Bardalai dkk, 2015). 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. 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), diketahui bahwa semakin banyak senyawa alkana maka nilai kalor akan semakin tinggi.

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*. 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. Untuk variasi plastik 25% tidak dilakukan pengujian nilai kalor, dikarenakan *pyrolytic oil* banyak mengandung air sehingga tidak terdeteksi oleh alat *bomb calorimeter*.

Tabel 1. Komposisi senyawa pada *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	-	-	
Jumlah		0	87,68	87,01	91,04	0,00	85,47	
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	
	Aldehid	-	0,32	0,53	0,62	-	-	
	Phenolic	59,56	3,03	0,64	-	60,87	-	
	Ester	-	-	-	-	-	-	
	Furan	3,80	-	-	-	6,76	-	
	Glycol	-	-	-	-	-	-	
Jumlah		100,00	12,33	13,00	8,99	99,99	14,53	
Jumlah Total			100,00	100,01	100,01	100,03	99,99	100,00

3.2.5 Komposisi Senyawa *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.

Tabel 1 menunjukkan bahwa komposisi senyawa kimia yang terkandung dalam *pyrolytic oil*. Senyawa fenolik dan asam merupakan komponen utama pada *pyrolytic oil* dari hasil pirolisis cangkang sawit. Keberadaan senyawa fenolik berasal dari dekomposisi lignin pada cangkang sawit. Pembentukan senyawa asam dan fenolik dapat berasal dari degradasi selulosa. Komponen-komponen ini pertama dihidrolisis menjadi glukosa dan didehidrasi menjadi zat seperti furfurals kemudian diubah menjadi fenolat dan aromatik (Chan dkk, 2017).

Komposisi hidrokarbon tertinggi diperoleh pada variasi pirolisis plastik saja (plastik 100%). 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 2, di mana variasi plastik 0%a memiliki jumlah arang yang sangat tinggi, jika ditambah katalis pada variasi plastik 0% jumlah arang akan menurun.

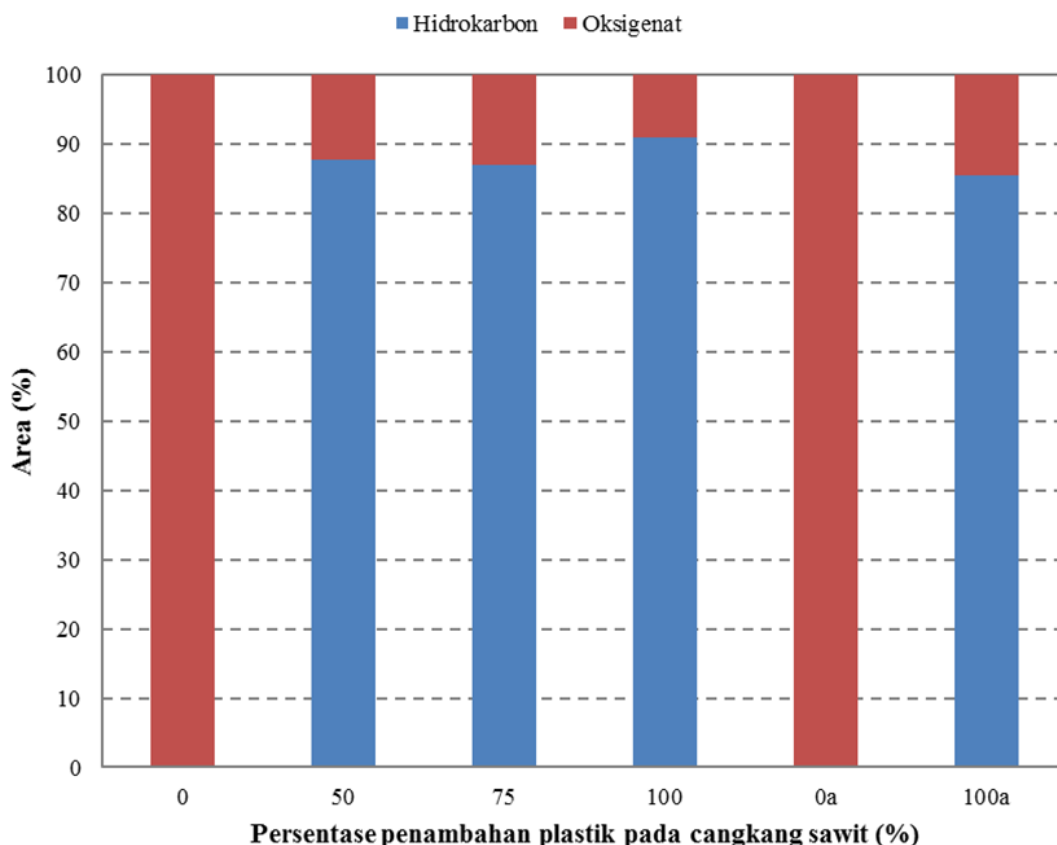
Berdasarkan hasil dari identifikasi komposisi senyawa, dinyatakan bahwa semakin banyak penambahan plastik dapat meningkatkan senyawa hidrokarbon dalam *pyrolytic oil* khususnya golongan hidrokarbon alifatik ikatan alkana. Hal ini

serupa dengan penelitian Dewangan dkk (2016) yang menyatakan bahwa penambahan plastik jenis LDPE mampu meningkatkan senyawa hidro-karbon serta mengurangi asam pada *pyrolytic oil* dari pirolisis cangkang sawit. Tidak hanya itu, senyawa alkohol dari *pyrolytic oil* juga meningkat. Pembentukan alkohol karena deoksigenasi yang di-sebabkan oleh rantai hidrokarbon dari plastik yang berinteraksi dengan fragmen hidroksil dari degradasi selulosa biomassa (Uzoejinwa dkk, 2018).

3.2.6 Perbandingan Senyawa Hidrokarbon dengan Oksigenat pada *Pyrolytic Oil*

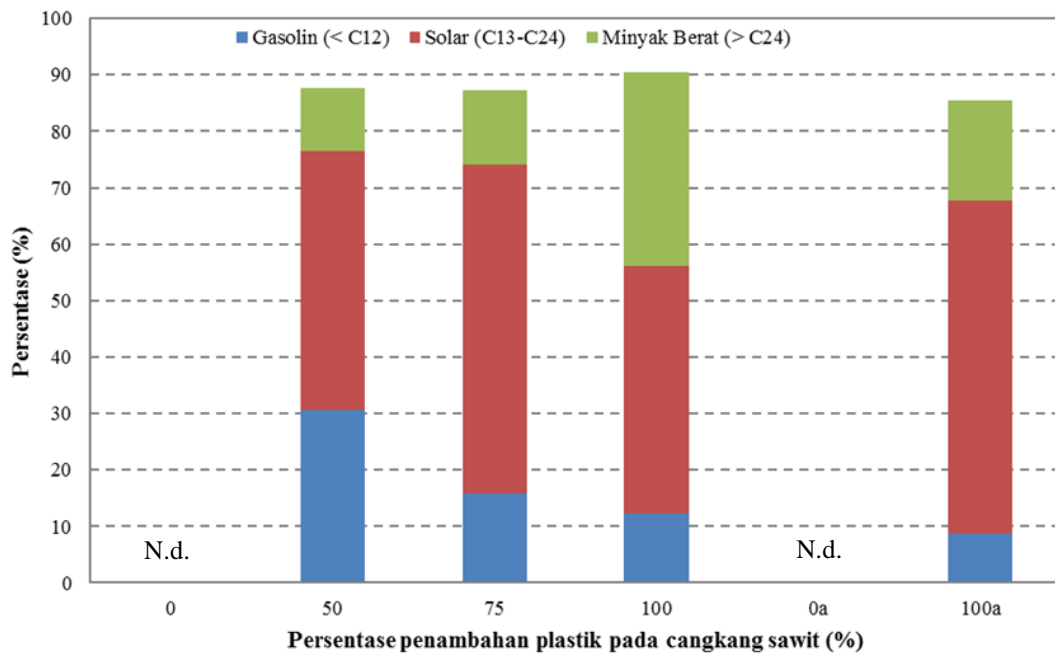
Gambar 7 menunjukkan pengaruh variasi bahan baku terhadap susunan

senyawa yang terdapat pada *pyrolytic oil*. Dari hasil GC-MS dapat diketahui bahwa pada variasi plastik 0% dan plastik 0% (a) tidak memiliki senyawa hidrokarbon (seluruhnya adalah 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 pada prosesnya yang dapat meningkatkan senyawa hidrokarbon. Peran plastik berkontribusi untuk menyumbang senyawa hidrokarbon yang banyak, karena plastik tersusun oleh kandungan senyawa karbon dan hidrogen (Sari, 2017).



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

Gambar 7. Perbandingan senyawa hidrokarbon dengan oksigenat pada *pyrolytic oil* berdasarkan variasi bahan baku



Tanpa alfabet : campuran cangkang sawit-plastik menggunakan katalis
Alfabet (a) : campuran cangkang sawit-plastik tidak menggunakan katalis
N.d : *not detected* (tidak terdeteksi)

Gambar 8. Penggolongan unsur hidrokarbon pada *pyrolytic oil*

3.2.7 Penggolongan Unsur Hidrokarbon pada *Pyrolytic Oil*

Untuk mengetahui *pyrolytic oil* pada tiap variasi termasuk sebagai gasolin, diesel, atau minyak berat dilakukan penggolongan unsur terhadap panjangnya rantai hidrokarbon. Gambar 8 menunjukkan perbandingan variasi bahan baku terhadap golongan unsur karbon. Terlihat pada variasi tanpa adanya plastik menunjukkan *pyrolytic oil* tidak memiliki unsur karbon sehingga ditulis dengan *not detected*. Menurut 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 plastik 75% ini menunjukkan bahwa memiliki kecenderungan untuk mengarah ke fraksi

solar. Berbeda dengan variasi plastik 100% mengandung minyak berat yang tinggi. Menurut Rachmawati dkk (2015) parafin dalam wujud padat (*wax*) berada pada nomor atom karbon 20 hingga 40. Adanya kandungan *wax* yang lebih banyak me-nyebabkan variasi ini cenderung memiliki sifat minyak berat.

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan yaitu:

1. Bahwa semakin banyak penambahan persentase plastik akan meningkatkan jumlah *pyrolytic oil* serta gas dengan penurunan jumlah arang. Kenaikan *pyrolytic oil* secara kontinyu pada variasi plastik 25% sampai 100%. Penggunaan katalis pada penambahan plastik mampu berperan untuk mengurangi jumlah arang serta meningkatkan jumlah gas. Di sisi lain, adanya katalis pada pirolisis penambahan plastik akan menghasilkan *wax* yang berwujud kental berwarna kuning kecoklatan.

2. Sifat fisik pada *pyrolytic oil* diketahui bahwa seiring penambahan plastik maka densitas akan mengalami penurunan, namun terjadi peningkatan pada kadar pH dan viskositas. Densitas pada variasi plastik 75% sebesar 760 kg/m³ memiliki kedekatan dengan sifat premium. Kadar pH yang mendekati sifat netral berada pada variasi plastik 75% yaitu 7,65. Viskositas tertinggi berada pada variasi plastik 100% sebesar 33,3 cP, disebabkan oleh *wax* yang terkandung dalam *pyrolytic oil* sehingga viskositas meningkat.
3. Sifat kimia pada *pyrolytic oil* yaitu nilai kalor tertinggi diperoleh pada variasi plastik 100% sebesar 45,3 MJ/kg. Menurut hasil identifikasi senyawa diketahui bahwa penambahan plastik dapat berkontribusi untuk meningkatkan kandungan hidrokarbon, yang didominasi dengan senyawa alkana serta mengurangi kandungan asam dan fenolik.

5. Referensi

- Abnisa, F., & Daud, W. A. (2013). Optimization of Fuel Recovery Through The Stepwise Co-pyrolysis of Palm Shell And Scrap Tire. *Energy Conversion and Management*, 99, 334-345.
- Andriyanto, M. (2017). *Pengaruh Sudut Orientasi Kondensor Terhadap Hasil Proses Pirolisis Plastik LDPE pada Debit Air Pendingin 6 LPM*. Yogyakarta: Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Bardalai, M. (2015). A Review of Physical Properties of Biomass Pyrolysis Oil. *International Journal of Renewable Energy Research*, 277-286.
- Chan, Y. H., Yusup, S., Uemura, Y., Sasaki, M., & Kida, T. (2017). Liquefaction of Palm Kernel Shell In Sub- and Supercritical Water For Bio-oil Production. *Journal of Energy Institute*, 1-12.
- Dewangan, A., Pradhan, D., & Singh, R. K. (2016). Co-pyrolysis of sugarcane bagasse and low-density polyethylene: Influence of plastic on pyrolysis product yield. *Fuel*, 185, 508-516.
- Kristyawan, I. P. (2016). Potensi Minyak Hasil Pirolisis Sampah Plastik di Gedung Geotech. *JRL*, 9(1), 47-54.
- Lu, Q., Zhang, Z.F., Dong, C.Q., & Zhu, X.F. (2010). Catalytic Upgrading of Biomass Fast Pyrolysis Vapors With Nano Metal Oxides: An Analytical Py-GC/MS Study. *Energies*, 3, 1805-1820.
- Nindita, V. (2015). Studi Berbagai Metode Pembuatan BBM Dari Sampah Plastik Jenis LDPE Dengan Metode Thermal & Catalytic Cracking (Ni-Cr/Zeolit). *Teknis*, 10(3), 137-144.
- Ningrum, A. O. (2011). *Proses Pembuatan Bio-oil dari Limbah Kelapa Sawit (Tandan, Cangkang, dan Serat) Untuk Bahan Bakar Alternatif dengan Metode Fast Pyrolysis*. Depok: Program Studi Teknik Kimia Universitas Indonesia.
- Rachmawati, Q., & Herumurti, W. (2015). Pengolahan Sampah Secara Pirolisis dengan Variasi Rasio Komposisi Sampah dan Jenis Plastik. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1), 2301-2311.
- Raju. (2016). *Analisis Energi Proses Pirolisis Limbah Kelapa Sawit*. Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Sari, G. L. (2017). Kajian Potensi Pemanfaatan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Cair. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 3(1), 6-13.
- Sirait, H. S. (2016). *Analisis Kandungan Bio-oil Hasil Pirolisis Limbah Cangkang Kelapa Sawit Berdasarkan Variasi Temperatur*. Yogyakarta: Program Studi Teknik Mesin, Universitas Gadjah Mada.
- Uzoejinwa, B. B., He, X., Abomohra, A.F., & Huang, S. (2018). Co-pyrolysis of biomass and waste plastics as a thermochemical conversion technology for high-grade bio-fuel production: Recent progress and future directions elsewhere worldwide. *Energy Conversion and Management*, 168, 468-492.