

**Pilarisasi Lempung dengan Al/Cr sebagai Adsorben Minyak Sisa Pakai****Tiska Eva Triandhani<sup>1</sup>, Taslimah<sup>1</sup>, Sriyanti<sup>1\*</sup>**<sup>1</sup>Departemen Kimia, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro\*Corresponding author: [sriyanti@live.undip.ac.id](mailto:sriyanti@live.undip.ac.id)

Received: 08 April 2021 / Accepted: 03 Mei 2021

Available online: 08 Mei 2021

**Abstrak**

Minyak goreng yang digunakan berulang kali mengakibatkan kerusakan minyak dan membahayakan pemakainya. Salah satu solusi untuk menanganinya ialah dengan metode adsorpsi. Lempung terpillar Al/Cr telah dibuat sebagai adsorben minyak sisa pakai. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan suhu optimum kalsinasi pada pemiliran lempung dengan Al/Cr dan menentukan kualitas minyak sisa pakai berdasarkan bilangan asam dan bilangan peroksida. Karakterisasi lempung terpillar menggunakan X-Ray Diffraction (XRD). Selanjutnya daya adsorpsi lempung terpillar terhadap minyak sisa pakai diukur menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Uji kualitas minyak dilakukan berdasarkan penentuan bilangan asam dan bilangan peroksida sesuai syarat mutu minyak goreng yaitu SNI 01-3741-2013. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, pemiliran lempung Al/Cr dapat meningkatkan basal spacing. Lempung terpillar Al/Cr dengan suhu kalsinasi 400°C memiliki basal spacing terbesar yaitu fraksi ringan 18,84 Å dan fraksi berat 16,53 Å. Kemampuan lempung terpillar Al/Cr untuk adsorpsi minyak sisa pakai memiliki daya serap besar pada suhu kalsinasi 400°C yaitu pada fraksi berat 9,16 % dan fraksi ringan 6,28 %. Lempung terpillar Al/Cr mampu menurunkan bilangan asam dan bilangan peroksida, bahwa semakin lama waktu kontak adsorpsi bilangan asam dan bilangan peroksida semakin menurun.

**Kata Kunci:** Lempung terpillar Al/Cr, minyak sisa pakai, bilangan asam, bilangan peroksida**1. Pendahuluan**

Tingginya harga minyak goreng bagi sebagian masyarakat menengah ke bawah dan kurangnya pengetahuan membuat masyarakat sering kali menggunakan minyak goreng yang telah dipakai hingga berulang kali. Penggunaan minyak goreng berulang kali akan mengakibatkan kerusakan minyak. Kerusakan utama pada minyak adalah ditandai bau tengik dan perubahan warna minyak menjadi lebih gelap. Jenis kerusakan yang lain adalah peningkatan asam lemak bebas (FFA) dan angka peroksida (PV)[1]. Untuk menekan pengaruh pemakaian minyak jelantah, perlu diupayakan pengolahan (regenerasi) minyak goreng sisa pakai. Regenerasi minyak goreng bertujuan untuk memperbaiki kualitas minyak goreng sisa pakai. Regenerasi dapat dilakukan dengan cara adsorpsi [2].

Lempung bersifat sebagai adsorben. Salah satu penggunaannya adalah untuk pemucatan minyak sawit atau minyak kedelai [3]. Lempung juga dapat menurunkan absorbansi pada pemucatan minyak [4]. Untuk meningkatkan kemampuan kerjanya, biasanya lempung

sebelum digunakan dimodifikasi terlebih dahulu agar lebih efektif[5]. Salah satu cara memodifikasi lempung adalah dengan pilarisasi. Jika lempung dimodifikasi menjadi lempung terpillar, maka ia memiliki pori-pori yang lebih besar. Adanya sifat unggul dari lempung terpillar tersebut menjadikan material tersebut potensial untuk digunakan sebagai adsorben[6].

Menurut Ding dkk.[7] tentang pemiliran lempung Al/Cr menunjukkan bahwa luas permukaan spesifik, volume pori, dan jarak antar-lapisan jauh lebih besar. Sedangkan pemiliran Cr-Bentonit dapat menurunkan angka peroksida dan angka asam .

**2. Metode Penelitian**

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahap meliputi preparasi lempung alam, aktivasi lempung, tahap pemiliran lempung. Karakterisasi lempung terpillar menggunakan X-Ray Diffraction (XRD). Selanjutnya tahap adsorpsi minyak sisa pakai, kemampuan adsorpsi ditentukan Spektrofotometer UV-Vis, lalu dilanjutkan untuk uji kualitas minyak yaitu penentuan bilangan asam dan bilangan

peroksida. Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro.

## 2.1. Alat dan Bahan

**Alat** yang digunakan dalam penelitian adalah set peralatan gelas, *magnetic stirrer*, kertas wattmen, furnace, vakum, penggerus, ayakan 170 mesh, corong kaca, pH meter, corong buncher, kaca arloji, oven, timbangan, pipet tetes, pengaduk, alumunium foil, spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu), *X-Ray Diffraction/XRD* (bruker D).

**Bahan** yang digunakan dalam penelitian adalah lempung alam yang diambil di daerah bayat Boyolali, akuades, HCl 2 M, AgNO<sub>3</sub>, CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O (pa), AlCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O(pa), minyak sisa pakai (jelantah), asam asetat glasial (pa), kloroform, larutan kalium iodida jenuh, natrium thiosulfat 0,01N, etanol 95% netral, indikator pp 1%, NaOH (pa), HCl pekat (pa), asam oksalat, larutan kanji 1%, kalium dikromat.

## 2.2. Cara Kerja

### 2.2.1. Preparasi Lempung Alam

Lempung yang didapatkan dari Bayat Boyolali dibersihkan dengan air. Kemudian dilakukan proses fraksinasi untuk memisahkan fraksi ringan dan fraksi berat. Proses fraksinasi dilakukan dengan cara mencampurkan lempung yang telah bersih dengan aquades. Fraksi ringan yang didapat kemudian dipisahkan dan dikeringkan pada suhu 110°C selama 2 jam. Selanjutnya fraksi ringan digerus dan kemudian diayak dengan ayakan 170 *mesh*. Perlakuan yang sama terhadap fraksi berat.

### 2.2.2. Aktivasi Lempung

Fraksi ringan dan fraksi berat lolos ayakan 170 *mesh* masing-masing sebanyak 100 g diaktivasi dengan menggunakan larutan HCl 2M diaduk menggunakan pengaduk magnetik selama 10 menit kemudian didiamkan selama 24 jam. Sampel disaring menggunakan kertas saring whattmen, selanjutnya kemudian dicuci dengan aquades hingga mencapai pH aquades. Selanjutnya sampel dikeringkan pada suhu 110°C selama 2 jam. Setelah didapatkan lempung yang telah kering kemudian dilakukan penggerusan dan pengayakan dengan ayakan 170 *mesh* dan di karakterisasi dengan XRD.

### 2.2.3. Pemiliran Lempung

Sebanyak 50 gram masing-masing fraksi ringan dan fraksi berat yang telah diaktivasi kemudian dicampurkan dengan 500 mL aquades diaduk

menggunakan *magnetic stirrer* selama 24 jam pada temperatur kamar.

Pembuatan larutan pemilar CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O dan AlCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O yang digunakan adalah konsentrasi 0,1 mol/L dan larutan NaOH 0,2 mol/L. Penambahan NaOH ke dalam larutan CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O dan AlCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O dilakukan secara perlahan. Selanjutnya agen pemilar ditambahkan ke dalam suspensi lempung dengan perbandingan agen pilar Al 25% dan Cr 75% diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 24 jam.

Agen pemilar ditambahkan ke dalam suspensi lempung fraksi ringan dan fraksi berat dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 24 jam pada temperatur kamar. Hasil dari interkalasi disaring, dicuci dengan aquades dan dikeringkan dalam oven pada temperatur 110°C selama 2 jam. Kemudian dilakukan variasi kalsinasi pada temperatur 300°C, 350°C, 400°C dengan laju kenaikan temperatur 5°C/menit. Selanjutnya hasil lempung terpillar Al/Cr dikarakterisasi dengan *X-Ray Diffraction* (XRD).

### 2.2.4. Adsorpsi Minyak Sisa Pakai

Adsorpsi minyak sisa pakai dibuat dengan perbandingan adsorben : adsorbat sebesar 2% yaitu 0,2 gram : 10 mL. Proses adsorpsi dilakukan dengan waktu kontak adsorpsi 15 menit pada suhu hangat (40°C). kemudian disaring menggunakan kertas saring, sehingga diperoleh filtrat. Pengulangan yang sama untuk tiap suhu kalsinasi 300°C, 350°C dan 400°C. Filtrat yang telah didapatkan, diencerkan terlebih dahulu. Pengenceran filtrat minyak sisa pakai (filtrat) dilakukan dengan kloroform dengan mengambil minyak sisa pakai 2 mL ke dalam 10 mL labu ukur dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum untuk menentukan suhu optimum.

### 2.2.5. Penentuan Bilangan Peroksida (SNI 01-3741-2013)

Minyak sebanyak 2 gram dimasukkan ke dalam erlenmeyer serta ditambahkan 20 mL pelarut asam asetat glasial : kloroform (3 : 2), diaduk hingga larutan homogen. Setelah larutan homogen ditambahkan 0,5 mL larutan KI jenuh dan ditutup rapat sambil dikocok. Selanjutnya ditambahkan 20 mL akuades. Campuran tersebut kemudian dititrasi dengan larutan Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang telah distandarisasi sampai warna kuning hampir hilang. Kemudian ditambah 0,5 mL indikator amilum 1 %. Titrasi dilanjutkan sampai titik ekuivalen yaitu tepat saat warna biru hilang. Volum titran dicatat. Dengan cara yang sama dibuat juga titrasi larutan blangko.

### 2.2.6. Penentuan Bilangan Asam (SNI 01-3741-2013)

Sebanyak 2 gram minyak sisa pakai di dalam erlenmeyer 100 mL ditambah 10 mL etanol 95%, kemudian dipanaskan menggunakan kompor listrik selama 30 menit sambil diaduk. Larutan didinginkan, kemudian ditambahkan indikator fenolftalein sebanyak 3 tetes. Larutan dititrasi dengan NaOH 0,1 N yang telah di standarisasi hingga berwarna merah jambu minimal 15 detik.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Preparasi dan Aktivasi Lempung

Lempung alam yang diperoleh terlebih dahulu dilakukan fraksinasi dengan akuades. Fraksinasi dilakukan berdasarkan perbedaan densitas, di mana fraksi ringan untuk mengendap butuh waktu lebih lama karena adanya interaksi yang terjadi antara lapisan silikat pada lempung dengan molekul air lebih kuat. Pengotor/fraksi berat memiliki densitas yang lebih besar seperti kalsit, kuarsa, klinoptilolit dan *feldspar* akan mengendap lebih cepat. Fraksi ringan dan berat yang telah didapatkan dari hasil fraksinasi disaring lalu dikeringkan dalam oven 110°C selama 2 jam. Selanjutnya, masing-masing fraksi ditumbuk dan diayak dengan ayakan 170 *mesh* yang bertujuan untuk memisahkan fraksi *undersize* (fraksi yang lolos ayakan) dengan fraksi yang *oversize* (fraksi yang tertahan pada ayakan).

Proses aktivasi lempung pada penelitian ini dengan cara aktivasi kimia yaitu menambahkan HCl ke dalam lempung yang bertujuan untuk menghilangkan senyawa pengotor yang dapat larut dalam HCl. Selain itu, peran aktivasi adalah untuk menyeragamkan kation, kation-kation pada lempung seperti  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$  diganti dengan ion  $H^+$ , sehingga diharapkan diperoleh lempung yang homoionik [8].

### 3.2. Pemiliran Lempung

Tahap pembuatan agen pemilar yaitu tahap pembuatan polioksokation Al/Cr sebagai agen pemilar ke dalam ruang antar lapis lempung. Agen pemilar lempung merupakan campuran larutan NaOH dengan larutan senyawa kompleks  $AlCl_3 \cdot 6H_2O$  dan larutan  $CrCl_3 \cdot 6H_2O$  dengan perbandingan agen pilar Al 25% dan Cr 75% dan perbandingan mol OH : Al atau OH : Cr adalah 2 mol, hal ini bertujuan untuk mengontrol pH larutan campuran, sehingga terjadi reaksi maksimum antara ion-ion  $Al^{3+}$  dan  $Cr^{3+}$  dengan OH. Keasaman atau pH larutan  $AlCl_3 \cdot 6H_2O$  awal

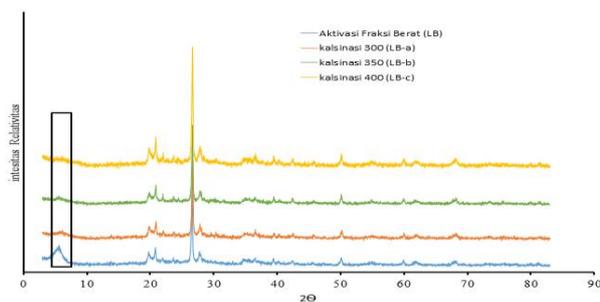
terukur 3, setelah penambahan larutan NaOH, pH larutan menjadi 4, hal ini sesuai karena pada pH 4 terbentuk ion Keggin =  $Al_{13}$  [9], sedangkan pH larutan  $CrCl_3 \cdot 6H_2O$  awal terukur 4. Setelah penambahan larutan NaOH, pH larutan menjadi 5, hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Mokrousova [10], bahwa kondisi optimal untuk memodifikasi lempung terpillar Cr(III) yaitu pada rentang pH 4-6.

Tahap interkalasi adalah tahap dimana agen pemilar dimasukkan ke dalam antar lapis silikat lempung alam dengan cara mencampurkan senyawa kompleks Al/Cr-polihidroksi dengan lempung alam dalam air bebas ion. Lempung hasil interkalasi dicuci beberapa kali dengan air bebas ion dengan menghilangkan ion  $Cl^-$  (sisa HCl dari hasil reaksi). Lempung harus bersih dari ion  $Cl^-$  agar tidak mengganggu struktur lempung ketika proses kalsinasi [11].

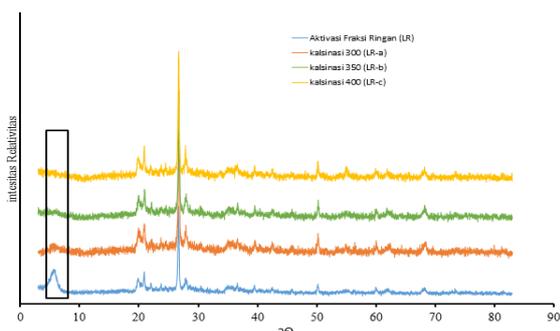
### 3.3. Karakterisasi Basal Spacing Lempung

Hasil pilarisasi dianalisis menggunakan XRD yang diamati dengan adanya pergeseran puncak pada bidang  $d_{001}$  (*basal spacing*), selain itu dari hasil analisis XRD juga dapat diketahui unsur mineral apa saja yang terdapat dalam bentonit. Difraktogram lempung terpillar fraksi berat disajikan pada **gambar 1**. Hasil difraktogram menunjukkan adanya puncak  $2\theta = 5,76^\circ$  pada LB yang merupakan ciri mineral montmorillonite. Puncak yang tajam ditunjukkan pada daerah  $2\theta = 26,6^\circ$  yang menjadi ciri khas mineral kuarsa menurut [rruf.info](http://rruf.info). Difraktogram lempung terpillar fraksi ringan disajikan pada **gambar 2**. Berdasarkan hasil difraktogram terlihat perbedaan dari fraksi ringan teraktivasi dengan fraksi ringan terpillar di daerah  $2\theta < 10^\circ$ . Terdapat puncak  $2\theta = 5,68^\circ$  di LR yang merupakan ciri mineral montmorillonite.

Refleksi puncak yang khas untuk montmorillonit adalah ramping. Namun dari hasil difraktogram kedua fraksi puncak montmorillonit melebar dan intensitasnya lemah. Hal ini mengindikasikan kandungan montmorillonit yang sangat rendah dalam lempung, disamping juga akibat kerusakan struktur montmorillonit akibat proses kalsinasi [12]. Adanya puncak  $2\theta$  tersebut menunjukkan adanya mineral kuarsa yang menjadi mineral penyusun pada fraksi ringan dan fraksi berat lempung terpillar. Hal ini mengindikasikan bahwa lempung alam boyolali tidak murni dan masih tercampur dengan mineral kuarsa. Dari proses fraksinasi yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa belum menghasilkan lempung montmorillonit yang sempurna.



**Gambar 1.** Difraktogram fraksi berat lempung terpillar Al/Cr dengan variasi suhu kalsinasi



**Gambar 2.** Difraktogram fraksi ringan lempung terpillar Al/Cr dengan variasi suhu kalsinasi

Keberhasilan pilarisasi Al/Cr dapat diamati dari adanya pergeseran puncak pada  $2\theta$  (*basal spacing*). Nilai *basal spacing* hasil XRD disajikan pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Nilai *basal spacing* dari masing-masing fraksi ringan dan berat

Sampel	$2\theta$	<i>basal spacing</i>
LB	5,76	15,32
LB-a	5,87	15,04
LB-b	5,74	15,37
LB-c	5,58	15,82
LR	5,68	15,54
LR-a	5,61	15,72
LR-b	5,56	15,88
LR-c	5,52	15,99

Berdasarkan hasil pada **Tabel 1** terlihat adanya peningkatan *basal spacing* pada fraksi berat dan fraksi ringan yang terkalsinasi. Peningkatan *basal spacing* pada fraksi ringan dan berat terpillar karena telah terjadi pemasukan Al/Cr yang memiliki ukuran yang besar ke dalam antar lapis lempung sehingga mengakibatkan *basal spacing* lempung meningkat dan mengindikasikan bahwa proses pemiliran berhasil. Besarnya peningkatan *basal spacing* ditentukan oleh adanya oksida Al ( $Al_2O_3$ ) dan Cr ( $Cr_2O_3$ ) dan menunjukkan pula bahwa terjadi *cation exchange* di mana kation antar lapis lempung tergantikan menjadi Al/Cr oksida [13].

Penurunan nilai *basal spacing* LB terhadap LB-a kemungkinan disebabkan karena kerapatan partikel lebih besar, sehingga suhunya belum mencukupi untuk kalsinasi secara sempurna. Stabilitas lempung terpillar Al/Cr yang terbentuk bisa bertahan hingga suhu  $400^\circ C$ , sehingga memberikan *basal spacing* yang besar.

### 3.4. Adsorpsi Minyak Sisa Pakai

Tujuan dari adsorpsi ini adalah untuk mendapatkan suhu kalsinasi terbaik dilihat dari daya serap terbesar yang akan digunakan dalam proses adsorpsi selanjutnya yaitu untuk uji kualitas minyak. Pengukuran nilai absorbansi filtrat hasil adsorpsi lempung terpillar pada minyak sisa pakai diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada  $\lambda$  430 nm. Data hasil adsorpsi minyak sisa pakai disajikan pada **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Hasil proses adsorpsi pada lempung terpillar fraksi ringan dan fraksi berat

Sampel	Absorbansi Filtrat Minyak Sisa Pakai				Daya Adsorpsi (%)	
	Sebelum Adsorpsi (A)	Setelah Adsorpsi (A)		Fraksi Berat		Fraksi Ringan
		Fraksi Berat	Fraksi Ringan			
Lempung teraktivasi		2,885	2,880	2,03	2,21	
Lempung terpillar suhu $300^\circ C$	2,945	2,875	2,815	2,54	4,41	
Lempung terpillar suhu $350^\circ C$		2,705	2,835	8,14	3,73	
Lempung terpillar suhu $400^\circ C$		2,675	2,760	9,16	6,28	

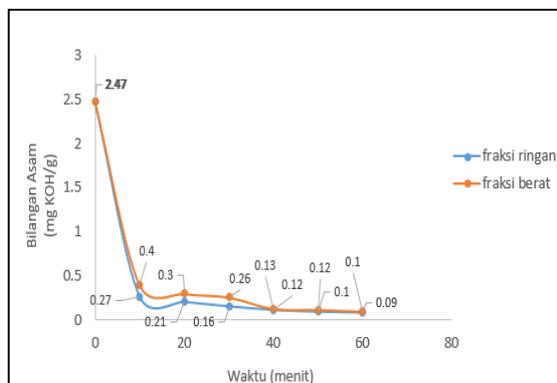
Berdasarkan **Tabel 2**, daya adsorpsi lempung teraktivasi ke lempung terpillar mengalami peningkatan dari masing-masing fraksi. Daya adsorpsi terbaik fraksi ringan dan fraksi berat pada suhu  $400^\circ C$  dengan persentase daya adsorpsi 6,28% (fraksi ringan) dan 9,16% (fraksi berat). Penurunan nilai absorbansi diduga karena meningkatnya nilai *basal spacing* pada suhu kalsinasi lempung terpillar  $400^\circ C$ . Sehingga, dapat disimpulkan bahwa suhu kalsinasi  $400^\circ C$  bukan merupakan suhu optimum lempung terpillar Al/Cr tetapi kemampuan adsorpsi pada suhu kalsinasi  $400^\circ C$  mengalami peningkatan yang paling besar.

### 3.5. Kualitas Minyak

Sampel minyak yang digunakan adalah minyak jelantah (minyak goreng sisa pakai) dan adsorben yang digunakan adalah lempung terpillar Al/Cr dengan suhu kalsinasi  $400^\circ C$

### 3.5.1. Penentuan Bilangan Asam

Nilai bilangan asam minyak sisa pakai setelah adsorpsi dibandingkan dengan standar mutu minyak goreng SNI 01-3741-2013 yaitu maksimal 0,6 mg KOH/g. Hasil bilangan asam pada minyak sisa pakai disajikan pada **Gambar 3**.



**Gambar 3.** Grafik hubungan antara bilangan asam minyak sisa pakai dengan variasi waktu kontak

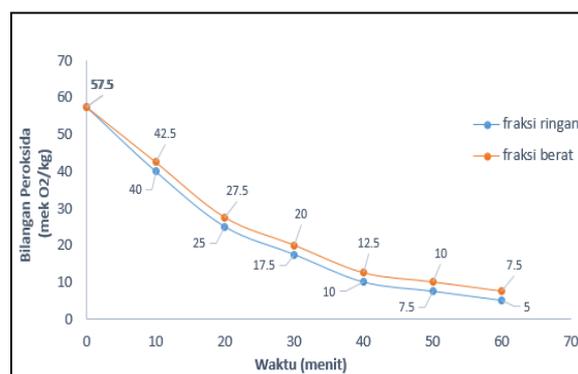
Berdasarkan **Gambar 3** terlihat bahwa bilangan asam mengalami penurunan seiring bertambah waktu kontak adsorpsi. Sebelum adsorpsi, bilangan asam dalam minyak sisa pakai yaitu 2,47 mg KOH/g yang dimana tidak sesuai dengan SNI 01-3741-2013 maksimal 0,6 mg KOH/g. Menurut Sudarmadji dkk [14] semakin besar angka ini berarti kandungan asam lemak bebas semakin tinggi, sementara asam lemak bebas yang terkandung dalam sampel dapat berasal dari proses hidrolisis ataupun karena proses pengolahan yang kurang baik. Makin tinggi bilangan asam maka makin rendah kualitasnya. Minyak sisa pakai yang telah diadsorpsi oleh lempung terpillar Al/Cr fraksi ringan dan fraksi berat mengalami penurunan bilangan asam yang signifikan di setiap variasi waktu kontak, lempung terpillar Al/Cr mampu menurunkan bilangan asam dan semakin lama waktu kontak adsorpsi, maka penurunan bilangan asam semakin meningkat.

### 3.5.2. Penentuan Bilangan Peroksida

Nilai bilangan peroksida minyak sisa pakai setelah adsorpsi dibandingkan dengan standar mutu minyak goreng SNI 01-3741-2013 yaitu maksimal 10 mek O<sub>2</sub>/kg. Hasil bilangan peroksida pada minyak sisa pakai disajikan pada **Gambar 4**.

Berdasarkan hasil **Gambar 4** menunjukkan bahwa bilangan peroksida mengalami penurunan seiring bertambah waktu kontak adsorpsi. Sebelum adsorpsi, bilangan peroksida

pada minyak sisa pakai yaitu 57,5 mek O<sub>2</sub>/kg yang dimana tidak sesuai dengan SNI 01-3741-2013 maksimal 10 mek O<sub>2</sub>/kg. Bilangan peroksida yang tinggi mengindikasikan lemak atau minyak sudah teroksidasi (Aminah dan Isworo, 2010). Minyak sisa pakai yang telah diadsorpsi oleh lempung terpillar Al/Cr fraksi ringan dan fraksi berat mengalami penurunan bilangan peroksida mencapai angka batas aman kandungan peroksida yang diizinkan sesuai dengan SNI 01-3741-2013, sehingga, semakin lama waktu kontak adsorpsi maka kemampuan menurunkan bilangan peroksida makin besar.



**Gambar 4.** Grafik hubungan antara bilangan peroksida minyak sisa pakai dengan variasi waktu kontak

## 4. Kesimpulan

Telah diperoleh lempung terpillar Al/Cr. Pemiliran lempung dapat meningkatkan *basal spacing*. *Basal spacing* yang terbesar dicapai pada suhu kalsinasi 400°C yaitu fraksi ringan 18,84 Å dan fraksi berat 16,53 Å. Kemampuan lempung terpillar Al/Cr untuk adsorpsi minyak sisa pakai memiliki daya serap besar pada suhu kalsinasi 400°C yaitu pada fraksi berat 9,16 % dan fraksi ringan 6,28 %.

Adsorben untuk waktu adsorpsi yang sama yaitu fraksi ringan mempunyai kemampuan menurunkan bilangan asam dan bilangan peroksida lebih besar di banding fraksi berat. Minyak sisa pakai mencapai batas aman bilangan asam pada waktu adsorpsi 10 menit untuk masing-masing fraksi, sedangkan bilangan peroksida pada waktu adsorpsi 40 menit untuk fraksi ringan dan 50 menit untuk fraksi berat.

## Daftar Pustaka

- [1] Kusumastuti, Kinerja Zeolit Dalam Memperbaiki Mutu Minyak Goreng, *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 15, 2, (2004), 141-144.

- [2] Yuliana, Y., J. S. Veronica, Bambang Gunantara, Penggunaan Adsorben untuk Mengurangi Kadar *Free Fatty Acid*, *Peroxide Value* dan Warna Minyak Goreng Bekas, *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 4, 2, (2018), 212-218  
<http://dx.doi.org/10.5614/jtki.2005.4.2.4>
- [3] Boki, Keito, Moriaki Kubo, Tetsuyuki Wada, Takamichi Tamura, Bleaching of Alkali-Refined Vegetable Oils with Clay Minerals, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 69, 3, (1992), 232-236  
<https://doi.org/10.1007/BF02635892>
- [4] Mukasa-Tebandeke, I. Z., P. J. M. Ssebuwufu, S. A. Nyanzi, G. W. Nyakairu, M. Ntale, F. Lugolobi, Andreas Schumann, Adsorption Behavior of Acid-Leached Clays in Bleaching of Oil, *American Journal of Analytical Chemistry*, 06, 06, (2015), 495-512  
<https://doi.org/10.4236/ajac.2015.66049>
- [5] Sianturi, Delfa Bahari, Pengaruh Suhu, Waktu, dan Jumlah Adsorben Bentonit yang Diaktivasi dengan HCL Terhadap Daya Jerap Karoten dan Asam Lemak Bebas dari Crude Palm Oil, (2020).
- [6] Pergher, Sibebe Berenice Castellã, Renato Sprung, Pillarization of A Brazilian Clay with Aluminium Polyhydroxocations: Preparation, Characterization and Catalytic Properties, *Química Nova*, 28, 5, (2005), 777-782 <https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000500008>
- [7] Ding, Menglin, Shufeng Zuo, Chenze Qi, Preparation and Characterization of Novel Composite AlCr-Pillared Clays and Preliminary Investigation for Benzene Adsorption, *Applied Clay Science*, 115, (2015),9-16  
<https://doi.org/10.1016/j.clay.2015.07.020>
- [8] Hymore, FK, Effects of Some Additives on The Performance of Acid-Activated Clays in The Bleaching of Palm Oil, *Applied clay science*, 10, 5, (1996), 379-385  
[https://doi.org/10.1016/0169-1317\(95\)00034-8](https://doi.org/10.1016/0169-1317(95)00034-8)
- [9] Moore, Lesley E. Smart Elaine A., *Solid State Chemistry*, Third ed., CRC Press Taylor & Francis Group, United States, 2005,
- [10] Moraru, O Mokrousova V, The Effect of Montmorillonite Modification by Cr(III)-Compounds on Its Microcrystalline Structure and Electrosurface Properties *Scientific Annals, School of Geology, Aristotle University of Thessaloniki Proceedings of the XIX CBGA Congress, Thessaloniki, Greece*, 99, (2010), 281-287
- [11] Darmawan, Adi, Ahmad Suseno, Slamet Agus Purnomo, Sintesis Lempung Terpillar Titania, *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 8, 3,(2005),61-68  
<https://doi.org/10.14710/jksa.8.3.61-68>
- [12] Widihati, Ida Ayu Gede, *Sintesis Lempung Montmorillonit Terpillar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan Kajian Sifat-Sifat Fisiknya*, [Yogyakarta]: Universitas Gadjah Mada, 2002.
- [13] Li, Yuan, Xiaojiao Cai, Jingwei Guo, Shimin Zhou, Ping Na, Fe/Ti Co-Pillared Clay for Enhanced Arsenite Removal and Photo Oxidation Under UV Irradiation, *Applied Surface Science*, 324, (2015), 179-187  
<https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2014.10.111>
- [14] Sudarmaji, Slamet, Bambang Haryono, Suhardi, *Prosedur analisa untuk bahan makanan dan pertanian*, liberty, 1984.