



PEMANFAATAN BENTONIT TERAKTIVASI ASAM KLORIDA UNTUK PENGOLAHAN MINYAK GORENG BEKAS

Rizky Nurarief Anwar*), Wisnu Sunarto dan Ella Kusumastuti

Jurusan Kimia, FMIPA Universitas Negeri Semarang

Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima September 2016
Disetujui Oktober 2016
Dipublikasikan November 2016

Kata Kunci:
adsorpsi
aktivasi
bentonit
HCl
minyak goreng bekas

Abstrak

Minyak goreng yang telah digunakan akan mengalami kerusakan, karena proses hidrolisis, oksidasi dan polimerisasi yang menghasilkan senyawa-senyawa alkohol, asam lemak bebas, peroksida, aldehid dan keton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar efektivitas bentonit teraktivasi HCl 1 M digunakan untuk meningkatkan kualitas minyak goreng bekas dengan metode adsorpsi. Variasi yang digunakan yaitu rasio massa bentonit : volume minyak goreng bekas 1,25:50; 2,5:50; 3,75:50; 5:50; 7,5:50; 10:50; 15:50; 20:50 dan 25:50 gram : mL dan waktu kontak 10, 20, 30, 40, 50, 60 dan 70 menit. Hasil penelitian menunjukkan kondisi optimum dicapai pada massa bentonit : volume minyak goreng bekas dan waktu kontak yaitu 15 : 50 dan 30 menit. Angka asam menurun dari 1,0941 menjadi 0,2626 mgKOH/g dengan % penurunan 75,99%, kemudian angka peroksida menurun dari 11,8643 menjadi 1,6478 meq/Kg dengan % penurunan 86,11% dan kadar air menurun dari 1,39% (b/b) menjadi 0,13% (b/b) dengan % penurunan 90,98%.

Abstract

Cooking oil that has been used, it will be damaged, because the process of hydrolysis, oxidation and polymerization that produces alcohols compound, free fatty acids, peroxides, aldehydes and ketones. This study has purpose to determine how much the effectiveness of activated bentonite of HCl 1 M that is used to improve the quality of the used cooking oil by adsorption method. The variation that used is about the ratio of the bentonite mass : the volume of used cooking : 1.25:50, 2.5:50, 3.75:50, 5:50, 7.5:50, 10:50, 15:50, 20:50 and 25:50 g: mL and contact time are 10, 20, 30, 40, 50, 60 and 70 minutes. The results of study showed that the optimum condition that achieved on the mass of bentonite: the volume of used cooking and contact time about 15 : 50 and 30 minutes. The acid number decreased from 1.0941 to 0.2626 mg KOH/g, % with the reduction about 75.99%, then the peroxide value decreased from 11.8643 to 1.6478 meq/Kg, % with the reduction about 86.11% and water content decreases from 1.39% (w/w) to 0.13% (w/w) with the reduction about 90.98% decline.

Pendahuluan

Minyak goreng merupakan salah satu kebutuhan pokok yang digunakan sebagai pengolah bahan-bahan makanan. Selain memberikan nilai kalori paling besar diantara zat gizi lainnya juga dapat memberikan rasa gurih, tekstur dan penampakan bahan pangan menjadi lebih menarik, serta permukaan yang kering (Winarno; 1997). Penggunaan minyak goreng secara berulang-ulang akan menurunkan kualitasnya yang ditandai dengan perubahan warna menjadi gelap, aroma menjadi kurang enak, kadar asam lemak bebas dan bilangan peroksida yang tinggi (Kusumastuti; 2004). Minyak mengalami perubahan kimia seperti proses hidrolisis, oksidasi, dan polimerisasi sehingga akan menyebabkan keracunan dalam tubuh dan berbagai macam penyakit, seperti diare, pengendapan lemak dalam pembuluh darah, dan kanker (Ketaren; 1986).

Perubahan (kerusakan) dalam minyak goreng akan membahayakan kesehatan konsumen. Oleh karena itu pemurnian minyak goreng bekas perlu diupayakan dengan tujuan penghematan namun tidak membahayakan kesehatan serta mudah dilakukan. Upaya pengolahan minyak jelantah (minyak goreng bekas) dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya dengan cara adsorpsi.

Adsorpsi merupakan terakumulasinya partikel pada permukaan suatu zat lain. Partikel yang terakumulasi disebut adsorbat dan material yang mengadsorpsi disebut adsorben (Atkins; 1999). Menurut Eren dan Afsin (2007) bentonit dapat digunakan sebagai adsorben alternatif, karena biaya yang murah, melimpah di alam. Keuntungan lainnya bentonit terdiri dari 85% *montmorillonit*, penyusunnya silika dan alumina, dengan kandungan lain yaitu Fe, Mg, Ca, Na, Ti, dan K (Gillson; 1960). Bentonit memiliki sifat penukar ion, luas permukaan yang besar sehingga memungkinkan penggunaannya sebagai adsorben. Sifat-sifat tersebut menjadikan bentonit cocok dimanfaatkan sebagai adsorben dibandingkan dengan zeolit dan arang aktif.

Jika bentonit tidak dimodifikasi terlebih dahulu, akan memberikan hasil yang kurang maksimal sebagai aplikasi adsorben. Hal ini disebabkan karena pada permukaan dan pori-pori bentonit masih kotor sehingga perlu dibersihkan untuk memaksimalkan daya adsorpsinya. Kelemahan tersebut dapat diatasi melalui proses aktivasi menggunakan asam, sehingga dihasilkan bentonit dengan kemampuan adsorpsi yang lebih tinggi. Aktivasi bentonit

menggunakan larutan asam akan menghasilkan bentonit dengan situs aktif yang lebih besar karena larutan asam mineral tersebut larut dan bereaksi dengan komponen berupa tar, garam Ca dan Mg yang menutupi pori-pori adsorben. Bentonit juga memiliki keasamaan permukaan yang tinggi, yang mengakibatkan kemampuan adsorpsi menjadi lebih tinggi dibandingkan sebelum diaktivasi (Komandell; 2003).

Nufida, *et al.* (2014), melakukan penelitian lempung yang diaktivasi asam klorida dengan variasi konsentrasi yaitu 0,5; 1,0 dan 1,5 M untuk pemurnian minyak goreng bekas. Pada konsentrasi 1,0 M adalah hasil terbaik yang mampu menurunkan kadar air 89,13%, kenaikan titik asap 18,52%, penurunan bilangan asam 44,12% dan penurunan bilangan peroksida 60,52%.

Pada penelitian ini mengkaji mengenai aktivasi bentonit menggunakan asam klorida 1 M untuk mengadsorpsi minyak goreng bekas dengan variasi rasio massa bentonit : volume minyak goreng bekas dan variasi waktu kontak. Analisis hasil adsorpsi meliputi angka asam, angka peroksida, kadar air dan analisis luas permukaan bentonit sebelum diaktivasi dan sesudah aktivasi.

Metode Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: ayakan 100 *mesh*, *surface area analyzer (SAA) Quantachrome 1200e*. Bahan-bahan yang digunakan bentonit, minyak goreng bekas, asam klorida, indikator phenolphthalein, indikator kalium iodida, etanol, kalium hidroksida, asam sulfat, kloroform, natrium tiosulfat, amilum dengan *grade pro analyst* buatan *Merck*.

Preparasi bentonit dilakukan dengan digerus dan diayak sehingga diperoleh butiran bentonit dengan ukuran 100 *mesh*. Serbuk bentonit tersebut kemudian dicuci dengan air untuk menghilangkan pengotor yang melekat hingga bersih, terakhir dibilas dengan akuades lalu disaring dengan kertas saring. Selanjutnya bentonit tersebut dikeringkan dengan oven pada suhu 120°C selama 24 jam (Nufida, *et al.*; 2014).

Sebanyak 150 g bentonit dimasukkan ke dalam gelas beker 1000 mL, kemudian ditambahkan 750 mL larutan HCl 1,0 M sambil diaduk dengan *magnetic stirrer*. Proses aktivasi dilakukan selama 24 jam, kemudian disaring dan residu yang didapat dicuci dengan akuades panas sampai pH netral, dikeringkan dalam oven pada suhu 120°C selama 24 jam. Selanjutnya setelah kering, bentonit yang telah

diaktivasi dengan asam tersebut disimpan dalam desikator (Nufida, *et al.*; 2014). Hasil akhir akan dikarakterisasi dengan SAA.

Bentonit hasil aktivasi ditimbang dan ditambahkan minyak goreng bekas masing-masing dengan rasio 1,25:50; 2,5:50; 3,75:50; 5:50; 7,5:50; 10:50; 15:50; 20:50 dan 25:50 g bentonit : mL minyak goreng bekas yang dimasukkan dalam erlenmeyer 250 mL. Kemudian diaduk selama waktu 30 menit dengan menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu ruangan lalu disaring. Analisis hasil percobaan meliputi, bilangan asam yang diukur dengan metode titrasi asam-basa, bilangan peroksida dengan metode iodometri, dan kadar air dengan metode oven terbuka.

Bentonit dan minyak dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL dengan berat : volume optimum. Kemudian diaduk pada suhu ruangan dengan variasi waktu 10, 20, 30, 40, 50, 60 dan 70 menit dengan menggunakan *magnetic stirrer* lalu disaring. Analisis hasil percobaan meliputi parameter bilangan asam yang diukur dengan metode titrasi asam-basa, bilangan peroksida dengan metode iodometri, dan kadar air dengan metode oven terbuka.

Hasil dan Pembahasan

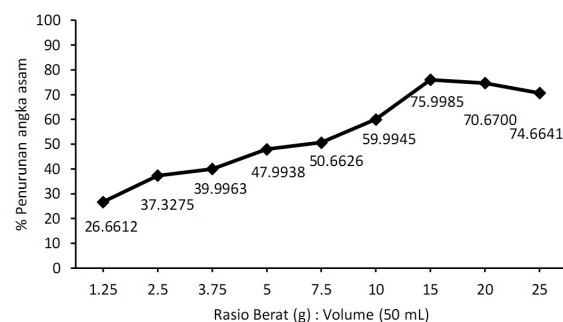
Hasil analisis bentonit alam sebelum dan sesudah diaktivasi dengan asam klorida 1 M dianalisis luas permukaan menggunakan SAA. Hasil luas permukaan bentonit dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran luas permukaan spesifik bentonit dengan SAA

Sampel	Luas permukaan (m ² /g)
Bentonit tanpa aktivasi	100,588
Bentonit teraktivasi	102,200

Data hasil luas permukaan bentonit dapat dilihat Tabel 1. luas permukaan bentonit alam dan bentonit teraktivasi hanya naik 1,58%. Bentonit alam diaktivasi dengan asam klorida 1 M bertujuan untuk membersihkan pengotor-pengotor sehingga pori-pori lebih terbuka dan bersih, selain itu aktivasi dengan HCl mengakibatkan terjadinya pertukaran kation dan garam mineral (Al³⁺, Fe³⁺, Mg²⁺) pada lapisan interlayer bentonit dengan ion H⁺ dari asam, kemudian diikuti dengan pelarutan ion Al³⁺ dan ion logam lainnya. Pelarutan Al³⁺ dapat menaikkan perbandingan SiO₂ dan Al₂O₃ dari (2-3):1 menjadi (5-6):1 (Ketaren; 1986). Semakin besar rasio jumlah SiO₂ pada adsorben, akan meningkatkan jumlah gugus Si-OH

(silanol) pada permukaan adsorben (Supeno; 2007). Hasil analisis angka asam dari variasi rasio massa bentonit : volume minyak goreng bekas dapat dilihat pada Gambar 1.



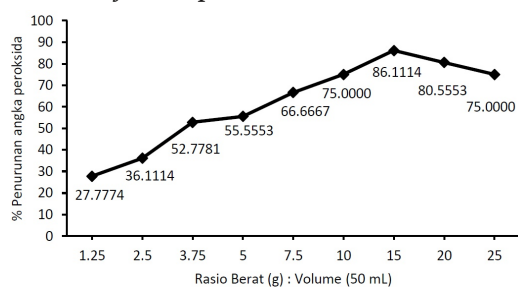
Gambar 1. Prosentase penurunan angka asam dengan variasi rasio massa bentonit : volume minyak goreng bekas

Gambar 1. didapatkan hasil mulai titik 1 hingga titik ke 7 mengalami peningkatan jumlah % penurunan angka asam, dari 26,66% menjadi 75,99%, tetapi pada titik ke 8 dan ke 9 mengalami penurunan jumlah % penurunan angka asam 74,66% dan 70,67%, sehingga titik ke 7 adalah titik optimum dengan rasio 15 g : 50 mL. Titik ke 7 mampu menurunkan angka asam dari 1,0941 mg KOH/g menjadi 0,2626 mg KOH/g dengan % penurunan 75,99% dan sudah memenuhi standar mutu angka asam menurut SNI tahun 2013 yaitu maksimal 0,6 mg KOH/g.

Kenaikkan jumlah % penurunan terjadi karena kemampuan bentonit aktif dalam menyerap komponen asam lemak bebas pada minyak goreng bekas disebabkan oleh adanya gugus silanol (Si-OH) yang terbentuk dari senyawa SiO₂ dalam bentonit pada saat aktivasi asam (Tanjaya; 2006, Rahayu & Purnavita; 2014). Atom oksigen pada gugus silanol akan berikatan hidrogen dengan atom hidrogen pada gugus karboksilat dari asam lemak bebas sehingga molekul asam lemak bebas dapat teradsorpsi pada permukaan adsorben (Mansur & Nascimento; 2008). Penurunan pada titik 8 dan 9 terjadi karena selama proses adsorpsi dapat terjadi reaksi hidrolisis minyak dengan katalis asam yang mengakibatkan meningkatnya kadar asam lemak bebas. Tingkat hidrolisis yang terjadi selama proses adsorpsi tergantung pada keasaman aktivasi bentonit yang digunakan. Penggunaan bentonit yang diaktivasi dengan asam akan mempercepat proses hidrolisis minyak, sehingga minyak terurai menjadi asam lemak bebas (Omar, *et al.*; 2003).

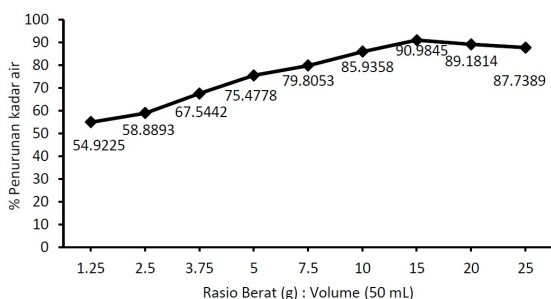
Hasil analisis angka peroksida dari variasi rasio massa bentonit : volume minyak goreng

bekas ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Prosentase penurunan angka peroksida dengan variasi rasio massa bentonit : volume minyak goreng bekas

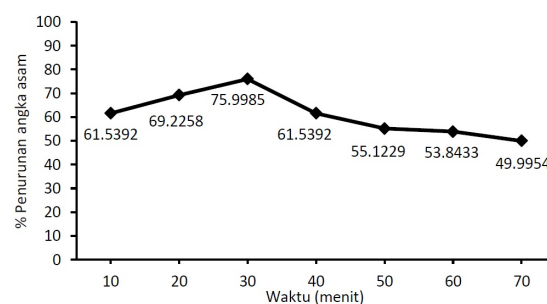
Gambar 2. didapatkan hasil mulai titik 1 hingga titik 7 mengalami peningkatan jumlah % penurunan angka peroksida, dari 27,78% menjadi 86,11% tetapi pada titik 8 dan 9 mengalami penurunan jumlah % penurunan angka peroksida 80,56% dan 75,00%, sehingga titik ke 7 adalah titik optimum dengan rasio 15 g : 50 mL mampu menurunkan angka peroksida dari 11,8643 meq/Kg menjadi 1,6478 meq/Kg dengan % penurunan 86,11% dan sudah memenuhi standar mutu angka asam menurut SNI tahun 2013 yaitu maksimal 10 meq/Kg. Kenaikan jumlah % penurunan angka peroksida terjadi karena kemampuan serap komponen peroksida dalam minyak jelantah oleh bentonit aktif disebabkan oleh gugus silanol yang terbentuk dari senyawa SiO_2 dalam bentonit pada saat aktivasi asam (Tanjaya; 2006). Atom oksigen pada gugus silanol akan berikatan hidrogen dengan atom hidrogen dari gugus peroksida sehingga molekul peroksida dapat teradsorpsi pada permukaan adsorben (Mansur & Nascimento; 2008). Penurunan titik ke 8 dan 9 karena pada proses adsorpsi senyawa peroksida mengalami reaksi dengan oksigen pada ikatan rangkap dan terjadi reaksi berantai yang terus menerus menyediakan radikal bebas yang menghasilkan peroksida lebih lanjut (Gunawan, *et al.*; 2003).



Gambar 3. Prosentase penurunan kadar air dengan variasi rasio massa bentonit : volume minyak goreng bekas

Gambar 3. pada titik 1 sampai titik 7 kadar air dalam minyak dapat mengalami peningkatan

dalam % penurunan dari 54,92% menjadi 90,98% tetapi pada titik 8 dan 9 mengalami penurunan dalam % penurunan 89,18% dan 87,74%. Pada titik ke 7 adalah titik optimum dengan rasio 15 g : 50 mL mampu menurunkan kadar air dari 1,39% (b/b) menjadi 0,13% (b/b) dengan % penurunan 90,98% dan sudah memenuhi standar mutu kadar air menurut SNI tahun 2013 yaitu maksimal 0,15% (b/b). Air pada minyak akan diserap oleh bentonit karena bentonit mengandung *montmorillonite* yang mempunyai kemampuan mengembang (*swelling*) akibat menyerap air (Grimm; 1968). Pada titik ke 8 dan 9 mengalami penurunan yang tidak signifikan, kadar air bertambah karena air yang dari bentonit mengalami pelepasan saat proses adsorpsi.

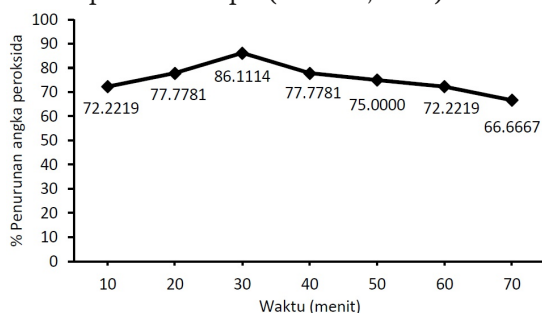


Gambar 4. Prosentase penurunan angka asam dengan variasi waktu kontak adsorpsi

Gambar 4. menunjukkan grafik peningkatan jumlah % penurunan angka asam sampai waktu kontak 30 menit dengan % penurunan 75,99% tetapi pada waktu kontak 40 menit sudah mengalami penurunan jumlah % penurunan dengan 61,54% Peristiwa ini terjadi karena adanya desorpsi, dimana adsorbat yang sudah terserap pada permukaan bentonit terlepas kembali karena bentonit sudah keadaan jenuh dan dipengaruhi lamanya waktu interaksi selama proses adsorpsi (Ketaren; 1986). Nilai bilangan asam yang diperoleh juga dipengaruhi oleh perubahan keasaman yang terjadi pada adsorbat. Perubahan keasaman adsorbat ini dikarenakan masuknya ion-ion lain seperti (Al^{3+} , Fe^{3+} , Mg^{2+}) pada minyak goreng curah. Pelepasan ion ini dikarenakan proses pengadukan saat adsorpsi, karena senyawa yang berikatan ionik pada bentonit akan mudah terlepas (Sari, *et al.*; 2015). Jadi pada waktu kontak 30 menit adalah waktu optimum bentonit untuk menurunkan angka asam pada minyak goreng bekas.

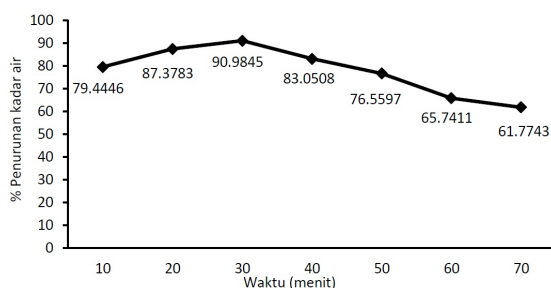
Gambar 5. menunjukkan grafik peningkatan jumlah % penurunan angka peroksida sampai waktu kontak 30 menit dengan % penurunan 86,11% tetapi pada waktu kontak 40

menit sudah mengalami penurunan jumlah % penurunan dengan 77,78%. Peristiwa ini terjadi karena adanya desorpsi, dimana adsorbat yang sudah terserap pada permukaan serbuk bentonit terlepas kembali karena bentonit keadaan jenuh dan dipengaruhi lamanya waktu interaksi selama proses adsorpsi (Ketaren; 1986).



Gambar 5. Prosentase penurunan angka peroksida dengan variasi waktu kontak adsorpsi

Hasil analisis kadar air dari variasi waktu ditunjukkan pada Gambar 6.



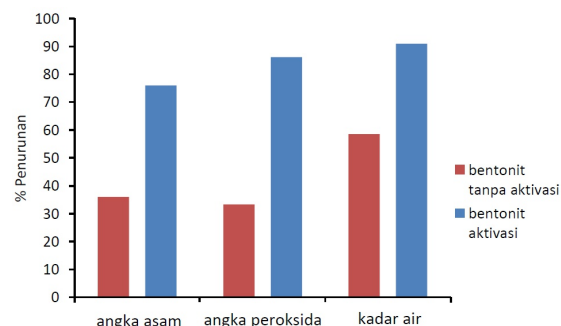
Gambar 6. Prosentase penurunan kadar air dengan variasi waktu kontak adsorpsi

Gambar 6. menunjukkan grafik peningkatan jumlah % penurunan kadar air sampai waktu kontak 30 menit dengan % penurunan 90,98% tetapi pada waktu kontak 40 menit sudah mengalami penurunan jumlah % penurunan dengan 83,05%. Peristiwa ini terjadi karena air yang berasal dari bentonit mengalami pelepasan saat adsorpsi. Jadi pada waktu kontak 30 menit adalah waktu optimum bentonit untuk menurunkan kadar air pada minyak goreng bekas.

Bentonit alam sebelum dan sesudah diaktivasi asam klorida 1 M digunakan untuk mengadsorpsi minyak goreng bekas dengan massa bentonit 15 g : volume minyak goreng bekas 50 mL dengan waktu kontak adsorpsi 30 menit. Hasil adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 7.

Bentonit yang tidak diaktivasi mengadsorpsi minyak goreng bekas dengan rasio dan waktu kontak yang sama yakni 15 g bentonit : 50 mL minyak goreng bekas dan 30 menit. Bentonit yang tidak diaktivasi mampu menurunkan angka asam dari 1,0881 mg KOH/g

menjadi 0,7003 mg KOH/g dengan % penurunan 35,64%, menurunkan angka peroksida dari 11,7903 meq/Kg menjadi 7,9096 meq/Kg dengan % penurunan 32,91% dan menurunkan kadar air dari 1,38% (b/b) menjadi 0,58% (b/b) dengan % penurunan 58,35%.



Gambar 7. Adsorpsi minyak goreng bekas menggunakan bentonit alam sebelum dan sesudah aktivasi

Bentonit yang diaktivasi asam klorida mampu menurunkan angka asam, angka peroksida dan kadar air cukup signifikan dibandingkan dengan bentonit yang tidak diaktivasi. Mengingat luas permukaan bentonit yang tidak diaktivasi dengan bentonit teraktivasi hanya naik 1,58% dari 100,588 m²/g menjadi 102,200 m²/g. Hal ini disebabkan karena bentonit yang sudah diaktivasi asam klorida mempunyai kandungan gugus silanol (Si-OH) lebih banyak, kotoran-kotoran pada permukaan bentonit yang sudah hilang dan daya serap yang tinggi dibandingkan dengan bentonit alam yang masih ada pengotornya dan kandungan silanol yang masih sedikit, walaupun bentonit aktivasi dan bentonit alam mempunyai luas permukaan yang sama.

Simpulan

Bentonit teraktivasi mempunyai luas permukaan 102,00 m²/g dan bentonit alam 100,588 m²/g. Hasil analisis minyak goreng bekas menunjukkan kondisi optimum dicapai pada massa bentonit : volume minyak goreng bekas dan waktu kontak yaitu 15 g : 50 mL dan 30 menit. Angka asam menurun dari 1,0941 mg KOH/g menjadi 0,2626 mg KOH/g dengan % penurunan 75,99%, kemudian angka peroksida menurun dari 11,8643 meq/Kg menjadi 1,6478 meq/Kg dengan % penurunan 86,11% dan kadar air menurun dari 1,39% (b/b) menjadi 0,13% (b/b) dengan % penurunan 90,98%. Bentonit yang teraktivasi asam klorida 1 M mampu menurunkan angka asam, angka peroksida dan kadar air sesuai dengan standar mutu minyak goreng menurut SNI.

Daftar Pustaka

- Atkins, P.W. 1999. *Kimia Fisika jilid I*. Irma I Kartohadiprojo, penerjemah; Rohhadyan T, Hadiyana K, editor. Jakarta: Erlangga. Terjemahan dari: Physical Chemistry
- Eren, B. & Afsin, B. 2007. An Investigation of Cu(II) Adsorption by Raw and Acid Activated Bentonite: A Combined Potentiometric, Thermodynamic, XRD, IR, DTA Study. *Journal of Hazardous Material*, 151: 682- 691
- Gillson. 1960. *Aktivasi Bentonit dengan Limbah Sulfat*. Serpong: Institut Teknologi Indonesia
- Gunawan, Mujdi T.M.A., & Arianti, R. 2003. Analisis Pangan Penentuan Angka Peroksida dan Asam Lemak Bebas pada Minyak Kedelai dengan Variasi Menggoreng. *JSKA*, (VI) 3
- Grimm, R.E. 1968. *Clay Mineralogy (2nd Ed)*. New York: McGraw-Hill Book Company
- Ketaren, S. 1986. *Pengantar Teknologi Minyak dari Lemak Pangan*. Jakarta: UI Press
- Komandell. 2003. Chemically Modified Smectites. *Slovak Academy of Sciences*. Slovakia
- Kusumastuti. 2004. Kinerja Zeolit dalam Memperbaiki Mutu Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 15(2): 141-144
- Mansur, A.A.P. & Nascimento, O.L. 2008. Chemical Functionalization of Ceramic Tile Surfaces by Silane Coupling Agents: Polymer Modified Mortar Adhesion Mechanism Implications. *Materials Research*, 11(3): 293-302
- Nufida, B.A., Kurnia, N. & Kurniasih, Y. 2014. Aktivasi Tanah Liat dari Tanak Awu Secara Asam dan Penggunaannya sebagai Adsorben untuk Pemurnian Minyak Goreng Bekas. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Surabaya. 103-110
- Omar, S., Gisgis, B. & Taha, F. 2003. Carbonaceous Material from Hull for Bleaching of Vegetable Oils. *Food Research International*, 36: 11-17
- Prasetya, W.D. 2004. Pengaruh Perlakuan Asam Fosfat dan Pemanasan terhadap Karakteristik Lempung Na-montmorillonit. *Tugas Akhir II*. Semarang: Universitas Negeri Semarang
- Rahayu, L.H. & Purnavita, S. 2014. Regenerasi Minyak Jelantah secara Adsorpsi Menggunakan Ampas Pati Aren dan Bentonit pada Berbagai Variasi Rasio Adsorben. *Prosiding Seminar Nasional Hasil-hasil Penelitian dan Pengabdian*. ISBN 978-602-18809-1-3. Semarang: Unimus. 41-46
- Sari, M., Akmal, M. & Halida, S. 2015. Pemanfaatan Lempung Desa Gema Teraktivasi H₂SO₄ untuk Peningkatan Mutu Minyak Goreng Curah. *JOM FMIPA*. 2(1)
- Supeno, M. 2007. Bentonit Alam Terpilar sebagai Material Katalis/Co-katalis Pembuatan Gas Hidrogen dan Oksigen dari Air. *Disertasi*. Medan: USU
- Tanjaya, A., Sudono, Indraswati, N. & Ismadji. 2006. Aktivasi Bentonit Alam Pacitan sebagai Bahan Penyerap Pada Proses Pemurnian Minyak Sawit. *Jurnal Teknik Kimia*, 5(2): 429-434
- Winarno, F.G. 1997. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama