

Pengaruh Konsentrasi Zeolit Terhadap Kualitas Bio-fuel Sabut Kelapa Muda (*Cocos nucifera*) Menggunakan Metode Piro-katalitik

(Effect of Zeolite Concentration on the Quality of Bio-fuel Produced from Coconut Fiber (*Cocos nucifera*) Using the Piro-catalytic Method)

M. Jahiding^{1*}, I. Usman¹, Haryani¹, R. S. Rizki¹ dan Mashuni²

¹ Department of Physics, Faculty of Mathematics and Natural Science, Halu Oleo University, Indonesia

² Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Science, Halu Oleo University, Indonesia

Info

Article history:

Received: 10 Desember 2020

Accepted: 28 Desember 2020

Published: 31 Desember 2020

Abstrak.

Cadangan energi di Indonesia terutama energi fosil (minyak bumi, batubara) semakin menipis. Oleh karena itu diperlukan usaha-usaha penghematan dan pengembangan sumber energi alternatif. Salah satu cara yaitu dengan mengkonversi limbah sabut kelapa muda (*Cocos nucifera*) menjadi bio-fuel. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode piro-katalitik pada temperature 600 °C. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh konsentrasi zeolit (3%, 5%, 7%) terhadap kualitas bio-fuel yang dihasilkan. Uji kualitas BBM meliputi viskositas, densitas, specific gravity, API gravity, nilai kalor dan analisis GC-MS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi katalis zeolit berpengaruh pada kualitas bio-fuel. Nilai kalor yang dihasilkan untuk setiap konsentrasi katalis 3%, 5%, 7% berturut-turut adalah 10.412 kkal/kg; 10.421 kkal/kg; dan 10.417 kkal/kg. Analisis komposisi kandungan bahan bakar dalam bio-fuel menggunakan GC-MS diperoleh senyawa *acetid acid*, *phenol*, *furfural*, *pyridine*, *creosol*, *benzene*, *ethanol* dan *aseton* dengan persentase bahan bakar mencapai 73,46%, sehingga bio-fuel dari limbah sabut kelapa muda (*Cocos nucifera*) dapat digunakan sebagai sumber energi (bahan bakar alternatif).

Abstract.

Energy reserves in Indonesia, especially fossil energy (petroleum, coal) is decreasing. Therefore we need saving efforts and the development of alternative energy sources. One way is to convert coconut husk waste (*Cocos nucifera*) into bio-fuel. This research was conducted using the pyro-catalytic method at a temperature of 600 °C. The aim was to study the effect of zeolite concentration (3%, 5%, 7%) on the quality of the bio-fuel produced. The fuel quality test includes viscosity, density, specific gravity, API gravity, heating value, and GC-MS analysis. The results showed that the zeolite catalyst concentration affected the quality of biofuels. The heating value for each catalyst concentration of 3%, 5%, 7% is 10,412 kcal/kg; 10,421 kcal/kg; and 10,417 kcal/kg. Analysis of the composition of the fuel content in bio-fuel using GC-MS obtained compounds of *acetid acid*, *phenol*, *furfural*, *pyridine*, *creosol*, *benzene*, *ethanol*, and *acetone* with a percentage of fuel reaching 73.46%, so the bio-fuel from coconut husk waste (*Cocos nucifera*) can be used as an energy source (alternative fuel).

Kata kunci:

Bio-fuel
sabut kelapa muda
pyro-catalytic
zeolite
analisis fisis

Keywords:

Bio-fuel
coconut fiber
pyro-catalytic
zeolite
physical analysis

*) e-mail: mjahiding2019@gmail.com

DOI: 10.22487/gravitasi.v19i2.15359

1. PENDAHULUAN

Minyak bumi merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui yang biasa digunakan sebagai bahan bakar. Hampir semua kegiatan yang dilakukan membutuhkan bahan bakar misalnya dalam sektor transportasi, industri, dan rumah

tinggi, sehingga persediaan minyak bumi di dunia semakin lama semakin menipis dan harganya semakin meningkat. Oleh karena itu, diperlukan adanya usaha untuk mengurangi ketergantungan manusia terhadap minyak bumi. Salah satu



sumber energi yang dapat dimanfaatkan sebagai alternatif energi adalah konversi biomassa menjadi bio-fuel. Sumber energi biomassa mempunyai beberapa kelebihan antara lain merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui (*renewable*) sehingga dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan (*sustainable*).

Salah satu bahan baku biomassa yang mengandung selulosa yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan bio-fuel yaitu sabut kelapa, karena sabut kelapa merupakan salah satu bahan baku yang mengandung kadar selulosa yang cukup tinggi [1]. Pemanfaatan buah kelapa sangat beragam, akan tetapi untuk pemanfaatan dan cara pengolahan kelapa muda dan limbahnya masih terbatas. Penanganan buah kelapa muda setelah panen salah satunya adalah pengawetan buah kelapa muda untuk tujuan dikonsumsi secara langsung. Sabut kelapa untuk saat ini hanya menjadi sampah yang belum bisa dimanfaatkan. Karena itu salah satu penanganannya adalah dengan memanfaatkan limbah sabut kelapa muda sebagai bahan dasar dalam pembuatan asap cair (bio-fuel).

Alternatif yang layak untuk mengubah residu ini adalah dengan menghasilkan bio-fuel melalui pirolisis. Dalam proses ini, material diurai menjadi inert gas yang menghasilkan atmosfer, cairan dan residu padat (biochar) [2]. Setelah uap mendingin dan kondensasi, cairan coklat tua dengan bau berasap yang disebut bio-fuel. Bio-fuel merupakan cairan kondensat uap asap hasil pirolisis kayu yang mengandung senyawa penyusun utama asam, fenol dan karbonil sebagai hasil degradasi termal komponen selulosa, hemiselulosa dan lignin menunjukkan sifat yang berbeda-beda, tergantung pada bahan bakunya [3][4]. Bio-fuel memiliki aplikasi sebagai bio-fuel generasi kedua atau sebagai permulaan bahan untuk produksi berbagai bahan kimia. Bio-fuel adalah campuran kompleks dari berbagai kelas senyawa seperti, keton, fenol, aldehida, hidrokarbon [5][6][7].

Pirolisis adalah salah satu teknologi pemanfaatan termokimia yang menjanjikan untuk dapat mengkonversi biomassa menjadi bio-fuel sebagai bahan bakar alternatif. Pirolisis adalah proses dekomposisi termokimia bahan organik dan sintesis padatan melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen pada suhu rendah (400–600 °C), dimana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas [3]. Produk utama hasil pirolisis terdiri atas fraksi cair, gas, dan residu padat [8][9]. Peningkatan kualitas bio-fuel dapat dilakukan dengan penambahan zeolit sebagai katalis dalam proses pirolisis [10].

Pemilihan zeolit alam sebagai katalis sangat stabil dengan kemampuan adsorpsi yang sangat tinggi dan selektif serta mempunyai struktur pori (mikroporus) aktif yang banyak sehingga memiliki luas permukaan spesifik yang tinggi. Penggunaan katalis zeolit dapat menurunkan energi aktivasi pada proses pirolisis, sehingga dengan energi aktivasi yang semakin rendah akan menyebabkan nilai konstanta laju reaksi semakin besar. Zeolit telah banyak digunakan sebagai katalis dalam proses piro-katalitik limbah plastik karena sifatnya yang asam, deoksigenasi, dan memiliki mikro-pori sehingga dapat menyerap kandungan air dan oksigen dalam proses pirolisis [11].

Konversi limbah sabut kelapa muda menjadi bio-fuel dilakukan dengan metode piro-katalitik menggunakan katalis zeolit. Temperatur pirolisis yang digunakan adalah 600 oC dengan konsentrasi katalis 3, 5, dan 7% dari massa bahan bakunya. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh konsentrasi katalis zeolit terhadap produksi dan kualitas bio-

fuel limbah sabut kelapa muda (*Cocos nucifera*). Uji kualitas bio-fuel dilakukan dengan beberapa analisis yaitu densitas, viskositas, nilai kalor dan kandungan hidrokarbon dengan instrumen GC-MS.

2. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel limbah sabut kelapa muda (*Cocos nucifera*) yang telah dikumpulkan dari pinggiran pesisir di Kabupaten Wakatobi, Sulawesi Tenggara. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah serangkaian perangkat pirolisis, kertas saring (whatman), piknometer, viskometer, dan gelas ukur.

Preparasi sampel dilakukan dengan pencucian limbah sabut kelapa muda menggunakan air kemudian sampel dijemur dibawah terik sinar matahari sampai kering. Bahan baku dicacah menjadi potongan kecil. Selanjutnya sabut kelapa yang sudah dicacah ditimbang dengan timbangan analitik dengan berat sebesar 500 gr. Setelah itu dilakukan penimbangan katalis zeolit menggunakan timbangan digital dengan konsentrasi 3%, 5% dan 7% dari berat sabut kelapa muda yang digunakan.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan set alat pirolisis berskala laboratorium. Proses konversi limbah sabut kelapa menjadi bio-fuel dilakukan pada temperature 600 °C. Pada penelitian ini 1 kg limbah sabut kelapa muda dan 3% zeolite dimasukkan dalam tangki reaktor. Kemudian, reaktor dipanaskan dari suhu kamar hingga 600 °C menggunakan tingkat pemanasan 10°C/mnt. Langkah selanjutnya adalah menghitung waktu yang dibutuhkan untuk mendekomposisikan biomassa hingga cairan bio-fuel berhenti menetes. Hal yang sama juga dilakukan untuk komposisi katalis 5% dan 7%. Bahan baku limbah sabut kelapa muda diubah menjadi uap dan terkondensasi menjadi minyak cair setelah melewati pipa kondensor dan dikumpulkan dalam wadah. Cairan bio-fuel hasil pirolisis yang dihasilkan kemudian disaring menggunakan kertas whatmen no.1 untuk selanjutnya di tambung dalam gelas kaca untuk selanjutnya di analisis.

Analisis fisis bio-fuel dilakukan dengan beberapa uji yaitu densitas, viskositas, *specific gravity*, *API gravity* dan nilai kalor. Sedangkan untuk karakteristik kandungan senyawa dalam bio-fuel dilakukan dengan instrument GS-MS. Dalam penelitian ini laju rata-rata pirolisis juga dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Laju rata rata} = \frac{\text{volume produk (ml)}}{\text{waktu pirolisis (detik)}} \quad (1)$$

Densitas bio-fuel dianalisis menggunakan alat piknometer 25 ml, kemudian dihitung dengan Persamaan (2) dan pengukuran sesuai dengan standar ISO 4787 [12][13]. Untuk meminimalkan kesalahan pengukuran, semua pengukuran dilakukan tiga kali untuk setiap sampel dan hasilnya dirata-rata.

$$\rho = \frac{m}{v_p} \text{ (g/ml)} \quad (2)$$

dimana:

m: massa (piknometer+sampel)-massa piknometer kosong.

Vp: Volume piknometer (25 ml).

Viskositas *fuel-oil* ditentukan dengan membandingkan viskositas *fuel-oil* dan viskositas cairan pembanding berupa air

menggunakan viskometer ostwald yang melibatkan masing-masing variabel densitas fuel-oil dan densitas air, kemudian dihitung dengan persamaan (2) berikut: [12]

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{\rho_1 t_1}{\rho_2 t_2} \quad (3)$$

dimana:

η_1 : viskositas bio-fuel (cP); η_2 : viskositas air (cP)
 ρ_1 : densitas bio-fuel (g/ml); ρ_2 : densitas air (g/ml)
 t_1 : waktu alir bio-fuel (s); t_2 : waktu alir air (s)

Nilai kalor dianalisis dengan melibatkan variabel densitas, *specific gravity* dan API (*American Petroleum Institute gravity*). *Specific gravity* merupakan perbandingan antara densitas bio-fuel dengan densitas air, sedangkan nilai *API gravity* dihitung menggunakan persamaan berikut: [12][14][15].

$$SG = \frac{\text{densitas sampel } (\frac{kg}{m^3})}{\text{densitas air } (\frac{kg}{m^3})} \quad (4)$$

$$^{\circ}API = \frac{141,5}{SG} - 131,5 \quad (5)$$

$$NK = \frac{2,2046226}{3,9673727} \times (18.650 + 40 \times (^{\circ}API - 10)) \quad (6)$$

Keterangan : Densitas air = 0,989 gr/ml

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengaruh zeolit terhadap volume bio-fuel

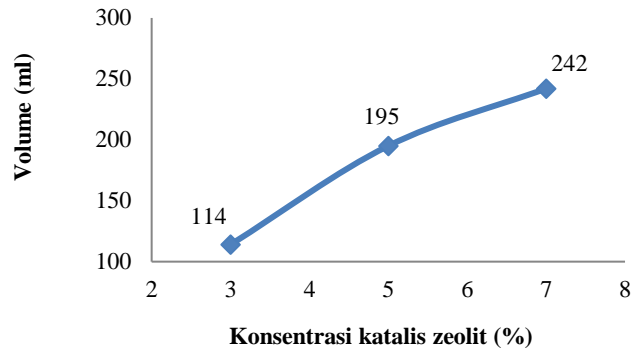
Volume bio-fuel yang dihasilkan dari proses pirolisis dengan variasi katalis zeolit dapat dilihat pada Gambar 1. Gambar tersebut menunjukkan hasil pengukuran volume bio-fuel menggunakan katalis zeolit dari ketiga sampel, volume terendah diperoleh pada sampel dengan katalis 3% dan volume tertinggi diperoleh pada sampel dengan katalis 7%, hasil yang diperoleh sudah sesuai dengan yang dikemukakan oleh Sumianto dkk. Menurut Sumianto dkk [16] bahwa semakin banyak jumlah katalis yang digunakan maka semakin banyak volume bio-fuel yang dihasilkan [17].



Gambar 1. Bio-fuel hasil piro-katalitik limbah sabut kelapa muda (*Cocos nucifera*)

Zeolit memiliki bentuk kristal yang sangat teratur dengan rongga yang saling berhubungan ke segala arah yang menyebabkan luas permukaan zeolit sangat besar, oleh karena itu semakin banyak jumlah katalis yang digunakan akan memperluas permukaan aktifnya sebagai tempat berlangsungnya proses reaksi atau perengkahan hidrokarbon. Hal yang sama juga dikemukakan oleh Lestari [18], bahwa

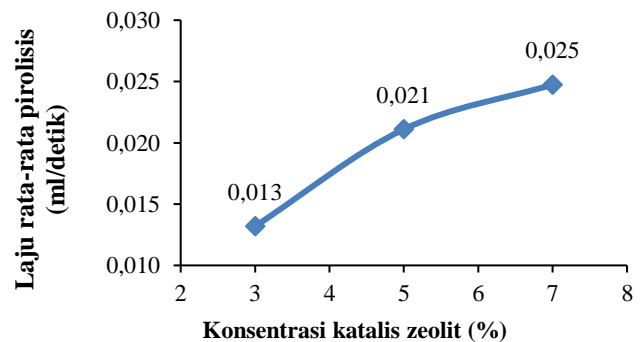
dengan bertambahnya persentase berat katalis zeolit terhadap biomassa dengan ukuran biomassa yang sama, maka jumlah pori pada katalis semakin meningkat dan luas permukaannya juga semakin besar, sehingga situs-situs aktif pada katalis yang dapat dimanfaatkan selama proses perengkahan semakin banyak dan dapat menyebabkan volume bio-fuel meningkat.



Gambar 2. Pengaruh konsentrasi zeolit terhadap volume bio-fuel hasil piro-katalitik

3.2 Pengaruh Konsentrasi Zeolit Terhadap Laju Pirolisis Rata-Rata

Laju pirolisis rata-rata merupakan perbandingan antara volume produk dengan waktu yang dibutuhkan selama proses degradasi berlangsung. Hasil analisis laju pirolisis rata-rata dihitung dengan menggunakan persamaan (1) dapat dilihat pada Gambar 3. Gambar tersebut menunjukkan bahwa laju rata-rata pirolisis tertinggi diperoleh pada katalis zeolit 7%. Semakin tinggi konsentrasi katalis zeolite, maka volume produk yang dihasilkan akan semakin besar dengan waktu yang lebih singkat.

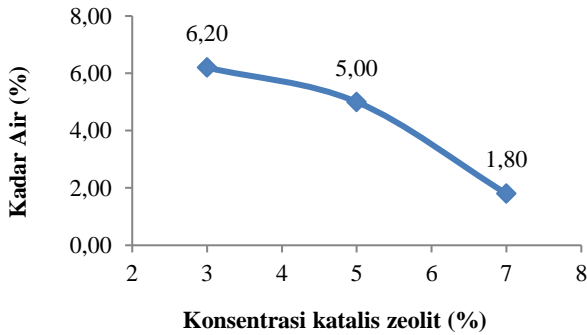


Gambar 3. Pengaruh konsentrasi zeolit terhadap laju pirolisis rata-rata

Zeolit berpengaruh nyata terhadap laju pirolisis dimana semakin tinggi konsentrasi katalis zeolit maka semakin besar volume yang dihasilkan dan disertai dengan meningkatnya waktu pirolisis yang dibutuhkan bio-fuel selama proses pirolisis. Bio-fuel yang produksi dari bahan nabati dengan penambahan zeolit mengalami peningkatan disertai dengan meningkatnya waktu pirolisis [19]. Hal tersebut terjadi karena semakin banyak jumlah katalis zeolit yang digunakan maka laju produksi pirolisis akan semakin besar, sehingga reaksi penguraian volume bio-fuel semakin banyak dan waktu yang dibutuhkan juga semakin panjang [20].

3.3. Pengaruh Konsentrasi Katalis Zeolit Terhadap Kadar Air Bio-fuel

Bio-fuel memiliki kandungan air rata-rata sebesar 15-30% yang berasal dari air bawaan bahan baku selama proses pirolisis. Kehadiran air menurunkan nilai kalor, akan tetapi disisi lain air mengurangi viskositas dan meningkatkan fluiditas yang baik untuk atomisasi dan pembakaran bio-fuel dalam mesin [21]. Berdasarkan hasil uji kadar air dengan katalis zeolit 3%, 5% dan 7% dapat dilihat pada Gambar berikut:



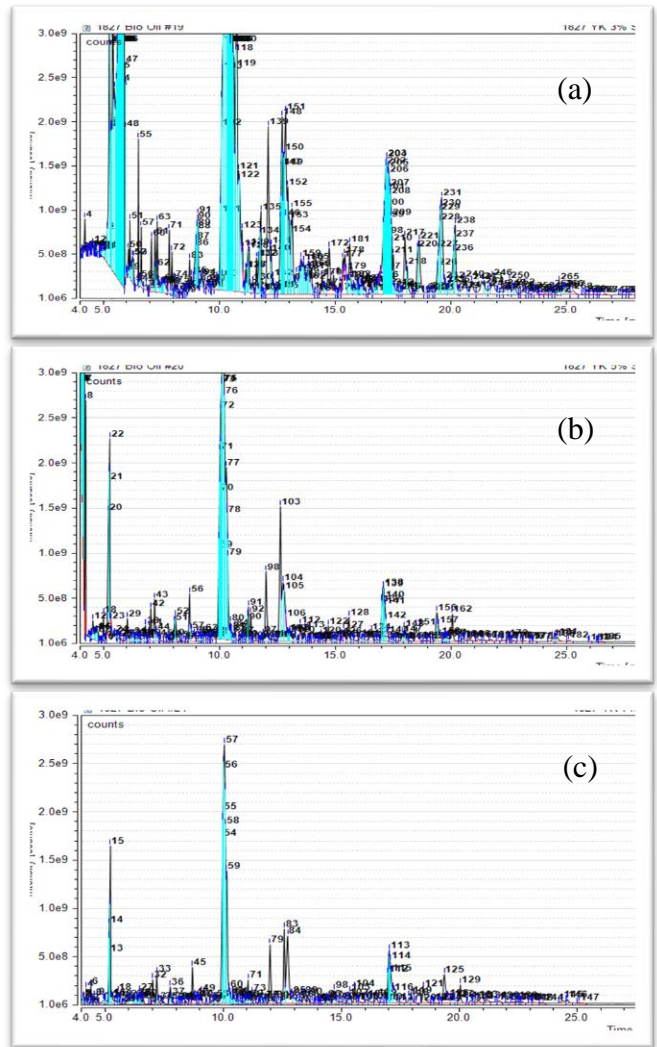
Gambar 4. Pengaruh konsentrasi zeolit terhadap kadar air bio-fuel

Gambar 4 menunjukkan semakin banyak konsentrasi penambahan katalis zeolit maka kadar air pada bio-fuel akan semakin rendah. Menurut Xiu [22] jika konsentrasi katalis zeolit bertambah akan mengakibatkan kadar air dalam bio-fuel akan berkurang akan tetapi hubungan antara keduanya masih belum signifikan. Jumlah kadar air juga diyakini dihasilkan dari dehidrasi karbohidrat didalam bio-fuel. Bio-fuel mempunyai kadar air yang tinggi dan menjadi sumber utama kandungan oksigen yang dapat mengakibatkan nilai kalor yang rendah [23].

3.4. Karakterisasi Gas Chromatography Mass-Spectrometry (GC-MS)

Kromatografi Gas Spectrometer Massa (GC-MS) merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi senyawa yang berbeda dalam sampel. Teknik karakterisasi menggunakan gas kromatografi bertujuan sebagai pemisah komponen dalam suatu senyawa kemudian dilanjutkan spektrometri massa untuk mendeteksi masing-masing molekul komponen yang telah dipisahkan [24]. Hasil analisis GC-MS pirolisis sabut kelapa muda dengan katalis zeolit 3% mengandung 287 senyawa yang ter-identifikasi pada bio-fuel yang dihasilkan, zeolit 5% diperoleh 191 senyawa ter-identifikasi, dan zeolit 7% diperoleh 152 senyawa ter-identifikasi. Hasil analisis chromatogram GC-MS untuk bio-fuel sabut kelapa muda dengan variasi katalis zeolit seperti yang terlihat pada Gambar 5.

Gambar 5 menunjukkan komponen senyawa bio-fuel pada sabut kelapa muda dengan katalis zeolit tertinggi dari hasil analisis GC-MS diperoleh pada katalis zeolit 3%. Hasil ini lebih rendah dibandingkan dengan kandungan senyawa yang ter-identifikasi pada katalis zeolit 5% dan 7%. Menurut Fitra [25] hal ini dikarenakan katalis zeolit 3% dapat memecah lebih banyak komponen kimia yang terdapat pada bio-fuel menjadi 287 komponen kimia. Hasil analisis GC-MS bio-fuel untuk sabut kelapa muda variasi katalis zeolit yang telah dilakukan, diperoleh kandungan senyawa dominan seperti yang terlihat pada Tabel 1.



Gambar 5. Hasil analisis GC-MS bio-fuel limbah sabut kelapa muda pada konsentrasi katalis zeolit (a) 3% (b) 5% (c) 7%.

Tabel 1. Identifikasi senyawa-senyawa penyusun bahan bakar bio-fuel hasil pirolisis limbah sabut kelapa muda (*Cococs nucifera*)

Nama Senyawa	Rumus Molekul	% Area		
		Zeolit 3%	Zeolit 5%	Zeolit 7%
Acetid Acid	CH ₃ COOH	14,06	3,73	0,53
Phenol	C ₆ H ₅ OH	45,52	48,93	53,62
Furfural	C ₅ H ₄ O ₂	2,22	7,71	9,62
Pyridine	C ₅ H ₅ N	1,38	3,94	0,40
Creosol	C ₈ H ₁₀ O ₂	0,53	0,66	0,80
Benzene	C ₅ H ₆	4,00	4,71	5,16
Ethanol	C ₂ H ₅ OH	2,12	1,67	1,45
Aseton	C ₃ H ₆ O ₂	0,83	2,11	0,22
Total (%)		70,66	73,46	71,80

Berdasarkan hasil analisis GC-MS pada Tabel 1 diperoleh kandungan senyawa paling besar yaitu fenol. Hal ini dikarenakan kandungan fenol dalam cairan hasil pirolisis dipengaruhi oleh kandungan lignin pada bahan yang digunakan. Lignin pada dasarnya adalah suatu fenol yang sangat stabil dan sukar dipisahkan dan mempunyai bentuk yang bermacam-macam [26].

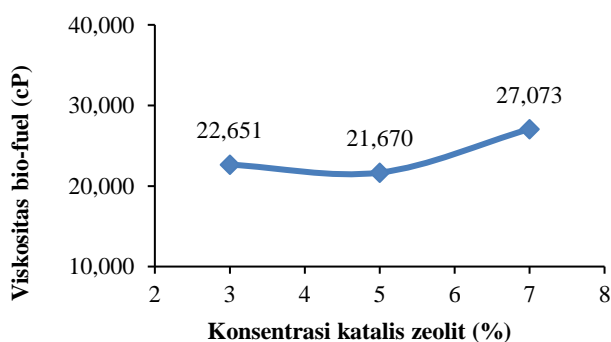
Tabel 1 menunjukkan identifikasi senyawa penyusun bahan bakar bio-fuel hasil pirolisis yang terdiri dari 8 senyawa utama

yaitu *Acetic acid, phenol, furfural, pyridine, creosol, benzene, alcohol dan aseton*. Asam asetat atau lebih dikenal sebagai asam cuka (CH_3COOH) adalah suatu senyawa berbentuk cairan, tak berwarna, berbau menyengat, memiliki rasa asam yang tajam dan larut didalam air, alkohol, gliserol, eter. Pada tekanan atmosferik, titik didihnya $118,1^\circ\text{C}$. Asam asetat mempunyai aplikasi yang sangat luas di bidang industri dan pangan [27]. Furfural merupakan zat cair tak berwarna yang termasuk senyawa organik dari golongan furan. Furfural dalam industri antara lain dimanfaatkan pengolahan minyak, pembuatan nilon, pembuatan resin, farmasi, dan lain-lain [28].

Benzena merupakan senyawa kimia organik berupa cairan tidak berwarna dan mudah terbakar. Benzena adalah salah satu komponen dalam minyak bumi, dan merupakan salah satu bahan petrokimia yang paling dasar serta pelarut yang penting dalam dunia industri. Benzena mempunyai bilangan oktan yang tinggi, sehingga benzene digunakan juga sebagai salah satu campuran penting pada bensin [29]. Penelitian yang sama telah dilakukan oleh Almeida [2] bahwa senyawa kimia yang terkandung dalam bio-fuel yaitu fenol, ester, aldehyd, keton, alkohol, dan beberapa senyawa aromatik merupakan senyawa penyusun bahan bakar minyak.

3.5. Pengaruh Konsentrasi Katalis Zeolit Terhadap Viskositas Bio-fuel

Viskositas merupakan parameter penting dalam menentukan kualitas bahan bakar minyak. Viskositas adalah suatu angka yang menyatakan suatu besarnya hambatan/ketahanan suatu bahan bakar minyak untuk mengalir [15]. Hasil pengukuran viskositas dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Pengaruh konsentrasi zeolit terhadap viskositas bio-fuel

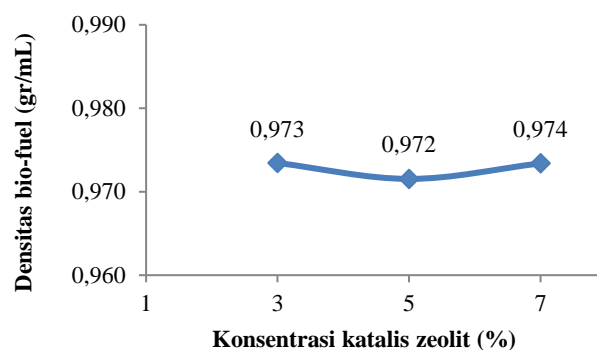
Gambar 6 menunjukkan katalis zeolit berpengaruh terhadap viskositas bio-fuel yang diperoleh. Secara teori, semakin banyak penggunaan katalis zeolit semakin rendah nilai viskositas. Hal ini diduga katalis memecah kembali senyawa dengan berat molekul tinggi menjadi senyawa hidrokarbon alkena yang mempunyai berat molekul rendah [30]. Viskositas optimum diperoleh pada penggunaan katalis zeolit 5%, menurut Bispo [21] hal ini disebabkan oleh dekomposisi selulosa yang menghasilkan senyawa H_2O (air) lebih banyak dibandingkan senyawa yang dihasilkan dari dekomposisi komponen lignin. Pada bio-fuel dengan katalis zeolit 7% memiliki viskositas yang tinggi, viskositas yang tinggi disebabkan karena semakin besarnya jumlah lignin yang terdekomposisi. Dimana dekomposisi lignin akan menghasilkan senyawa phenol dan komponen kimia lainnya dengan berat molekul yang tinggi [22].

Nilai viskositas bio-fuel yang diperoleh dari hasil pirolisis limbah sabut kelapa muda (*Cocos nucifera*) sesuai dengan

standar mutu viskositas bio-fuel untuk bahan bakar karena berada di dalam *range* standar bio-fuel. Dynamotive [31] menjelaskan bahwa viskositas bio-fuel untuk bahan bakar berada pada *range* 10-150 cP.

3.6. Pengaruh Konsentrasi Katalis Zeolit Terhadap Densitas Bio-fuel

Densitas merupakan salah satu sifat fisik yang diuji untuk mengetahui kedekatan karakteristik produk cair komersial dengan produk cair hasil pirolisis [32]. Berdasarkan hasil uji densitas bio-fuel sabut kelapa muda menggunakan alat piknometer serta dihitung menggunakan persamaan (2) pada variasi katalis zeolit 3%, 5%, dan 7% yang telah dilakukan, dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengaruh konsentrasi zeolit terhadap densitas bio-fuel

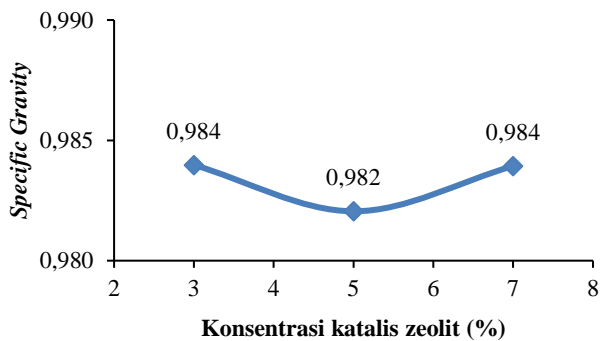
Gambar 7 menunjukkan bahwa katalis zeolit berpengaruh terhadap nilai densitas yang diperoleh, namun pada katalis zeolit 7% mengalami peningkatan densitas namun tidak signifikan dan masih memenuhi standar densitas bio-fuel yang berkisar 0,94 – 1,2 gr/ml [33]. Secara umum berat jenis bio-fuel sangat tinggi bahkan mencapai 1,2 gr/ml [7]. Dengan penambahan katalis dimungkinkan senyawa dengan berat molekul tinggi dapat terpecah menjadi senyawa dengan berat molekul yang rendah [30]. Untuk dapat digunakan sebagai bahan bakar dibutuhkan densitas bahan bakar yang rendah karena berat jenis bahan bakar akan berpengaruh terhadap penyalan bahan bakar [15].

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menurunkan nilai densitas bio-fuel adalah melakukan pemurnian dengan metode destilasi bertingkat. Tar yang terdapat pada bio-fuel dapat mempengaruhi massa jenis dari bio-fuel, sehingga perlu didestilasi berulang, senyawa tar yang terkandung pada bio-fuel akan mengendap dan tidak menguap sedangkan komponen senyawa yang lain seperti fenol, karbonil dan asam akan menguap sehingga berat jenis hasil destilasi akan semakin kecil atau turun [8].

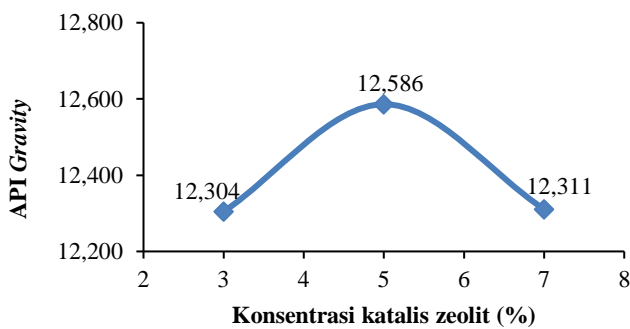
3.7. Specific Gravity dan API Gravity

Specific gravity adalah densitas bahan bakar dibagi dengan densitas air pada temperatur yang sama. SG ini dinyatakan dalam *API gravity* dan *API gravity* ini sangat mirip dengan *beame gravity* yaitu suatu besaran yang merupakan fungsi dari berat jenis [14]. Pada penelitian ini penentuan *specific gravity* dan *API gravity* bio-fuel dari hasil pirolisis dengan menggunakan persamaan (4) dan (5) Adapun hubungan antara variasi zeolit terhadap *specific gravity* dan *API gravity* berbanding terbalik seperti dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9.

Gambar 8 dan Gambar 9 menunjukkan bahwa katalis zeolit berpengaruh terhadap nilai *specific gravity* dan *API gravity* yang diperoleh. Semakin kecil *specific gravity* atau makin tinggi *API gravity*, maka bahan bakar tersebut makin berharga karena lebih banyak mengandung bahan bakar [12].



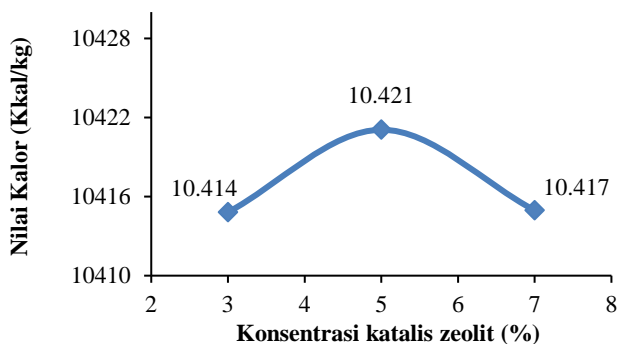
Gambar 8. Pengaruh konsentrasi zeolit terhadap *Specific Gravity*



Gambar 9. Pengaruh konsentrasi zeolit terhadap *API Gravity*

3.8. Pengaruh Konsentrasi Katalis Zeolit Terhadap Nilai Kalor Bio-fuel

Nilai kalor merupakan jumlah energi panas maksimum yang dibebaskan oleh suatu bahan bakar melalui reaksi pembakaran sempurna persatuan massa atau volume bahan bakar. Pada penelitian ini, penentuan nilai kalor dilakukan dengan cara perhitungan yang melibatkan variabel densitas, *API Gravity* dan *specific gravity*.



Gambar 10. Pengaruh konsentrasi zeolit terhadap Nilai Kalor bio-fuel

Gambar 10 menunjukkan katalis zeolit berpengaruh terhadap nilai kalor, semakin besar konsentrasi yang digunakan maka nilai kalor yang diperoleh akan meningkat. Bio-fuel dengan katalis zeolit 7% terdapat penurunan nilai kalor seperti yang terlihat pada Gambar 10. Nilai kalor optimum diperoleh pada penambahan katalis 5% dan merupakan kondisi optimum terpecahnya komponen penyusun utama dari sabut kelapa muda menjadi bio-fuel dan

terbentuknya senyawa yang mudah terbakar [30]. Nilai kalor pada bio-fuel sabut kelapa muda dengan katalis zeolit memenuhi standar nilai kalor sebagai bahan bakar komersial.

Menurut Wiratmaja [15] nilai kalor berbanding terbalik dengan densitas. Oleh karena itu semakin kecil densitas bio-fuel maka nilai kalornya akan semakin besar dan sebaliknya, semakin besar densitas bio-fuel maka nilai kalornya akan semakin kecil. Nilai kalor dari bahan bakar minyak umumnya berkisar antara 10.160-11.000 kkal/kg, sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai kalor pada penelitian ini masuk dalam *range* standar nilai kalor untuk bahan bakar minyak. Nilai kalor bahan bakar sangat berpengaruh pada konsumsi bahan bakar tiap satuan waktu. Makin tinggi nilai kalor bahan bakar menyebabkan semakin sedikit pemakaian bahan bakarnya.

4. KESIMPULAN

Konsentrasi katalis zeolit berpengaruh dalam kualitas bio-fuel. Semakin besar konsentrasi katalis maka volume bio-fuel yang diperoleh semakin besar sehingga tercapai kondisi kesetimbangan. Hasil biofuel yang menunjukkan kualitas terbaik diperoleh pada konsentrasi katalis 5%. Nilai kalor yang dihasilkan untuk setiap konsentrasi katalis 3%, 5%, 7% berturut-turut adalah 10.412 kkal/kg; 10.421 kkal/kg; dan 10.417 kkal/kg. Analisis komposisi kandungan bahan bakar dalam bio-fuel menggunakan GC-MS diperoleh senyawa *acetid acid*, *phenol*, *furfural*, *pyridine*, *creosol*, *benzene*, *ethanol* dan *aseton* dengan persentase bahan bakar mencapai 73,46%, sehingga bio-fuel dari limbah sabut kelapa muda (*Cocos nucifera*) dapat digunakan sebagai sumber energi (bahan bakar alternatif).

REFERENSI

- [1] T. Schena, E. Lazzari, C. Primaz, L. Canielas Krause, M. E. Machado, and E. Bastos Caramão, "Upgrading of coconut fibers Bio-fuel: An investigation by Gc×Gc/Tofms," *J. Environ. Chem. Eng.*, vol. 8, no. 2, 2020, doi: 10.1016/j.jece.2020.103662.
- [2] T. M. Almeida *et al.*, "Preliminary studies of bio-fuel from fast pyrolysis of coconut fibers," *J. Agric. Food Chem.*, vol. 61, no. 28, pp. 6812–6821, 2013, doi: 10.1021/jf401379s.
- [3] A. V. Bridgwater, "Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading," *Biomass and Bioenergy*, vol. 38, pp. 68–94, 2012, doi: 10.1016/j.biombioe.2011.01.048.
- [4] T. Schena, T. R. Bjerck, C. von Mühlen, and E. B. Caramão, "Influence of acquisition rate on performance of fast comprehensive two-dimensional gas chromatography coupled with time-of-flight mass spectrometry for coconut fiber bio-fuel characterization," *Talanta*, vol. 219, no. March, p. 121186, 2020, doi: 10.1016/j.talanta.2020.121186.
- [5] E. Lazzari *et al.*, "Classification of biomass through their pyrolytic bio-fuel composition using FTIR and PCA analysis," *Ind. Crops Prod.*, vol. 111, no. June, pp. 856–864, 2018, doi: 10.1016/j.indcrop.2017.11.005.
- [6] C. M. Michailof, K. G. Kalogiannis, T. Sfetsas, D. T. Patiaka, and A. A. Lappas, "Advanced analytical techniques for bio-fuel characterization," *Wiley Interdiscip. Rev. Energy Environ.*, vol. 5, no. 6, pp. 614–639, 2016, doi: 10.1002/wene.208.
- [7] T. Schena, R. Farrapeira, T. R. Bjerck, L. C. Krause, C. Mühlen, and E. B. Caramão, "Fast two-dimensional gas chromatography applied in the characterization of bio-oil from the pyrolysis of coconut fibers," *Sep. Sci. Plus.*, vol. 2, no. 1, pp. 89–99, 2019.
- [8] Mashuni *et al.*, "Characterization of Liquid Volatile Matter

- (LVM) of Cashew Nut Shell using Pyrolysis and Gas Chromatography,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 846, no. 1, 2017, doi: 10.1088/1742-6596/846/1/012026.
- [9] S. Thangalazhy-Gopakumar, S. Adhikari, R. B. Gupta, M. Tu, and S. Taylor, “Production of hydrocarbon fuels from biomass using catalytic pyrolysis under helium and hydrogen environments,” *Bioresour. Technol.*, vol. 102, no. 12, pp. 6742–6749, 2011, doi: 10.1016/j.biortech.2011.03.104.
- [10] R. Kumar, V. Strezov, T. Kan, H. Weldekidan, and J. He, “Investigating the effect of Cu/zeolite on deoxygenation of bio-fuel from pyrolysis of pine wood,” *Energy Procedia*, vol. 160, no. 2018, pp. 186–193, 2019, doi: 10.1016/j.egypro.2019.02.135.
- [11] S. Du, D. P. Gamliel, J. A. Valla, and G. M. Bollas, “The effect of ZSM-5 catalyst support in catalytic pyrolysis of biomass and compounds abundant in pyrolysis bio-fuels,” *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, vol. 122, pp. 7–12, 2016, doi: 10.1016/j.jaap.2016.11.002.
- [12] I. M. A. Sutrisna Wijaya, I. G. K. Arya Arthawan, and A. Novita Sari, “Potensi nira kelapa sebagai bahan baku bioetanol,” *J. Bumi Lestari*, vol. 12, no. 1, pp. 85–92, 2012.
- [13] M. Gülüm and A. Bilgin, “Density, flash point and heating value variations of corn oil biodiesel-diesel fuel blends,” *Fuel Process. Technol.*, vol. 134, pp. 456–464, 2015, doi: 10.1016/j.fuproc.2015.02.026.
- [14] S. M. Awadh and H. S. Al-Mimar, “Statistical Analysis of the Relations between API, Specific Gravity and Sulfur Content in the Universal Crude Oil,” *Int. J. Sci. Res.*, vol. 4, no. September, pp. 2319–7064, 2013, [Online]. Available: www.ijsr.net.
- [15] I. Wiratmaja, “Penguajian Karakteristik Fisika Biogasoline Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pengganti Bensin Murni,” *J. Energi Dan Manufaktur*, vol. 4, no. 2, pp. 145–154, 2010.
- [16] A. Sumianto, S. Bahri, and Khairat, “Pembuatan Bio-fuel dari Tandan Kosong Sawit dan Pelepah Sawit dengan Teknologi Pirolisis Menggunakan Katalis Ni/NZA,” *Jom FTEKNIK*, vol. 3, no. 2, pp. 1–10, 2016.
- [17] M. Jahiding, E. Nurfiyanti, E. S. Hasan, and R. S. Rizki, “Analisis Pengaruh Temperatur Pirolisis terhadap Kualitas Bahan Bakar Minyak dari Limbah Plastik Polipropilena,” *Gravitasi*, vol. 1, no. 19, pp. 1–5, 2020.
- [18] D.Y. Lestari, “Kajian modifikasi dan karakterisasi zeolit alam dari berbagai negara,” in *Prosiding seminar nasional Kimia dan Pendidikan Kimia*, 2010, pp. 1–7.
- [19] A. E. Eseyin, “The Effect of Pd-Doped γ - Al_2O_3 on the Low-Temperature Thermal Decomposition of Corn Cobs and Leaves in Bio-fuel Production,” in *The International Journal Of Science & Technoledge*, 2015, pp. 11–17.
- [20] I.N.G. Wardana and K. Veronika, “Pengaruh Penggunaan Katalis Terhadap Laju Dan Efisiensi Pembentukan Hidrogen,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 6, no. 1, pp. 51–59, 2015.
- [21] M. D. Bispo et al., “Production of activated biochar from coconut fiber for the removal of organic compounds from phenolic,” *J. Environ. Chem. Eng.*, vol. 6, no. 2, pp. 2743–2750, 2018, doi: 10.1016/j.jece.2018.04.029.
- [22] S. Xiu, A. Shahbazi, L. Wang, and C. W. Wallace, “Supercritical Ethanol Liquefaction of Swine Manure for Bio-fuels Production,” *Am. J. Eng. Appl. Sci.*, vol. 3, no. 2, pp. 494–500, 2010.
- [23] Q. Dang, Z. Luo, J. Zhang, J. Wang, W. Chen, and Y. Yang, “Experimental study on bio-fuel upgrading over Pt/SO₄²⁻/ZrO₂/SBA - 15 catalyst in supercritical ethanol,” *Fuel*, vol. 103, pp. 683–692, 2013, doi: 10.1016/j.fuel.2012.06.082.
- [24] M. Rehan et al., “Effect of zeolite catalysts on pyrolysis liquid oil,” *Int. Biodeterior. Biodegrad.*, vol. 119, pp. 162–175, 2017, doi: 10.1016/j.ibiod.2016.11.015.
- [25] A. Fitra, S. Bahri, and Sunarno, “Studi Konversi Pelepah Nipah menjadi Bio-fuel dengan Katalis Natural Zeolite deAluminated (NZA) pada Proses Pyrolysis,” in *Prosiding SNTK TOPI*, 2012, pp. 27–30.
- [26] J. Girard, *Smoking In: Technology of meat and meat products*, Girard JP and Morton I (Ed),. Newyork: Ellis Horwood Limited, 1992.
- [27] A. E. Tjahjono, D. Primarini, and H. Musa, “Kondisi Optimum Fermentasi Asam Asetat Menggunakan Acetobacter aceti B166,” *J. Sains MIPA*, vol. 13, no. 1, pp. 17–20, 2007.
- [28] Ardiana R and Mitarlis, “Pemanfaatan Kulit Buah Siwalan (Borassus Flabellifer L.) Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Furfural,” *UNESA J. Chem.*, vol. 1, no. 2, 2012.
- [29] S. Wibowo, “(Characteristics of Bio-fuel Made of Forest Products Waste by Fast Pyrolysis Process),” *J. Penelit. Has. Hutan*, vol. 34, no. 1, pp. 61–76, 2015.
- [30] S. Wibowo, L. Efiyanti, and G. Pari, “Karakterisasi Bio-fuel Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Penambahan Katalis Ni/Nza Menggunakan Metode Free Fall Pyrolysis,” *J. Penelit. Has. Hutan*, vol. 35, no. 2, pp. 83–100, 2017.
- [31] Dynamotive, *The Bio-fuel Information Book*. Canada: Dynamotive Energy System Corporation, 2006.
- [32] V. Kumbar and P. Dostal, “Temperature dependence density and kinematic viscosity of petrol, bioethanol and their blends,” *Pakistan J. Agric. Sci.*, vol. 51, no. 1, pp. 175–179, 2014.
- [33] Smallwood, “Hydroprocessing of Pyrolysis Bio-fuel to Fuel and Chemical,” Pacific Northwest National Laboratory U.S., Departemant of Energy., 2008.