
PENGGUNAAN ADSORBEN UNTUK MENGURANGI KADAR *FREE FATTY ACID*, *PEROXIDE VALUE* DAN WARNA MINYAK GORENG BEKAS

Yuliana, Verónica J.S., Nani Indraswati, Bambang Gunantara

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik,

Universitas Widya Mandala

Jl. Kalijudan 37, Surabaya

Email : nani@mail.wima.ac.id

Naskah diterima 20 Juli 2005, dinilai 2 Agustus 2005, dan disetujui 22 Agustus 2005

Abstrak

Pada penelitian ini dipelajari kemampuan kalsium silikat, magnesium silikat, karbon aktif dan bentonit sebagai adsorben untuk menurunkan kadar asam lemak bebas (FFA), bilangan peroksida (PV), dan warna gelap minyak goreng bekas. Pengolahan dengan adsorben ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas minyak goreng bekas sehingga umur pemakaian minyak goreng dapat diperpanjang. Minyak goreng bekas dan adsorben diaduk pada suhu konstan 150°C selama 1 jam dengan variasi konsentrasi dan jenis adsorben. Setelah itu minyak goreng disaring dengan vakum dan diamati perubahan kadar FFA, PV, dan warna yang terjadi. Kalsium silikat, magnesium silikat, karbon aktif dan bentonit dapat berfungsi sebagai adsorben yang baik untuk mengurangi kadar FFA, PV dan warna minyak goreng bekas. Kalsium silikat lebih efektif untuk penurunan kadar FFA dan PV daripada ketiga adsorben yang lain. Karbon aktif dan magnesium silikat menunjukkan kemampuan mereduksi warna gelap minyak yang relatif hampir sama, tetapi lebih baik daripada kalsium silikat dan bentonit.

Kata Kunci : Minyak Goreng, Adsorben, FFA, PV, Warna

Abstract

This research was carried out to examine the ability of calcium silicate, magnesium silicate, activated carbon and bentonite as adsorbent to decrease the FFA content, PV and dark color intensity of used frying oil. Adsorbent treatment may improve the quality and extend the frying life of used frying oil. A mixture of used frying oil and certain adsorbent were agitated at constant temperature 150°C for 1 hour. Four adsorbents were used at various concentrations. Subsequently, the oil was filtered by vacuum filtration. The changes in FFA content, PV and color intensity were observed. Calcium silicate, magnesium silicate, activated carbon and bentonite could be used as a good adsorbent to reduce the FFA content, PV and dark color intensity of the used frying oil. Calcium silicate was more effective than the other adsorbents in reducing the FFA content and PV of the oil. Activated carbon and magnesium silicate showed about the same ability in removing dark color components, and its ability is better than calcium silicate and bentonite.

Keywords: Vegetable Oil, Adsorbents, FFA, PV, Color

1. Pendahuluan

Sebagian besar dari produksi minyak nabati di seluruh dunia dewasa ini digunakan sebagai minyak goreng di berbagai industri pangan, rumah tangga, dan juga restoran (Maskan, 2003; Miyagi dkk., 2001). Dalam proses penggorengan, minyak goreng berperan sebagai media untuk perpindahan panas yang cepat dan merata pada permukaan bahan yang digoreng (Maskan, 2003).

Penggunaan minyak goreng secara kontinyu dan berulang-ulang pada suhu tinggi (160-180°C) disertai adanya kontak dengan udara dan air pada proses penggorengan akan mengakibatkan terjadinya reaksi degradasi yang kompleks dalam minyak dan menghasilkan berbagai senyawa hasil reaksi. Minyak goreng juga mengalami perubahan warna dari kuning menjadi warna gelap. Reaksi degradasi ini menurunkan kualitas minyak dan akhirnya minyak tidak dapat dipakai lagi dan harus dibuang (Maskan, 2003). Produk reaksi degradasi yang terdapat dalam minyak goreng ini juga akan menurunkan kualitas bahan pangan yang digoreng dan menimbulkan pengaruh buruk bagi kesehatan (Lee, 2002).

Upaya untuk menghasilkan bahan pangan yang berkualitas serta pertimbangan dari segi ekonomi terutama untuk skala industri, memacu minat penelitian untuk pemurnian minyak goreng bekas agar minyak dapat dipakai kembali tanpa mengurangi kualitas bahan yang digoreng. Pemurnian minyak goreng bekas merupakan pemisahan produk reaksi degradasi dari minyak. Beberapa cara dapat dilakukan untuk pemurnian minyak goreng bekas, yaitu proses pemisahan dengan membran (Miyagi, 2001), ekstraksi menggunakan fluida superkritis (Yoon dkk., 2000) dan pemurnian dengan menggunakan berbagai jenis adsorben (Maskan dan Bagci, 2003; Maskan 2001; Lin dkk., 2001; 1998). Proses pemurnian dengan membran atau ekstraksi menggunakan fluida superkritis membutuhkan investasi dan biaya operasi yang relatif lebih tinggi daripada proses adsorpsi menggunakan adsorben. Pemurnian minyak goreng bekas dengan adsorben merupakan proses yang sederhana dan efisien (Maskan dan Bagci, 2003).

Beberapa peneliti terdahulu telah melakukan penelitian pemurnian minyak goreng bekas dengan menggunakan berbagai adsorben. Maskan dkk. (2003, 2001) melakukan pemurnian minyak goreng bekas dari biji bunga matahari dengan adsorben CaO, MgO, MgCO₃, *activated charcoal*, bentonit, magnesium silikat (florisil) dan *pekmez earth*; Lin dkk. (2001) menggunakan kombinasi adsorben untuk pemurnian minyak goreng bekas dari kedelai.

Pada penelitian ini dipelajari kemampuan adsorben kalsium silikat, magnesium silikat, karbon aktif dan bentonit untuk menurunkan kadar asam lemak bebas atau *Free Fatty Acids* (FFA), *Peroxide Value* (PV), dan warna minyak goreng bekas dari minyak kelapa sawit. Pengolahan dengan adsorben diharapkan dapat memperpanjang *frying life* minyak goreng tanpa membahayakan kesehatan dan merusak kualitas makanan yang digoreng.

2. Fundamental

Selama proses penggorengan minyak mengalami reaksi degradasi yang disebabkan oleh panas, udara dan air, sehingga terjadinya oksidasi, hidrolisis dan polimerisasi (Miyagi dkk., 2001; Lee, 2002). Reaksi oksidasi juga dapat terjadi selama masa penyimpanan (Lee, 2002).

Reaksi oksidasi merupakan penyebab utama perubahan citarasa dan bau yang disebut *oxidative rancidity*. Oksidasi dapat terjadi melalui dua jenis mekanisme, yaitu auto-oksidasi dan foto-oksidasi. Reaksi auto-oksidasi melibatkan pembentukan radikal bebas yang sangat tidak stabil, yang merupakan inisiator terjadinya reaksi rantai (Azeredo, 2004). Pada reaksi foto-oksidasi, terjadi interaksi antara ikatan rangkap minyak dan radikal oksigen bebas yang sangat reaktif. Kedua jenis reaksi oksidasi ini menghasilkan produk reaksi primer, yaitu hidroperoksida, yang sangat tidak stabil. Senyawa ini bukan penyebab terjadinya perubahan rasa dan bau yang berkaitan dengan *oxidative rancidity*. Namun karena sifatnya yang tidak stabil, hidroperoksida akan segera terdekomposisi dan menghasilkan produk reaksi sekunder, misalnya senyawa aldehid, yang merupakan penyebab adanya *oxidative rancidity* (Hamm, 2000; Azeredo, 2004). Besarnya tingkat oksidasi minyak dapat dinyatakan dengan perubahan *peroxide value* (Lawson, 1985).

Oksidasi juga menyebabkan warna minyak menjadi gelap, tetapi mekanisme terjadinya komponen yang menyebabkan warna gelap ini masih belum sepenuhnya diketahui (Moreira, 1999; Maskan, 2003). Diprediksikan bahwa senyawa berwarna pada bahan yang digoreng terlarut dalam minyak dan menyebabkan terbentuknya warna gelap. Komponen bahan yang digoreng juga berinteraksi dengan minyak atau senyawa-senyawa produk reaksi degradasi dalam minyak membentuk senyawa berwarna, seperti misalnya produk reaksi *Maillard browning*. Oleh karena itu warna dapat dipakai sebagai salah satu kriteria kualitas minyak (Maskan, 2003).

Selama dipanaskan minyak juga mengalami reaksi polimerisasi sehingga menjadi semakin kental serta berbuih (Moreira, 1999). Hal

ini juga dapat disebabkan oleh reaksi oksidasi, hidrolisis dan isomerisasi. Dalam minyak yang kental, laju perpindahan panas akan berkurang, sehingga dibutuhkan waktu yang lebih lama untuk menggoreng dan absorpsi minyak meningkat (Maskan, 2003).

Reaksi hidrolisis terjadi akibat interaksi antara air dengan lemak yang menyebabkan putusnya beberapa asam lemak dari minyak, menghasilkan FFA dan gliserol (Lawson, 1985). FFA mudah mengalami oksidasi dan mengalami dekomposisi lebih lanjut melalui reaksi radikal bebas. (Lin dkk., 2001).

3. Metodologi

Pada percobaan ini digunakan minyak goreng kelapa sawit bekas pakai yang diperoleh dari salah satu penjual ote-ote di Surabaya, dengan kadar FFA = 1,28%, PV = 16,493 meq H₂O₂/kg minyak, dan warna (absorbansi) = 0,796. Ote-ote merupakan salah satu jenis makanan kecil khas yang banyak digemari masyarakat Surabaya.

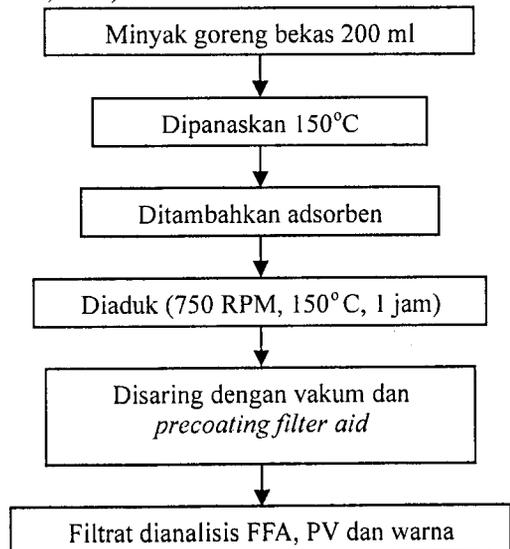
Sebagai adsorben digunakan karbon aktif Daiti Carbon Nusantara (ukuran partikel 200 mesh, bilangan biru 160 mg/g), magnesium silikat (Celkate, BET surface area 180 m²/g), kalsium silikat (Silasorb, BET surface area 165 m²/g), dan bentonit (Madu Lingga). Pemilihan jenis adsorben tersebut didasarkan pada kemampuan mengurangi kadar FFA, PV dan warna minyak. Karbon aktif, senyawa silikat, dan clay dapat menghilangkan peroksida serta berbagai senyawa penyebab warna gelap pada minyak goreng (Roy, 1995). Bentonit lebih aktif menyerap warna kuning minyak, sedangkan karbon aktif lebih mudah menyerap pigmen merah minyak (SBP Board Consultant & Engineers, 1998). Dari penelitian lain diperoleh juga bahwa kalsium silikat (Silasorb) (Roy, 1995) dan magnesium silikat (Maskan, 2003) dapat mereduksi kadar FFA minyak goreng. Sebagai filter aid dipakai Standard Super Cell (Celite). Adsorben dan filter aid tersebut diperoleh dari PT Lautan Luas Surabaya.

Percobaan dilakukan sesuai skema pada Gambar 1. Minyak goreng bekas sebanyak 200 ml dipanaskan sampai suhu 150°C. Kemudian adsorben dimasukkan ke dalam minyak goreng dan diaduk dengan kecepatan 750 RPM pada suhu 150°C selama 1 jam. Jenis adsorben yang digunakan masing-masing adalah karbon aktif, magnesium silikat, kalsium silikat dan bentonit, dengan konsentrasi yang bervariasi mulai 0% (tanpa adsorben) sampai 10%.

Selanjutnya minyak goreng disaring dengan vakum menggunakan kertas saring yang telah dilapisi precoating filter aid Standard Super

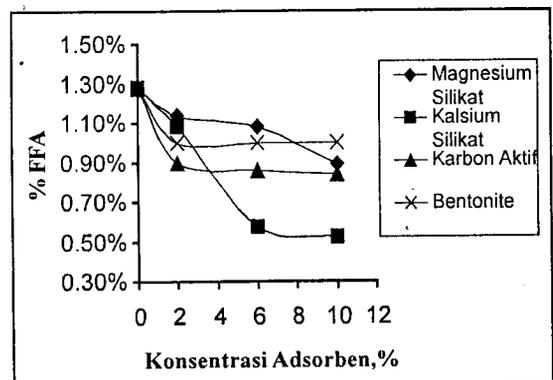
Cell sebanyak 1 kg/m² luas filter. Filtrat dianalisis kadar FFA, PV dan warna.

Analisis kadar FFA dilakukan dengan cara titrasi menggunakan KOH, sedangkan PV ditentukan dengan metode titrasi menggunakan natrium thiosulfat (Sudarmaji dkk., 1989). Warna minyak dianalisis menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 460 nm (Lin dkk., 2001).

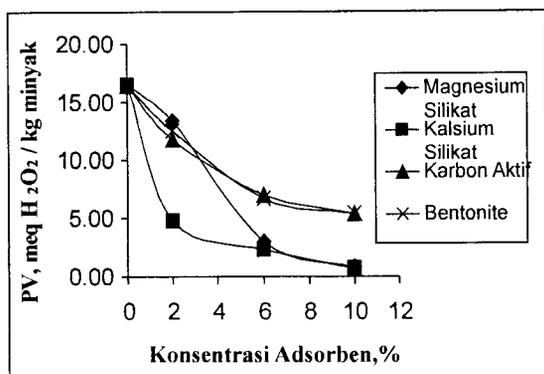


4. Hasil dan Pembahasan

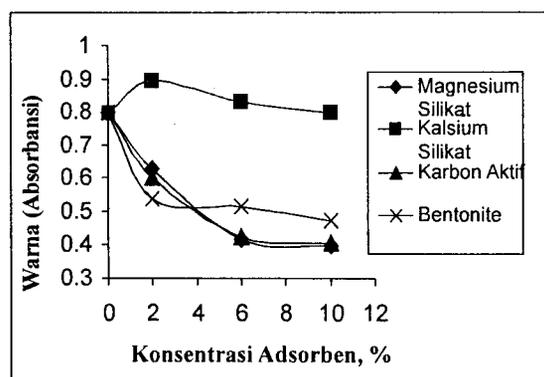
Pengolahan minyak goreng bekas dengan berbagai jenis dan konsentrasi adsorben dapat mengurangi kadar FFA, PV dan warna seperti ditunjukkan pada Gambar 1, 2, dan 3. FFA merupakan produk dari reaksi hidrolisis trigliserida dan reaksi dekomposisi hidroperoksida. Oksidasi FFA menghasilkan bau dan rasa yang tidak enak, yang disebut *hydrolytic rancidity* (Lin dkk., 1998). Oleh karena itu kadar FFA dalam minyak sering digunakan sebagai salah satu indikator kerusakan minyak goreng bekas pakai (Maskan dan Bagci, 2003).



terhadap FFA Minyak Goreng untuk Berbagai Jenis Adsorben



Gambar 3. Pengaruh Konsentrasi Adsorben terhadap PV Minyak Goreng untuk Berbagai Jenis Adsorben



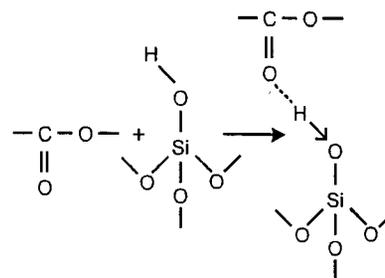
Gambar 4. Pengaruh Konsentrasi Adsorben terhadap Indeks Warna (absorbansi) Minyak Goreng untuk Berbagai Jenis Adsorben

Pada Gambar 2 terlihat bahwa dengan konsentrasi adsorben kalsium silikat 10%, kadar FFA dapat direduksi dari kadar awal 1,28% menjadi 0,52%, sedangkan adsorben magnesium silikat, karbon aktif dan bentonit hanya mampu mereduksi kadar FFA berturut-turut sampai 0,89%, 0,84% dan 1%. Kadar FFA dalam minyak goreng bekas yang sudah diolah dengan adsorben ini masih lebih tinggi daripada minyak goreng yang sama dalam keadaan belum dipakai untuk menggoreng, yaitu 0,09%. Semakin besar konsentrasi kalsium silikat dan magnesium silikat yang ditambahkan, diperoleh kadar FFA yang semakin kecil. Namun untuk karbon aktif dan bentonit, diperoleh kadar FFA yang cenderung konstan walaupun konsentrasi adsorben ditingkatkan dalam kisaran 2-10%.

Penelitian yang dilakukan oleh McNeill dkk. (1986) menunjukkan bahwa campuran karbon aktif dan silika pada berbagai komposisi dapat menurunkan FFA dalam minyak goreng bekas sebesar 28-59%. Lin dkk. (1999)

dengan campuran adsorben yang terdiri atas 4,5% clay, 0,5% charcoal, 2,5% MgO dan 2,5% celite dapat menurunkan FFA sebesar 74%. Maskan dan Bagci (2003) melaporkan bahwa campuran yang terdiri dari 2% pekmez earth, 3% bentonit, dan 3% magnesium silikat dapat mengurangi FFA minyak goreng bekas dari 0,29% menjadi 0,175%. Dilaporkan juga bahwa magnesium silikat mempunyai luas permukaan aktif yang besar dan memberikan sifat basa pada minyak sehingga memiliki kemampuan yang baik dalam menyerap asam dan senyawa polar (Maskan dan Bagci, 2003).

Kemampuan senyawa silikat untuk menurunkan kadar FFA dapat disebabkan adanya gugus silanol (Si-O-H) pada permukaan adsorbent silika. Yang (2003) menyebutkan bahwa *surface chemistry* silika didominasi oleh gugus hidroksil atau silanol Si-O-H. Gugus silanol inilah yang berperan dalam adsorpsi air, senyawa organik dan senyawa lain. Silanol juga berperan dalam modifikasi kimia pada permukaan silika (Yang, 2003). Gugus oksigen-karbonil pada FFA bereaksi dengan hidrogen-silanol, sehingga molekul FFA teradsorpsi pada permukaan dengan membentuk ikatan hidrogen dengan silanol hydrogen seperti terlihat pada Gambar 5 (Topallar dan Bayrak, 1999). Kemampuan adsorpsi senyawa silika dipengaruhi oleh bilangan silanol, yaitu kerapatan gugus OH pada permukaan yang dinyatakan sebagai jumlah gugus OH/(nanometer)² (Yang, 2003). Kurangnya kemampuan karbon aktif untuk mengadsorpsi FFA dapat disebabkan oleh karbon aktif yang bersifat non polar, sedangkan FFA merupakan senyawa polar.



Gambar 5. Adsorpsi Carbonyl Oxygen dari FFA pada Silanol Hydrogen

Bentonit merupakan *activated clay* yang diaktivasi dengan asam H₂SO₄ atau HCl (Hamm, 2000). Hal ini dapat menyebabkan bentonit memiliki sifat asam sehingga kemampuan bentonit untuk menyerap FFA kurang baik.

Pembentukan peroksida mempunyai peranan penting ditinjau dari segi *rancidity* dan toksikologi. Produk reaksi oksidasi minyak,

seperti peroksida, radikal bebas, aldehid, keton, hidroperoksida, polimer dan *oxidized* monomer dan berbagai produk oksidasi minyak yang lain dilaporkan dapat memberikan pengaruh buruk bagi kesehatan (Paul dan Mittal, 1997).

Perubahan PV (meq H₂O₂/kg minyak) yang terjadi karena perlakuan adsorpsi pada minyak goreng bekas ditunjukkan pada Gambar 3. Semakin besar konsentrasi adsorben maka penurunan PV juga semakin besar. Dengan konsentrasi adsorben 6% dan 10%, kalsium silikat dapat mengurangi kadar PV dalam minyak sedikit lebih banyak daripada magnesium silikat, namun dengan konsentrasi 2% kalsium silikat dapat mereduksi kadar PV jauh lebih banyak daripada magnesium silikat. Dengan konsentrasi magnesium silikat 10% berat, PV minyak goreng bekas dapat direduksi dari 16,4930 meq H₂O₂/kg minyak menjadi 0,8918 meq H₂O₂/kg minyak. Sedangkan kalsium silikat 10% berat dapat mereduksi PV menjadi 0,7463 meq H₂O₂/kg minyak. Harga PV yang dapat dicapai dengan perlakuan adsorben ini lebih kecil daripada PV minyak goreng yang sama dalam keadaan baru dan belum dipakai untuk menggoreng, yaitu sebesar 7,5280 meq H₂O₂/kg minyak

Maskan dan Bagci (2003) melakukan penelitian menggunakan minyak biji bunga matahari yang telah berulang kali dipakai untuk penggorengan dengan adsorben yang terdiri dari 2% *pekmez earth*, 3% bentonite, dan 3% magnesium silikat. Hasil percobaannya menunjukkan bahwa perlakuan menggunakan kombinasi adsorben tersebut dapat mengeliminasi PV dalam minyak secara signifikan.

Magnesium silikat dan kalsium silikat terlihat lebih efektif untuk menurunkan PV daripada karbon aktif dan bentonit. Hal ini kemungkinan disebabkan adanya gugus silanol pada permukaan kalsium silikat dan magnesium silikat. Gugus silanol tersebut mengadsorpsi senyawa organik (Yang, 2003) seperti senyawa-senyawa peroksida.

Warna minyak dipakai secara luas sebagai salah satu indeks untuk menentukan kualitas minyak goreng (Maskan, 2001). Selama penggorengan, senyawa nitrogen (protein) dan fosfatida yang terekstrak dari bahan pangan yang digoreng (daging, ikan, telur dan lain-lain) membentuk senyawa berwarna dalam minyak, yaitu senyawa melanoidin (Miyagi dkk., 2001). Lin dkk. (2001) juga menyebutkan bahwa reaksi Maillard yang merupakan interaksi antara komponen-komponen dalam bahan pangan, seperti gula dan asam amino, memberikan kontribusi terbentuknya warna gelap pada minyak.

Kadar melanoidin dapat ditentukan dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 450-550 nm, dan absorbansi pada 460 nm dipakai sebagai indeks warna minyak (Miyagi dkk., 2001).

Dari Gambar 4 dapat terlihat bahwa semakin besar konsentrasi adsorben yang digunakan, indeks warna minyak (dinyatakan dengan absorbansi pada 460 nm) yang diperoleh semakin kecil, yang menunjukkan warna gelap minyak semakin berkurang. Berkurangnya warna gelap pada minyak setelah proses adsorpsi disebabkan karena senyawa melanoidin teradsorpsi pada permukaan adsorben sehingga konsentrasinya dalam minyak berkurang (Miyagi dkk., 2001).

Kemampuan magnesium silikat dan karbon aktif dalam mengadsorpsi senyawa berwarna hampir sama. Kedua adsorben tersebut memiliki kemampuan mengadsorpsi senyawa berwarna lebih besar daripada kalsium silikat dan bentonit, terutama pada konsentrasi adsorben 6% dan 10%. Dengan konsentrasi magnesium silikat 10% dan karbon aktif 10%, indeks warna minyak dapat diturunkan dari 0,796 menjadi berturut-turut 0,398 dan 0,404. Sedangkan dengan konsentrasi bentonit 10% dapat mengurangi indeks warna minyak menjadi 0,474. Warna minyak goreng bekas yang telah diproses dengan keempat jenis adsorben pada percobaan ini masih menunjukkan warna yang lebih gelap dibandingkan dengan minyak goreng yang sama dalam keadaan baru (indeks warna 0,043).

Hasil yang serupa juga diperlihatkan oleh Maskan dan Bagci (2003) pada penelitiannya yang menggunakan campuran adsorben 2% *pekmez earth*, 3% bentonit dan 3% magnesium silikat. Campuran adsorben ini menunjukkan kemampuan yang baik untuk mengadsorpsi senyawa berwarna. Mereka menyebutkan bahwa kemampuan campuran adsorben ini bersumber pada kemampuan magnesium silikat dan bentonit untuk mengadsorpsi senyawa berwarna. Dari hasil penelitiannya, Lin dkk. (1998) juga mendapatkan bahwa magnesium silikat dapat meningkatkan kualitas warna minyak secara efektif.

Walaupun karbon aktif mempunyai kemampuan mengadsorpsi senyawa berwarna yang baik, namun karbon aktif juga menyerap komponen-komponen lain yang bermanfaat bagi kesehatan, seperti *tocopherol*. Selain itu karbon aktif sulit dipisahkan dari minyak dengan cara filtrasi biasa (Maskan dan Bagci, 2003). Lin dkk. (2001) menyarankan agar filtrasi untuk memisahkan minyak goreng dan karbon aktif dilakukan dengan menggunakan *filter aid*. Selain

memisahkan partikel-partikel solid dalam minyak, *filter aid* juga dapat mengadsorpsi produk reaksi terlarut yang tidak dikehendaki, termasuk FFA, berbagai senyawa polar dan senyawa berwarna (Lin dkk., 2001).

5. Kesimpulan

Perlakuan dengan adsorben kalsium silikat, magnesium silikat, karbon aktif dan bentonit dapat meningkatkan kualitas minyak goreng bekas, ditinjau dari kadar FFA, PV dan warna minyak. Harga PV dapat dikurangi sampai lebih kecil daripada harga PV minyak goreng baru, namun FFA dan warna yang diperoleh masih lebih besar daripada harga FFA dan warna minyak goreng baru.

Semakin besar konsentrasi kalsium silikat dan magnesium silikat, penurunan kadar FFA juga semakin besar, sedangkan peningkatan konsentrasi karbon aktif dan bentonit diatas 2% menghasilkan kadar FFA yang cenderung konstan. Semakin besar konsentrasi adsorben (kalsium silikat, magnesium silikat, karbon aktif dan bentonit) yang digunakan, diperoleh PV yang semakin kecil. Warna gelap minyak terlihat juga semakin berkurang dengan bertambahnya konsentrasi adsorben, kecuali untuk kalsium silikat. Adsorben yang paling efektif untuk penurunan kadar FFA dan PV adalah kalsium silikat. Karbon aktif dan magnesium silikat menunjukkan kemampuan yang relatif hampir sama dalam menyerap warna gelap minyak, tetapi kemampuannya lebih baik bila dibandingkan dengan bentonit dan kalsium silikat.

Untuk memperoleh kualitas minyak goreng bekas yang lebih baik secara lebih ekonomis, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut memakai kombinasi adsorben.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada PT Lautan Luas Surabaya atas dukungan dan kerja samanya dengan menyediakan adsorben dan *filter aid* untuk penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Azeredo, H.M.C., Faria, J.A.F. dan M.A.A.P. da Silva, (2004), "Minimization of Peroxide formation Rate in Soybean Oil by Antioxidant Combinations", *Food Research International*, 37, 689-694
- [2] Hamm, W. and Hamilton, J., R., (2000), "Edible Oil Processing", Sheffield Academic Press, England, hal. 97
- [3] Lawson, Harry W., (1985), "Standards for Fats and Oils", hal. 12-18, The AVI Publishing company, Inc., Weat Port, Connecticut
- [4] Lee, J., Lee, S., Lee, H., Park, K. dan E. Choe, (2002), "Spinach (*Spinacia oleracea*) as a Natural Food-Grade Antioxidant in Deep-Fat-Fried Products", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 5664-5669
- [5] Lin, S., Akoh, C.C. dan A.E. Reynold, (1998), "The recovery of used frying oils with various adsorbents", *Journal of Food Lipids*, 5, 1-16
- [6] Lin, S., dan C. Casimir, (2001), "Recovery of Used Frying Oil with Adsorbent Combinations: Refrying and Frequent Oil Replenishment," *Journal of Food Research International* 34, 159-166
- [7] Maskan, M. dan H.I. Bagci, (2003), "Effect of Different Adsorbents On Purification of Used Sunflower Seed Oil Utilized For Frying", *Journal of Food Research Technology* 217, 215-218
- [8] Maskan, M., dan H.I. Bagci., 2003, *The Recovery of Used Sunflower Seed Oil Utilized in Repeated Deep-Fat Frying Process, European Food Research and Technology*, 218, 26-31
- [9] McNeill, J., Kakuda, Y. dan B. Kamel, (1986), "Improving the Quality of Used Frying Oils by Treatment with Activated Carbon and Silica", *Journal of the American oil Chemists' Society*, 63, 1564-1567
- [10] Miyagi, A., et al., (2001), "Feasibility Recycling Used Frying Oil Using Membrane Process", *Journal Lipid Science Technology*, 103, 208-215
- [11] Moreira, R.G., (1999), "Deep-Fat Frying Fundamentals and Application", hal. 46, 37-41, Aspen Publishers Inc., Weat Port, Connecticut
- [12] Paul, S. Dan G.S. Mittal, (1997), "Regulating the Use of Degraded Oil/Fat in Deep Fat/Oil Food Frying", *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.*, 37, 635-662
- [13] Roy, M., G., Ph.D., (1995), "Activated Carbon Applications in The Food and Pharmaceutical Industries", A Thenomic Publishing Company Book, hal. 115-132
- [14] SBP Board Consultant & Engineers Pvt.Ltd., (1998), "Oil Seeds, Oils, Fats, & Derivatives", SBP Consultant & Engineers Pvt.Ltd, Roop Nagar, Delhi, hal. 210-211

- [15] Sudarmadji, S., dkk., (1989), "*Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*", hal. 111, 115-117, Liberty, Bandung
- [16] Yang, R.T., (2003), "Adsorbents: Fundamentals and Applications", John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, hal. 134