

## PENINGKATAN KADAR GLISEROL HASIL SAMPING PEMBUATAN BIODIESEL DENGAN METODE ADSORPSI ASAM LEMAK BEBAS (ALB) MENGGUNAKAN *FLY ASH*

**Mardhiyah Nadir, Marlinda\***)

Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda

\*E-mail corresponding author: lin\_syam@yahoo.co.id

---

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received: 13-07-2013

Received in revised form: 15-08-2013

Accepted: 10-09-2013

Published: 01-10-2013

#### Keywords:

Adsorption

Crude glycerol

Biodiesel

Fly ash

### ABSTRACT

*Crude glycerol is a byproduct of the production of biodiesel produced about 10% (w/w) of the weight of biodiesel. Crude glycerol still contains many impurities that cause low levels of glycerol into that utilization is not maximized. Purified glycerol widely used in several fields such as manufacture of drugs and cosmetic. Therefore, there needs to be a process of purification in order to obtain higher levels of glycerol. This study aims to perform the purification of crude glycerol to determine the method of adsorption and adsorption capacity of fly ash. Adsorption processes associated with the equilibrium adsorption performed at constant temperature (isotherms) to obtain the maximum adsorption capacity data. Langmuir and Freundlich models proposed to interpret the data of adsorption equilibrium of free fatty acids in the glycerol. This research was carried out by varying the mass of adsorbent 2.5g, 5.0g, 7.5g and 10g, and the adsorption time 40, 50, 60, 70 and 80 minutes. Purification of crude glycerol were analyzed using analysis of free fatty acids and glycerol analysis. The results showed that 10g Mass adsorbent and adsorption time of 60 minutes can reduce Free Fatty Acid (FFA) that glycerol levels increased. The maximum adsorption capacity of  $5.186 \times 10^{-4}$  mmol/g. Based on the value of the correlation coefficient ( $R^2$ ) indicates that the Langmuir and Freundlich models are suitable for this study.*

---

**Abstrak-** Proses produksi biodiesel menimbulkan hasil samping crude glycerol sekitar 10% (w/w). Kadar gliserol dalam crude tersebut masih rendah karena masih mengandung pengotor sehingga perlu pemurnian agar dapat dimanfaatkan untuk bahan baku industri, misalnya industri obat dan kosmetika. Penelitian ini bertujuan meningkatkan kemurnian crude glycerol dengan metoda adsorpsi menggunakan fly ash dan menentukan kapasitas adsorpsinya. Data kesetimbangan adsorpsi asam lemak bebas dalam gliserol didekati dengan Model Langmuir dan Freundlich. Berat adsorben pada penelitian ini berturut-turut 2,5; 5,0; 7,5 dan 10 gram dengan waktu adsorpsi bervariasi selama 40, 50, 60, 70 dan 80 menit. Hasil pemurnian dianalisa kandungan asam lemak bebas dan gliserol. Kadar asam lemak bebas dapat teradsorpsi maksimum ketika pemurnian menggunakan 10 g adsorben selama 60 menit. Kapasitas maksimum adsorpsi sebesar  $5,186 \times 10^{-4}$  mmol/g. Berdasarkan nilai koefisien korelasi ( $R^2$ ) menunjukkan bahwa model Langmuir dan Freundlich cocok untuk penelitian ini.

**Kata kunci:** adsorpsi, *crude glycerol*, biodiesel, *fly ash*

### PENDAHULUAN

*Crude glycerol* yang merupakan hasil samping produksi biodiesel dihasilkan sekitar 10% (w/w) dari berat biodiesel. *Crude glycerol* tersebut umumnya belum dapat dimanfaatkan secara maksimal oleh industri penghasil biodiesel, karena banyaknya zat pengotor. Padahal gliserol ini sangat bernilai ekonomis dan penggunaannya sangat luas.

Gliserol dalam jumlah besar dapat digunakan dalam pembuatan obat, kosmetik, pasta gigi, dan lain-lain. Sejumlah besar pengolahan tembakau dan makanan juga menggunakan gliserol, baik dalam bentuk gliserin ataupun gliseridanya (Appleby, 2005). Pemurnian *crude glycerol* sebelumnya telah dilakukan oleh Herawan (2010) dengan metode

destilasi pada tekanan atmosferik lalu penambahan asam posfat hingga mencapai pH 2. Kemudian dilakukan proses pemucatan dengan karbon aktif sebanyak 2%. *Crude glycerol* murni ini memiliki kadar gliserol lebih dari 90% lebih. Aziz dkk (2008) melakukan pemurnian *crude glycerol* yang berasal dari proses pembuatan biodiesel dari minyak goreng bekas, dengan metode penambahan asam berupa asam posfat 5% dan karbon aktif. Gliserol berkadar 32,23% berhasil ditingkatkan menjadi 76,43% dengan kondisi optimum dalam proses pemurnian pada pH 6, konsentrasi karbon aktif 5%, dan waktu adsorpsi 24 jam.

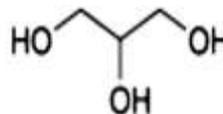
Abu terbang batu bara (*fly ash*) merupakan limbah Industri pembangkit tenaga listrik dan akan ditumpuk di landfill sehingga menimbulkan masalah lingkungan. Hal ini berpotensi bahaya bagi lingkungan dan masyarakat sekitar seperti, logam-logam dalam *fly ash* terekstrak dan terbawa ke perairan, *fly ash* tertiuap angin sehingga mengganggu pernafasan dan tentunya akan menyebabkan polusi udara. Sebenarnya limbah *fly ash* memiliki banyak kegunaan, namun selama ini penggunaan *fly ash* masih terbatas sebagai bahan campuran pembuat beton. *Fly ash* dapat dimanfaatkan sebagai adsorben. Konversi *fly ash* menjadi adsorben merupakan contoh pemanfaatan efektif, keuntungan adsorben berbahan baku *fly ash* adalah biayanya murah. Pemanfaatan *fly ash* sebagai adsorben telah banyak dilakukan melalui penelitian seperti siska, dkk (2010) modifikasi limbah *fly ash* sebagai adsorben zat warna congo red, Ayu, dkk (2012) pemanfaatan *fly ash* sebagai adsorben untuk emisi gas bermotor dan Rossi, dkk (2011) sintesis ZSM-5 dari *fly ash* sebagai sumber silika.

Pada penelitian ini dilakukan adsorpsi Asam Lemak Bebas (ALB) untuk peningkatan kadar gliserol hasil samping biodiesel dengan penggunaan *fly ash* dengan tujuan penelitian untuk pemurnian gliserol dengan cara penurunan ALB dengan metode adsorpsi dan penentuan kapasitas adsorpsi *fly ash*.

Salah satu alkil trihidrat yang penting adalah gliserol (propa-1,2,3 – triol)

$\text{CH}_2\text{OHCHOHCH}_2\text{OH}$ . Senyawa ini kebanyakan ditemui hampir semua lemak hewani dan minyak nabati sebagai ester gliserin dari asam palmitat dan oleat (Austin, 1985).

Senyawa ini bermanfaat sebagai anti beku (anti freeze) dan juga merupakan senyawa higroskopis sehingga banyak digunakan untuk pencegah kekeringan tembakau, pembuatan parfum, tinta, kosmetik, makanan dan minuman lainnya (Austin, 1985). Gliserol dapat digunakan untuk gliserolisis lemak atau metil ester untuk membentuk gliserolat monogliserida, digliserida dan trigliserida. Gliserol merupakan suatu trihidroksi alkohol yang terdiri atas tiga atom karbon. Jadi tiap karbon mempunyai gugus  $-\text{OH}$ . Gliserol yang diperoleh dari hasil penyabunan lemak atau minyak adalah suatu zat cair yang tidak berwarna dan mempunyai rasa yang agak manis, larut dalam air dan tidak larut dalam eter (Poedjiadi, 2006). Struktur gliserol dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Struktur gliserol

Hasil samping proses pembuatan biodiesel berbahan baku RBDPO (*Refined Bleached Deodorized Palm Oil*) dan metanol dengan katalis basa diperoleh dalam bentuk hasil samping residu gliserol yang jumlahnya dapat mencapai lebih kurang 20% dari jumlah produk (Ahn, et al, 1995). Residu gliserol ini masih mengandung komponen selain gliserol, seperti senyawa lemak, sabun, KOH dan lain-lain. Sebagai perbandingan gliserol yang berasal dari *Palm Kernel Oil Methyl Ester Plant* mengandung 20,3 % gliserol, 6,6 % asam lemak (dalam bentuk senyawa sabun) dan 64,3 % garam-garam (Syah, 2006). Kandungan gliserol hasil samping pembuatan biodiesel (*crude biodiesel*) dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Karakterisasi dari *crude* gliserol, gliserol yang dimurnikan dari residu gliserol dan gliserin komersial (Mohtar, 2001).

Parameter	<i>Crude Glycerol</i>	Gliserol yang dimurnikan	Gliserin komersial
Kadar Gliserol	60-80%	99,1 – 99,8%	99,2 – 99,98%
Kadar Air	1,5 – 6,5%	0,11 – 0,80%	0,14 – 1,29%
Kadar Abu	1,5 – 2,5%	0,054%	<0,02%
Kadar Sabun	3 – 5%	0,56%	-
Keasaman	0,7 – 1,3	0,10 - 0,16	0,47 – 0,07
Klorida	-	1 ppm	0,6 – 9,5 ppm
Warna	Gelap	34 – 35	1,8 – 10,3

Dewasa ini, sumber utama gliserol komersial diperoleh dari pengolahan minyak nabati, sebagai

produk samping industri oleokimia dan juga dari industri petrokimia. Gliserol yang diperoleh ini

hanya sebagian digunakan sebagai bahan baku industri dan masih merupakan sumber komoditas yang melimpah. Gliserol, umumnya digunakan pada pembuatan bahan peledak, sebagai bahan anti pembeku, bahan pembasah atau pengemulsi produk kosmetika. Sehubungan dengan terbatasnya diversifikasi produk olahan berbasis gliserol, maka harga jual komoditas gliserol masih tetap rendah, kecuali bila kebutuhan bahan peledak meningkat.

Secara umum senyawa poliol (polihidroksi termasuk gliserol) dari berbagai sumber banyak dimanfaatkan untuk berbagai keperluan industri seperti halnya ester poliol dari senyawa sakarida dengan asam lemak yang digunakan sebagai bahan surfaktan dalam formulasi bahan makanan, kosmetika maupun obat-obatan. Demikian juga dalam industri polimer, senyawa poliol banyak digunakan sebagai plastisiser maupun pemantap. Senyawa poliol ini dapat diperoleh dari hasil industri petrokimia, maupun langsung dari transformasi minyak nabati dan olahan industri oleokimia. Dibandingkan dengan hasil industri petrokimia, senyawa poliol dari minyak nabati dan industri oleokimia dapat diperbaharui, sumbernya mudah diperoleh, dan juga akrab dengan lingkungan karena mudah terdegradasi dalam alam (Goudung, Dkk. 2004).

Produksi abu terbang batu bara (*fly ash*) didunia pada tahun 2000 diperkirakan berjumlah 349 milyar ton. Penyumbang produksi abu terbang batubara terbesar adalah sektor pembangkit listrik. Produksi abu terbang dari pembangkit listrik di Indonesia terus meningkat, pada tahun 2000 jumlahnya mencapai 1,66 milyar ton dan diperkirakan mencapai 2 milyar ton pada tahun 2006.

Abu terbang batubara umumnya dibuang atau ditumpuk begitu saja di dalam area industri. Penumpukkan abu terbang batubara ini menimbulkan masalah bagi lingkungan. Berbagai penelitian mengenai pemanfaatan abu terbang batubara sedang dilakukan untuk meningkatkan nilai ekonomisnya serta mengurangi dampak buruknya terhadap lingkungan. Konversi abu terbang batubara menjadi zeolit dan adsorben merupakan contoh pemanfaatan efektif dari abu terbang batubara. Keuntungan adsorben berbahan baku abu terbang batubara adalah biayanya murah. Selain itu, adsorben ini dapat digunakan baik dalam metode penjerapan (adsorpsi) dan pemanfaatan lain seperti pembuatan batako dan katalis.

Evaluasi kapasitas adsorpsi *fly ash* dalam menyerap asam lemak bebas dalam gliserol pada suhu tetap dan kondisi setimbang (kesetimbangan isotherm adsorpsi) digunakan model pendekatan adsorpsi *single-component* yang populer dan sudah banyak digunakan untuk interpretasi data adsorpsi cair, yaitu: model Langmuir dan model Freundlich.

### 1. Model Langmuir

Teori isotherm Langmuir mengasumsikan bahwa permukaan adsorben seragam, semua molekul yang terjerap tidak saling berinteraksi, semua molekul yang terjerap melalui mekanisme yang sama, dan terbentuk lapisan *monolayer* pada saat adsorpsi maksimal (Do, 1998). Persamaan isotherm Langmuir dituliskan dengan persamaan (1) berikut:

$$q_e = \frac{q_m K_L C_e}{1 + K_L C_e} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan  $q_e$  adalah konsentrasi adsorbat pada padatan saat setimbang (mmol/g),  $C_e$  adalah konsentrasi adsorbat pada cairan saat setimbang (mmol/mL),  $q_m$  adalah kapasitas maksimum adsorben (mmol/g) sedangkan  $K_L$  adalah konstanta Langmuir (mL/mmol). Nilai  $q_m$  dan  $K_L$  dievaluasi dengan cara linearisasi, sehingga persamaan (1) menjadi Persamaan (2) yang menghubungkan antara  $C_e$  dengan  $q_e$  menjadi:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{K_L q_m} + \frac{C_e}{q_m} \dots\dots\dots(2)$$

Asumsi dasar dari model Langmuir yaitu:

- a. Molekul teradsorb pada bagian tertentu pada permukaan adsorben
- b. Tiap bagian hanya memuat satu molekul (*monolayer*)
- c. Setiap bagian ditentukan kuantitasnya dengan geometri dari permukaan
- d. Energi adsorpsi sama di setiap bagian

### 2. Model Freundlich

Model isotherm Freundlich diekspresikan dengan persamaan eksponensial, karena berasumsi bahwa ketika konsentrasi adsorbat meningkat, maka konsentrasi adsorbat pada permukaan adsorben juga meningkat (Allen, dkk, 2003). Persamaan Freundlich yang populer dan banyak digunakan dalam berbagai aplikasi dituliskan dengan persamaan (3)

$$q_e = K_F C_e^{\frac{1}{n}} \dots\dots\dots(3)$$

Dengan  $q_e$  adalah konsentrasi adsorbat pada padatan saat setimbang (mmol/g) dan  $C_e$  adalah konsentrasi adsorbat pada cairan saat setimbang (mmol/mL). Menurut Crittenden dan Waber (Falqi, 2004),  $K_F$  adalah konstanta Freundlich yang merupakan indikator relatif dari kapasitas adsorpsi, sedangkan  $1/n$  merupakan indikator energi atau intensitas reaksi. Nilai  $n$  normalnya adalah lebih besar dari 1. Linearisasi persamaan (3) akan menghasilkan persamaan (4) yang menunjukkan hubungan antara  $q_e$  dan  $C_e$  sehingga dapat diketahui harga  $K_F$  dan  $1/n$

$$\text{Log}(q_e) = \text{Log}(K_F) + \frac{1}{n} \text{Log}(C_e) \dots\dots\dots(4)$$

Nilai  $q_e$  dari persamaan (2) dan (4) dihitung berdasarkan persamaan (5) berikut:

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e) \times V}{W} \dots \dots \dots (5)$$

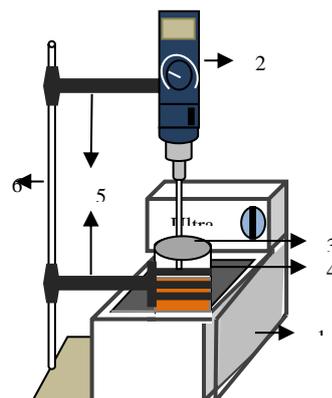
Dengan  $C_0$  adalah konsentrasi awal adsorbat dalam cairan (mmol/mL),  $C_e$  adalah konsentrasi adsorbat pada cairan saat setimbang (mmol/mL),  $V$  adalah volum larutan dalam sistem (mL), sedangkan  $W$  adalah berat adsorben yang digunakan (g). sedangkan nilai  $C_e$  dihitung dengan persamaan (6) sebagai berikut:

$$C_e = \frac{V_{penitar} \times 0,02 N \times \left[ \frac{M_{biodiesel-heksan}}{M_{sampel}} \right]}{V} \dots \dots \dots (6)$$

**METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Riset dan Laboratorium Kimia Fisika Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda.

Adsorben berupa *fly ash* terlebih dahulu di aktivasi dengan larutan KOH 1,9 N kemudian dikeringkan dan dikalsinasi pada suhu 450°C selama 2 jam. *Crude glyserol* sebelum diadsorpsi terlebih dahulu dilakukan destilasi untuk menghilangkan sisa methanol dan asidifikasi (penambahan asam) untuk mengikat sisa katalis basa kemudian diadsorpsi dengan adsorben *fly ash*. Proses adsorpsi dilakukan dengan variasi massa adsorben dan waktu adsorpsi dengan menggunakan 20 g sampel dan kecepatan pengadukan 468 rpm. Setelah itu hasil dianalisa kadar asam lemak bebas dan gliserol serta sifat fisik gliserol.



- Keterangan:  
 1. Ultrasonic Cleaner  
 2. Mixer  
 3. Aluminium foil  
 4. Gelas kimia  
 5. Statif  
 6. Klem

Gambar 2. Peralatan adsorpsi ALB

**HASIL DAN PEMBAHAAN**

*Crude gliserol* dimurnikan dengan beberapa proses yaitu proses destilasi, asidifikasi dan adsorpsi. Proses asidifikasi dilakukan dengan menggunakan larutan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 5% pH 7, data pengamatan proses destilasi dan asidifikasi dapat dilihat pada Tabel 2. Setelah dilakukan proses destilasi dan asidifikasi kemudian dilakukan proses adsorpsi untuk menghilangkan sisa-sisa kotoran dan warna gliserol. Data proses adsorpsi dengan menggunakan adsorben *fly ash* terlihat pada Tabel 3. Pada proses adsorpsi dilakukan dengan menggunakan *fly ash* untuk menurunkan kandungan asam lemak bebas (ALB) dalam gliserol. Kandungan ALB turun akan mengakibatkan kadar gliserol semakin meningkat. Gambar 3 menunjukkan penurunan ALB pada berbagai variasi massa adsorben dan waktu adsorpsi.

Tabel 2. Sifat fisik *crude gliserol* setelah destilasi dan asidifikasi

Sifat Fisik	<i>Crude Glycerol</i>	<i>Crude Glycerol</i> (setelah destilasi)	<i>Crude Glycerol</i> (setelah Asidifikasi)
Kadar gliserol	37,96 % (b/b)	41,85 % (b/b)	49,2 % (b/b)
Densitas	1,0434 g/ml	1,0796 g/ml	1,098 g/ml
Ph	8 – 9	8 – 9	7
Warna	Merah-Coklat Kehitaman	Merah-Coklat Kehitaman	Kuning- Gelap

Pemurnian gliserol dilakukan dengan tiga proses yaitu destilasi, asidifikasi dan adsorpsi. Metode destilasi dilakukan untuk mengurangi kadar methanol dalam *crude gliserol*, sedangkan asidifikasi untuk mengurangi sisa katalis basa yang tidak bereaksi direaksikan dengan asam menggunakan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 5% dengan reaksi sebagai berikut:

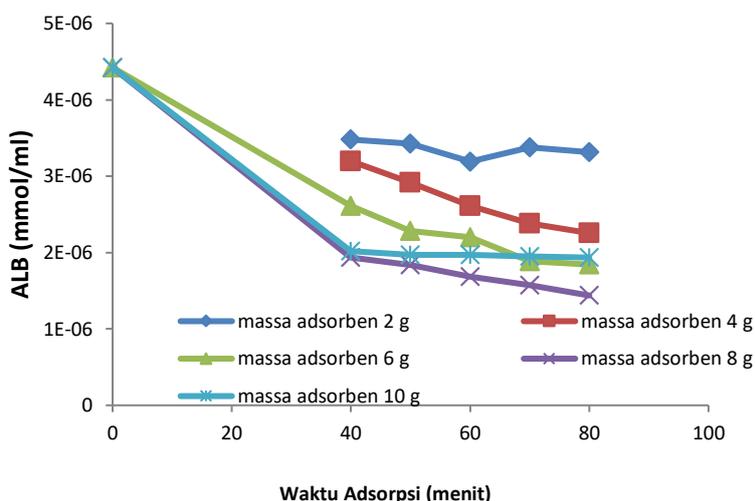
$3 \text{ KOH} + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{K}_3\text{PO}_4 + 3 \text{ H}_2\text{O}$   
 K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> akan mengendap dan disaring sehingga sisa katalis di dalam *crude gliserol* akan berkurang. Proses berikutnya dengan adsorpsi menggunakan *fly ash* untuk menurunkan kadar asam lemak bebas sehingga kadar gliserol semakin tinggi.

Tabel 3. Kadar ALB dan gliserol setelah proses adsorpsi

Massa Adsorben (g)	Kadar ALB (mmol/g)	Kadar Gliserol Awal (%)	Kadar Gliserol Akhir (%)	% Peningkatan Kadar Gliserol
2	0.765	49,2	57,23	16,32
4	0.650	49,2	65,45	33,03
6	0.502	49,2	78,5	59,55
8	0.420	49,2	85,25	73,27
10	0.440	49,2	89,02	80,02

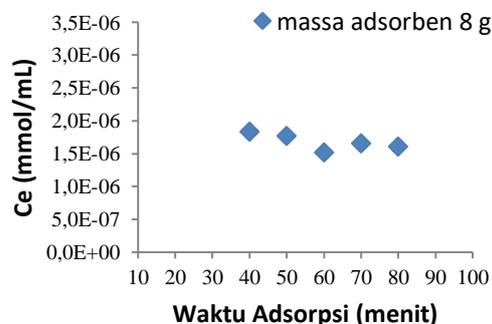
Dari Gambar 3 terlihat bahwa semakin banyak penambahan massa *fly ash* maka semakin banyak pula impurities (adsorbat) yang dapat diadsorpsi oleh *fly ash*. Hal ini berkaitan dengan semakin banyaknya media untuk adsorbat terdifusi ke permukaan adsorben. Selain itu *fly ash* juga mampu mengadsorpsi zat warna sehingga gliserol yang awalnya berwarna kuning-gelap menjadi kuning-bening. Berdasarkan gambar 3 tersebut dapat diketahui bahwa massa adsorben yang efektif

adalah 8 g untuk waktu adsorpsi 60 menit dengan nilai penurunan konsentrasi ALB sebesar 0,430 mg KOH/g sampel. Semakin besar massa adsorben maka semakin luas permukaan *fly ash* dan semakin banyak sisi aktif dari adsorben tersebut sehingga kapasitas untuk menjerap asam lemak bebas dari gliserol akan semakin besar pula. Luas permukaan menggambarkan permukaan aktif yang dapat kontak dengan senyawa (Setyawan, 2003).



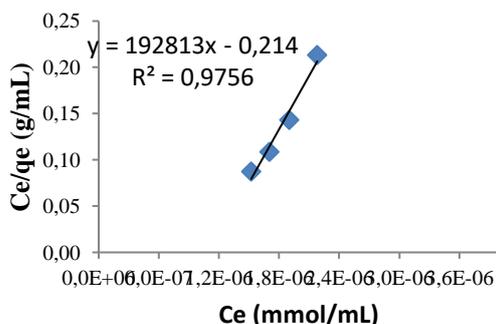
Gambar 3 Hubungan Penurunan ALB dengan waktu adsorpsi pada berbagai massa adsorben

Luasnya permukaan *fly ash* ini disebabkan oleh perlakuan asam pada saat proses aktivasi. Perlakuan asam menyebabkan terbukanya pori *fly ash* sehingga luas permukaan meningkat (Setyawan, 2003). Setelah didapatkan massa adsorben yang efektif maka dilanjutkan dengan melihat pengaruh waktu adsorpsi terhadap penurunan konsentrasi ALB. Gambar 4 menunjukkan hubungan penurunan konsentrasi ALB terhadap waktu adsorpsi.



Gambar 4. Penurunan ALB kesetimbangan terhadap waktu adsorpsi

Penurunan konsentrasi ALB menunjukkan bahwa ALB terjerap oleh *fly ash*. Proses penyerapan asam lemak bebas akan terjadi pengikatan apabila senyawa tertahan pada sisi aktif ataupun tertahan pada mesopori yang terbentuk akibat adanya perlakuan asam yaitu pada saat proses aktivasi. Proses aktivasi menyebabkan terjadinya perubahan perbandingan Si/Al, luas permukaan meningkat dan terjadi peningkatan porositas *fly ash* (Setiadji, 1996).

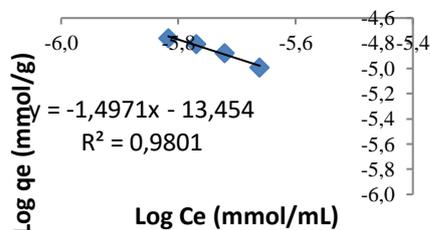


Gambar 5. Linearisasi persamaan Langmuir

Gambar 5 adalah linearisasi Langmuir. Linearisasi dilakukan untuk mendapatkan nilai parameter-parameter dalam persamaan isoterm Langmuir yaitu  $K_L$  dan  $q_m$ .  $K_L$  merupakan konstanta Langmuir yang merupakan nilai perbandingan antara konstanta kecepatan adsorpsi ( $k_a$ ) dengan konstanta kecepatan desorpsi ( $k_d$ ) atau dituliskan sebagai  $K_L = \frac{k_a}{k_d}$ .

Pada Gambar 6 linearisasi persamaan Freundlich dapat dilihat bahwa nilai  $K_F$  (kapasitas Adsorpsi dan  $n$ ). Nilai  $K_F$  yang didapatkan sangat kecil sehingga menunjukkan bahwa *fly ash* tidak bagus digunakan sebagai adsorben untuk menyerap ALB dalam gliserol, sedangkan nilai  $n$  bernilai negatif. Jika dilihat nilai  $K_L$  pada Gambar 5, maka terlihat bahwa nilai  $K_L$  bernilai negatif. Pada persamaan Langmuir nilai  $q_e$  menjadi lebih sederhana yaitu  $q_e = q_m$ , artinya bahwa jumlah adsorbat yang terjerap pada kondisi setimbang sama dengan jumlah maksimum adsorbat yang dapat dijerap oleh

adsorben (kapasitas maksimum adsorpsi). Gambar 6 menunjukkan linearisasi persamaan Freundlich. Linearisasi dilakukan untuk mendapatkan nilai  $K_F$  dan  $n$ . Nilai  $K_F$  menunjukkan kemampuan menyerap dari zeolit, sedangkan  $n$  merupakan indikator efisiensi dari proses adsorpsi.



Gambar 6. Linearisasi persamaan Freundlich

Pada penelitian ini, didapatkan nilai  $K_L$  (kapasitas adsorpsi) dan  $n$  bernilai negatif hal ini mengindikasikan bahwa proses adsorpsi yang terjadi adalah adsorpsi negatif karena konsentrasi pada adsorbat lebih kecil daripada konsentrasi pada badan cairan. Selain itu nilai negatif ini dipengaruhi oleh ukuran diameter pori masing-masing komponen yang terkandung didalam gliserol. Umumnya *fly ash* dengan pori medium antara 0,45-0,55 nm (Rosjidi, 2010). Menurut Kumar, dkk (2003), diameter molekul asam oleat dan asam stearat masing-masing 87 nm dan 86 nm, sedangkan ukuran diameter pori air adalah 0,096 nm (Anonim, 2012) dan metanol sebesar 0,33 nm (Yan, dkk, 2008) sehingga dapat diasumsikan bahwa *fly ash* akan menyerap air dan metanol terlebih dahulu yang memiliki ukuran diameter pori yang lebih kecil kemudian akan menyerap asam oleat dan asam stearat yang memiliki ukuran diameter molekul yang lebih besar. Dari gambar 5 dan 6 terlihat nilai koefisien korelasi persamaan Langmuir dan Freundlich sebesar 0.975 dan 0.980, maka data disimpulkan kedua persamaan tersebut dapat digunakan untuk kapasitas adsorpsi pada penelitian ini.

Tabel 4 menunjukkan perbandingan nilai parameter-parameter isoterm dengan penelitian yang lain berdasarkan penggunaan persamaan Langmuir dan Freundlich.

Tabel 4 Perbandingan Nilai Parameter-Parameter Dalam Persamaan Isoterm Dengan Penelitian Lain

No	Penelitian	Koefisien Korelasi (R <sup>2</sup> )	Model Isoterm	
			Kapasitas Adsorpsi (qm) (mmol/g)	n
1	Purifikasi Biodiesel dengan Menggunakan Zeolit Teraktivasi (Susanti Mukti, 2012)	0.975	5.78 x 10 <sup>-4</sup>	-0.656
2	Purifikasi Biodiesel Menggunakan Activated Alumina (Arifin, Z, 2008)	0.9987	2.2188	4.352
2	Peningkatan Kadar Gliserol Hasil Samping Pembuatan Biodiesel Dengan Metode Adsorpsi Asam Lemak Bebas (ALB) Menggunakan <i>Fly ash</i> (Penelitian ini, 2014)	0,980	5.26 x 10 <sup>-4</sup>	-0.675

**KESIMPULAN**

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Semakin banyak massa adsorben *fly ash* pada diameter 100 mesh akan meningkatkan penurunan asam lemak bebas (ALB) di dalam gliserol dengan waktu adsorpsi 60 menit.
2. Kapasitas maksimum adsorpsi ( $q_m$ ) ALB pada pemurnian gliserol dengan menggunakan *fly ash* dihitung berdasarkan model Langmuir didapatkan nilai sebesar  $5,186 \times 10^{-4}$  mmol/g.
3. Pada penelitian ini maka model isoterm Langmuir dan Freundlich dapat digunakan hal ini berdasarkan harga koefisien korelasi ( $R^2$ ) sebesar 0,975 dan 0,980.

**SARAN**

Mengingat penelitian ini masih perlu dilakukan pengembangan lanjutan, maka peneliti menyarankan sebaiknya untuk purifikasi gliserol menggunakan jenis adsorben yang sama tetapi diaktivasi dengan aktivator jenis yang lain serta perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan berbagai variabel proses seperti kecepatan pengadukan.

**DAFTAR PUSTAKA**

- APPLEBY, D.B. 2005. Gliserol on The Biodiesel Handbook. AOCS Press.
- ARIFIN, Z., 2008, "Purifikasi Biodiesel Menggunakan Activated Alumina: Studi Keseimbangan Isoterm Adsorpsi Asam Lemak Bebas", Laporan Tesis, Program Studi Teknik Kimia, Universitas Gajah Mada: Yogyakarta.
- ARIYANTO, N.P., WIRADINI, G., RAKHMATULLAH, D.K.A., 2007, "Pembuatan Adsorben dari Zeolit Alam dengan Karakteristik Adsorpsi Properties untuk Kemurnian Bioetanol", Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Fisika, ITB: Bandung.
- AUSTIN, 1985. Shreve's Chemical Process Industries, Mc Graw – Hill Book Co Tokyo.
- AYU, L, SAWITRI, D. 2012. "Pemanfaatan *Fly ash* Batu bara Sebagai Adsorben Emisi Gas CO pada Kendaraan Bermotor. Jurnal Teknik Pomits Vol 1, Page 1-6
- AZIZ, ISALMI. Dkk. 2008. Pemurnian Gliserol Dari Hasil Samping Pembuatan Biodiesel Menggunakan Bahan Baku Minyak Goreng Bekas. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah.
- BAYRAK, Y., 2006, "Application of Langmuir Isotherm to Saturated Fatty Acid Adsorption", Microporous and Mesoporous Material, 87, 203-206
- BRYAN, T., 2005, "Adsorbing it all", Biodiesel Magazine, March, pp. 40-42
- HERAWAN T. WIRJOSENTONO B. DAN RAHMI U. (2006). Pemurnian Residu Gliserol Pabrik Biodiesel dengan Cara Pengasaman. Penelitian PPKS – Departemen Kimia. Medan.
- MOHTAR. 2001. Quality of Basic Oleochemicals Produced in Malaysia. 529 – 536
- NOURIEDDINI, H. DAN MENDIKONDURU, V.1997. Glycerolysis Of Fats and Methyl Ester. J. Am. Oil. Chem. Socs, Volume 7(4)
- POHAN Hg, Pengaruh Suhu Dan Konsentrasi Natrium Hidroksida Pada Pembuatan Karbon Aktif Dari Sekam Padi. Jakarta: Balai Pengembangan Khemurgi Dan Aneka Industri Balai Besar Penelitian Dan Pengembangan Industri Hasil Pertanian (BBIHP).
- PRAKOSO, T., H. SIRAIT., & BAINAROE. 2007. Pemurnian Hasil Samping Produksi Biodiesel. Prosiding Konferensi Nasional Pemanfaatan Hasil Samping Industri Biodiesel dan orben Industri Etanol serta Peluang Pengembangan Industri Intragatednya. Jakarta.
- PRIHARTINI, R. W, 2010. Transesterifikasi RPO Menggunakan Katalis  $K_3PO_4$  Berpendukung Abu Layang (*Fly ash*). Skripsi ITS Surabaya.
- REYNOLD T D. 1982. Unit Operation and Process in Environmental Engineering. Wods Worth Inc, A&M. University Texas.
- ROSSY, A, IDA Z, DAN YELMIDA, 2011, Sintesis ZSM-5 Dari *Fly ash* Sawit Sebagai Sumber Silika Dengan Variasi Temperatur kalsinasi Dan Waktu Kalsinasi
- SHOLEHAH, MIFTAH. 2008. Pemisahan Gliserin dari Hasil Samping Pemirbuatan Biodiesel. Prodi Kimia FST UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- SALEH, M.I. DAN ADAM, F., 1994, "Adsorption Isotherm of Fatty Acids on Rice Hull Ash in a Model System", *JOACS*, 71, 1363-1366
- SETYAWAN, D., 2003, "Aktivasi Katalis Cr/Zeorlit Dalam Reaksi Konversi Katalitik Fenol Dan Metil Isobutil Keton", Jurnal Ilmu Dasar, IV (2):70-76.
- SISKA, EK, PUJIRAHAYU, A, DAN WIDODO, H, 2010. "Modifikasi Limbah *Fly ash* Sebagai Adsorben Zat Warna Tekstil Congo Red yang Ramah Lingkungan dalam Upaya Mengatasi Pencemaran Industri batik Di Surakarta, Proosal Lolos PKMP Dikti.
- SUKRISMAN, 2007, "Pembuatan Biodiesel dari Destilat Asam Lemak Kelapa Sawit dengan Sistem Batch dalam Rangka Pengembangan Potensi Daerah di Kabupaten Musi Banyuasin", Laporan

Tesis, Program Magister Sistem Teknik,  
Universitas Gajah Mada.  
SUSANTI, MUKTI, 2012, Purifikasi Biodiesel  
Dengan Menggunakan Zeolit Teraktivasi,  
Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik  
Kimia, Politeknik Negeri Samarinda.  
WIRJOSENTONO, B. 2007. Penyediaan Plastisiser  
yang Layak Makan, Substantif, Terbarukan

dan Ramah Lingkungan Menggunakan  
Tehnik Esterifikasi Katalisis Heterogen dan  
Esterifikasi dengan Gugus Alkiloil Jenuh  
dan Reaktif – Polimer Berbasis Bahan Baku  
Gliserol Residu Pabrik Biodiesel. Penelitian  
PPKS – USU- Departemen Pertanian RI.  
Medan – Indonesia.