

KINERJA ZEOLIT ALAM TERAKTIVASI PADA PENJERNIHAN MINYAK BEKAS PENGGORENGAN KERIPIK TEMPE

*(Performance of Activated Natural Zeolite on Purification of Oil
from Tempeh Chips Frying)*

Kgs Ahmadi

Jurusan Teknologi Industri Pertanian – Fak. Pertanian – Univ. Tribhuwana Tunggal
Jl. Telaga Warna, Tlogomas Malang – 65144
Email: kgs.ahmadi@yahoo.com/kgs.ahmadi@gmail .com

ABSTRACT

Used frying oil is the oil that used repeatedly. This oil has low quality physically and chemically. This research was objected to purify used frying oil from tempeh chips processing therefore it is suitable for consumption. The elucidated factors were HCl normality and zeolite activation temperature. This research used completely randomized design with two factors that arranged factorially. The first factor was HCl normality in zeolite soaking: without soaking (HCl 0 N), and soaking with HCl 2 N, 4 N, and 6 N. The second factor was zeolite activation temperature: 300°C, 400°C, 500°C, and 600°C.

The result showed that HCl normality and zeolite activation temperature were significantly affected the performance of zeolite. The color value, free fatty acid content, and anisidine value decreased as the HCl normality and activation temperature increased. It was supposed that the increasing HCl normality and activation temperature caused the ratio of Si/Al increased. It affected the capability of zeolite for adsorption. Meanwhile, the peroxide value increased as the HCl normality increased due to increasing polarity that caused by increasing Si/Al ratio. The best characteristic of purified used frying oil was obtained from HCl 6 N and activation temperature of 600°C with the characteristic as followed: color value that indicated by absorbance at 500 nm of 0.491, free fatty acid content of 0.5%, peroxide value of 0.094 meq/kg, and anisidine value of 43.92.

Keywords: used frying oil, natural zeolite, activation

PENDAHULUAN

Minyak goreng bekas merupakan minyak goreng yang sudah digunakan baik satu kali maupun berulang-ulang dan tingkat kerusakan minyak sebanding dengan interval penggorengan. Potensi limbah minyak goreng bekas di Malang, data dari KUD Sanan-Malang, rata-rata dibutuhkan minyak goreng sebanyak 70–90 kg/hari untuk industri keripik tempe. Minyak goreng digunakan sebanyak 13 kali penggorengan dimana waktu untuk

satu kali penggorengan adalah 4–8 jam, sehingga hal ini menyebabkan dihasilkannya minyak goreng bekas dalam jumlah yang cukup tinggi.

Kerusakan yang utama pada minyak yang dapat diamati secara visual adalah timbulnya bau dan rasa tengik yang disebabkan oleh autooksidasi radikal asam lemak tidak jenuh dalam minyak dan peningkatan bilangan peroksida dan TBA, serta dihasilkan senyawa aldehida dan keton (Gunstone,

1996; Winarno, 1997). Kerusakan lain akibat proses penggorengan adalah adanya kotoran yang berasal dari bumbu yang digunakan dari bahan yang digoreng (Andarwulan, dkk, 1997). Selama penggorengan sejumlah kecil bahan pangan akan terdispersi dalam minyak atau berada pada permukaan minyak yang mengakibatkan perubahan warna dan perubahan cita rasa (Warastuti, 2001). Bilangan peroksida minyak bekas penggorengan keripik tempe sebesar 30,62% dan bilangan TBA sebesar 25,60% (Nurrohman, 2007).

Penggunaan zeolit merupakan upaya untuk memanfaatkan zeolit sebagai bahan adsorben dengan harga murah dan aman. Zeolit alam yang telah diaktivasi mempunyai kemampuan sebagai adsorben. Proses aktivasi menyebabkan terjadinya perubahan perbandingan Si/Al, luas permukaan meningkat, dan terjadi peningkatan porositas zeolit (Setiadji, 1996). Hal ini akan berdampak pada kinerja zeolit, yaitu kemampuan adsorpsi zeolit akan meningkat sehingga lebih efisien dalam pemurnian minyak.

Proses aktivasi dapat dilakukan baik secara fisikawi maupun kimiawi. Aktivasi secara kimiawi dapat dilakukan dengan menggunakan asam-asam mineral atau basa-basa kuat. Perbandingan Si/Al dapat dimodifikasi menggunakan asam-asam mineral (Barrer, 1978). Tsitsislivili *et al.* (1992) mendapatkan bahwa perlakuan asam pada clinoptilolit dapat meningkatkan porositas dan kapasitas adsorpsi untuk molekul-molekul yang relatif besar. Polaritas zeolit bergantung pada perbandingan $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ yang terkandung dalam zeolit. Polaritas menurun dengan meningkatnya perbandingan $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (Derouane, 1985). Zeolit, biasanya dilengkapi lebih dari satu sisi untuk pertukaran kation. Jumlah ekuivalen elektrokimia kation yang dibutuhkan untuk keseimbangan muatan anionik lebih kecil daripada jumlah total yang dapat digunakan.

Aktivasi secara fisikawi dilakukan dengan pemanasan pada suhu tinggi. Pemanasan ini akan melepaskan air yang terangkap pada pori-pori kristal zeolit. Aktivasi secara fisikawi ini akan meningkatkan luas permukaan pori-pori zeolit (Sutarti dan Rachmawati, 1994). Menurut Hardjatmo dan Selinawati (1996) pemanasan zeolit akan meningkatkan porositas.

Penggunaan zeolit alam yang telah diaktivasi secara kimia dan fisik diharapkan mampu menjernihkan warna, menurunkan jumlah asam lemak bebas, menurunkan bilangan peroksida dan bilangan anisidin minyak goreng bekas penggorengan keripik tempe. Perbaikan mutu minyak goreng bekas penggorengan keripik tempe ini diharapkan dapat menekan biaya produksi karena menurunkan penggunaan minyak baru pada usaha keripik tempe.

METODE PENELITIAN

Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Proses dan Laboratorium Kimia Program studi Teknologi Industri Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang.

Peralatan dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi bahan baku dan bahan kimia. Bahan baku terdiri dari minyak bekas penggorengan tempe di sentra produksi keripik tempe di Sanan Kecamatan Blimbing Kota Malang. Zeolit diperoleh dari Turen Kabupaten Malang Jawa Timur. Bahan-bahan kimia yang digunakan adalah heksana, metanol, KI, amilum KOH, NaOH, kloroform, asam asetat, HCl, natrium thiosulfat, fenolftalein (semua untuk analisis) dari Merck, dan kertas saring kasar.

Peralatan yang digunakan adalah neraca analitik (Ohaus), spektrofotome-

ter (Spectronic 20), tanur, *hot plate stirrer*, alat-alat gelas, dan pengaduk magnetik.

Rancangan Percobaan

Percobaan dirancang menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan Pola Faktorial 2 faktor dengan 2 ulangan. Faktor pertama (H) adalah normalitas HCl dan faktor kedua (S) adalah suhu aktivasi.

Faktor pertama (H) terdiri dari 4 taraf, yaitu: H₀ (zeolit direndam dalam akuades selama 2 jam (tanpa HCl)); H₁ (zeolit direndam dalam HCl 2 N selama 2 jam); H₂ (zeolit direndam dalam HCl 4 N selama 2 jam); H₃ (zeolit direndam dalam HCl 6 N selama 2 jam).

Faktor kedua (S) terdiri dari 4 taraf, yaitu: S₁ (aktivasi suhu 300°C selama 3 jam); S₂ (aktivasi suhu 400°C selama 3 jam); S₃ (aktivasi suhu 500°C selama 3 jam); S₄ (aktivasi suhu 600°C selama 3 jam).

Analisis data dilakukan dengan menggunakan analisis ragam dan uji lanjutan dengan DMRT 5%.

Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian meliputi serangkaian kegiatan sebagai berikut:

Penyiapan zeolit

Zeolit ditimbang sebanyak 250 g, kemudian ditempatkan dalam erlenmeyer 500 ml. Setelah itu kedalam erlenmeyer yang telah berisi zeolit dimasukkan HCl sesuai dengan masing-masing perlakuan. Kemudian dibiarkan selama 2 jam, kemudian dicuci dengan aquades sampai netral. Setelah itu zeolit dipanaskan pada suhu sesuai dengan masing-masing perlakuan (300, 400, 500, dan 600°C) selama 3 jam kemudian didinginkan.

Pemurnian minyak bekas penggorengan keripik tempe meliputi tahapan berikut:

a. Tahap awal penelitian adalah melakukan analisis karakteristik awal bahan dasar berupa warna, kadar

asam lemak bebas, bilangan peroksida, dan bilangan anisidin.

- b. Penjernihan minyak bekas penggorengan keripik tempe dilakukan dengan menambahkan zeolit teraktivasi pada minyak bekas penggorengan keripik tempe sebanyak masing-masing 100 g untuk berat akhir (minyak + zeolit). Minyak yang telah diberi perlakuan selanjutnya dipanaskan pada 40°C selama 30 menit sambil diaduk menggunakan pengaduk magnetik. Proses selanjutnya menyaring minyak menggunakan kertas saring.
- c. Minyak yang telah dimurnikan dianalisis untuk mengetahui karakteristiknya, meliputi: warna, jumlah asam lemak bebas, bilangan peroksida, dan bilangan anisidin.

Parameter Pengamatan

Metode yang digunakan untuk menganalisis parameter pengamatan adalah: analisis warna menggunakan metode King *et al.* (1992), kadar asam lemak bebas (AOCS, 1989), bilangan peroksida (AOCS 1989), dan bilangan anisidin (IUPAC, 1979).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik minyak bekas penggorengan keripik tempe

Analisis bahan baku minyak goreng bekas penggorengan keripik tempe dilakukan untuk mengetahui karakteristik awal (sebelum perlakuan) bahan baku meliputi: warna, jumlah asam lemak bebas, bilangan peroksida, dan bilangan anisidin. Hasil analisis disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik minyak bekas penggorengan keripik tempe

Komponen	Besaran
Warna (absorbansi pada 430 nm)	0,95
Kadar asam lemak bebas (%)	0,74
Bilangan peroksida (mek/kg)	0,37
Bilangan anisidin	54,78

Karakteristik minyak bekas penggorengan keripik tempe menunjukkan bahwa minyak tersebut mengalami penurunan kualitas. Warna minyak merah gelap dengan jumlah asam lemak bebas 0,74%, bilangan peroksida 0,37 mek/kg, dan anisidin 54,78 mengindikasikan telah terjadi kerusakan pada minyak tersebut.

Karakteristik Minyak setelah Pemurnian

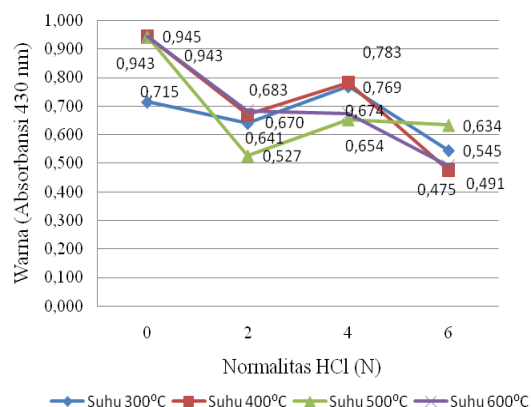
Warna

Penggunaan zeolit yang telah diaktivasi menunjukkan terjadi penurunan nilai absorbansi dibandingkan dengan bahan baku minyak bekas penggorengan keripik tempe sebelum perlakuan. Keadaan ini menunjukkan bahwa zeolit mampu menyerap senyawa-senyawa yang mempengaruhi warna minyak bekas penggorengan keripik tempe. Warna minyak bekas penggorangankeripik tempe diduga berasal dari reaksi Maillard antara protein dengan produk hasil oksidasi lemak. Menurut King *et al.* (1992), pada proses oksidasi dihasilkan senyawa-senyawa aldehida yang dapat bereaksi dnegan protein melalui jalur reaksi Maillard sehingga dihasilkan warna coklat.

Aktivasi kimia (normalitas HCl) dan fisik (suhu) yang berbeda menghasilkan warna minyak yang berbeda. Normalitas HCl 6 N dengan suhu 400 dan 600°C menunjukkan berbeda tidak nyata sedangkan dengan perlakuan lainnya menunjukkan hasil berbeda nyata. Pada perlakuan HCl 6 N dan suhu 400°C ini nilai absorbansi menunjukkan angka terendah (0,475). Peningkatan normalitas HCl dan suhu aktivasi menunjukkan kecenderungan penurunan absorbansi yang berarti warna makin cerah (Gambar 1).

Aktivasi kimia (HCl) dan fisik (suhu) yang tepat akan menghasilkan zeolit yang baik sebagai adsorben. Perlakuan asam anorganik pada zeolit menyebabkan perbandingan Si/Al meningkat dan pembentukan mesopori.

Perubahan sifat ini mempengaruhi kapasitas adsorpsi. Semakin besar kapasitas adsorpsi maka warna yang diserap meningkat sehingga warna semakin cerah.



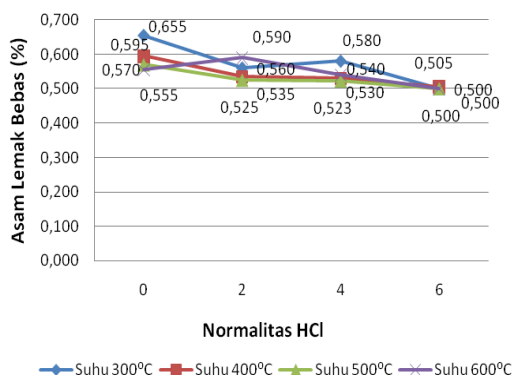
Gambar 1. Hubungan warna minyak bekas penggorengan keripik tempe pada aktivasi zeolit yang berbeda

Aktivasi menggunakan asam menyebabkan pembentukan struktur mesopori dan perubahan perbandingan Si/Al, yaitu perbandingan Si/Al meningkat karena pelepasan Al dari struktur zeolit. Porositas partikel memberikan sifat adsorpsi zeolit yang tinggi. Perlakuan termal dapat menaikkan Si/Al sehingga adsorpsi menjadi lebih efektif dan dapat menaikkan kapasitas adsorpsi (Setiadji, 1996). Oleh karena itu, semakin tinggi suhu aktivasi, diduga sebagian Al terlepas dari struktur zeolit sehingga meningkatkan perbandingan Si/Al. Akibatnya kapasitas adsorpsi zeolit mengalami peningkatan yang berdampak pada penurunan warna yang lebih baik.

Kadar Asam Lemak Bebas

Proses pemurnian dengan zeolit mengakibatkan penurunan kadar asam lemak bebas. Kisaran kadar asam lemak bebas minyak yang telah dimurnikan antara 0,50–0,66% (Gambar 2). Kadar terendah terdapat pada aktivasi normalitas HCl 6 N dengan suhu 400, 500, dan 600°C, yaitu 0,50% dan tertinggi 0,66% pada perlakuan tanpa

perendaman HCl dan suhu aktivasi 300°C. Kadar asam lemak bebas minyak yang dimurnikan dengan zeolit yang diaktivasi menggunakan HCl 6 N dan suhu 400°C mencapai 0,24%.



Gambar 2. Hubungan asam lemak bebas minyak bekas penggorengan keripik tempe pada aktivasi zeolit yang berbeda

Aktivasi dengan normalitas HCl 6 N dan suhu 500°C menghasilkan kinerja zeolit yang paling baik dalam menurunkan jumlah asam lemak bebas. Perlakuan normalitas HCl 6 N dan suhu 500°C mampu memodifikasi zeolit alam menjadi adsorben yang baik. Pada proses adsorpsi pengikatan terjadi bila senyawa tertahan pada sisi aktif (mesopori) yang terbentuk akibat perlakuan asam. Zeolit alam mempunyai karakter porositas primer dan skunder. Porositas primer (mikro) dihasilkan dari struktur spesifik kristalin partikel zeolit yang bergantung pada komposisinya.

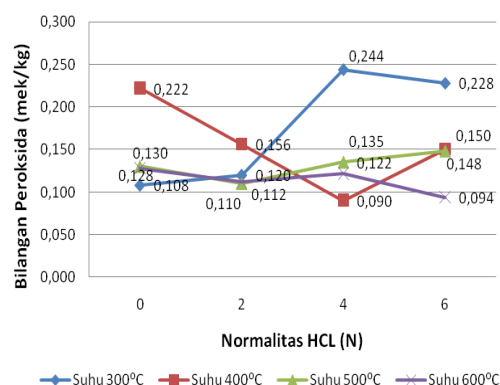
Perlakuan aktivasi dapat menyebabkan terbentuknya porositas skunder (Tsitsislivili *et al.*, 1992). Penggunaan HCl menyebabkan peningkatan perbandingan Si/Al akibat penurunan Al (dealuminasi). Peningkatan ini sejalan dengan peningkatan normalitas HCl yang digunakan (Barrer, 1978). Perlakuan asam untuk mengubah perbandingan komposisi Si/Al berakibat pada perubahan porositas dan kapasitas adsorpsi zeolit. Perlakuan asam pada mordenit menyebabkan terjadinya ekstraksi aluminium dan perubahan sifat, akan tetapi

tidak menyebabkan perubahan struktur. Tsitsislivili *et al.* (1992) mendapatkan bahwa perlakuan asam pada clinoptilolit dapat meningkatkan porositas dan kapasitas adsorpsi untuk molekul-molekul yang relatif besar. Proses ini bergantung pada beberapa faktor antara lain; jenis asam, waktu perlakuan, temperatur perlakuan, dan sejarah termal zeolit (McDaniel dan Maher, 1976).

Bilangan Peroksida

Bilangan peroksida menurun pada minyak yang dimurnikan dengan zeolit yang diaktivasi normalitas dan suhu yang berbeda. Bilangan peroksida bahan baku minyak bekas penggorengan keripik tempe adalah 0,37 mek/kg tetapi setelah pemurnian dengan zeolit menunjukkan kisaran bilangan peroksida antara 0,09 sampai 0,24 mek/kg (Gambar 3).

Peningkatan suhu aktivasi menyebabkan penurunan bilangan peroksida, akan tetapi peningkatan normalitas HCl menyebabkan bilangan peroksida mengalami kenaikan. Penurunan bilangan peroksida akibat peningkatan suhu diduga berkaitan dengan peningkatan rasio Si/Al sehingga proses adsorpsi produk oksidasi primer seperti hidroperoksida meningkat.



Gambar 3. Hubungan bilangan peroksida minyak bekas penggorengan keripik tempe pada aktivasi zeolit yang berbeda

Menurut Zaplis dan Becks (1986) peroksida terbentuk pada reaksi autooksidasi yang merupakan hasil

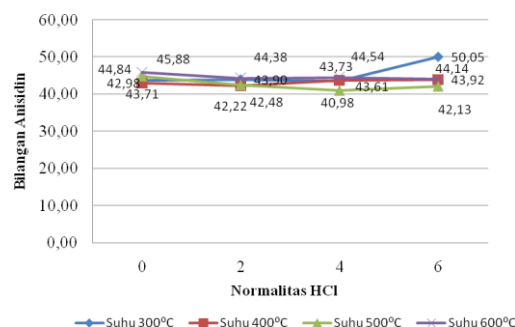
oksidasi primer. Peroksida ini tidak stabil dan selanjutnya dapat diuraikan menjadi produk oksidasi sekunder. Menurut Gunstone (1996). oksidasi lemak merupakan reaksi antara lemak tidak jenuh dengan oksigen yang dipercepat oleh panas, cahaya, dan logam. Oksidasi lemak menghasilkan produk oksidasi primer seperti hidroperoksida.

Peningkatan normalitas HCl pada proses aktivasi zeolit menyebabkan peningkatan bilangan peroksida. Ada kemungkinan kondisi asam yang tinggi menyebabkan kondisi yang memicu proses oksidasi lemak. Asam merupakan katalisator proses hidrolisis trigliserida menjadi asam lemak bebas. Asam lemak bebas mudah teroksidasi menghasilkan produk oksidasi primer berupa peroksida. Hal ini yang menyebabkan walaupun peningkatan normalitas HCl pada proses aktivasi memicu proses hidrolisis, proses hidrolisis tersebut dilanjutkan dengan proses oksidasi menghasilkan produk oksidasi primer. Hal ini menyebabkan kadar asam lemak bebas menurun dengan meningkatnya normalitas HCl yang digunakan pada aktivasi zeolit karena zeolit kemungkinan lebih mudah mengadsorpsi asam lemak bebas dibandingkan peroksida. Semakin tinggi rasio Si/Al akibat peningkatan normalitas HCl mengakibatkan polaritas zeolit menurun sehingga kemampuan adsorpsi asam lemak bebas meningkat. Adapun peroksida merupakan produk oksidasi yang bersifat polar sehingga peningkatan rasio Si/Al tidak menyebabkan adsorpsi peroksida meningkat.

Bilangan Anisidin

Aktivasi zeolit alam dengan normalitas HCl dan suhu yang berbeda menunjukkan kinerja yang berbeda. Kisaran bilangan anisidin setelah perlakuan zeolit menunjukkan penurunan dari bahan baku semula 54,78 menjadi rata-rata 40,98 sampai 50,05 (Gambar 4). Aktivasi zeolit alam dengan

normalitas HCl 4 N dan suhu 500°C merupakan zeolit yang menunjukkan kinerja yang terbaik dengan bilangan anisidin 40,98 yang berarti dapat menurunkan bilangan anisidin sebesar 13,80.



Gambar 4. Hubungan bilangan anisidin minyak bekas penggorengan keripik tempe pada aktivasi zeolit yang berbeda

Penurunan bilangan anisidin setelah penambahan zeolit tersebut karena zeolit alam yang telah diaktivasi mengalami modifikasi. Aktivasi dengan HCl dan suhu menyebabkan perbandingan Si/Al berubah sehingga porositas meningkat dan polaritas juga berubah. Perlakuan asam untuk mengubah perbandingan komposisi Si/Al yang berakibat terjadi perubahan porositas dan kapasitas adsorpsi zeolit. Proses aktivasi menyebabkan terjadinya perubahan perbandingan Si/Al, luas permukaan meningkat, dan terjadi peningkatan porositas zeolit (Setiadi, 1996). Perlakuan suhu tinggi pada zeolit akan membentuk kembali struktur setelah perlakuan asam. Selain itu suhu tinggi menyebabkan meningkatkan luas permukaan zeolit. Sutarti dan Rachmawati (1994), menyatakan bahwa aktivasi secara fisikawi (suhu) akan meningkatkan luas permukaan pori-pori zeolit.

Menurut Hardjatmo dan Selinawati (1996) pemanasan zeolit akan meningkatkan porositas mikro dan mesopori bertanggung jawab untuk adsorpsi; perpindahan molekul-molekul

pada makropori menuju sisi adsorpsi dalam padatan. Zeolit alam mempunyai karakter porositas primer dan skunder. Porositas primer (mikro) dihasilkan dari struktur spesifik kristalin partikel zeolit yang tergantung pada komposisinya. Perlakuan aktivasi dapat menyebabkan terbentuknya porositas skunder (Tsitsislivili *et al.*, 1992). Pembentukan porositas ini menyebabkan zeolit mampu mengikat produk oksidasi sekunder yang terkandung dalam minyak bekas penggorengan keripik tempe.

KESIMPULAN

Zeolit alam yang telah diaktivasi mampu memperbaiki kualitas minyak bekas penggorengan keripik tempe. Peningkatan suhu aktivasi menyebabkan penurunan warna, kadar asam lemak bebas, bilangan peroksida, dan bilangan anisidin. Peningkatan normalitas HCl menyebabkan penurunan warna, kadar asam lemak bebas, dan bilangan anisidin, akan tetapi bilangan peroksida meningkat.

Zeolit dengan aktivasi HCl 6 N dan suhu 600⁰C secara akumulatif meunjukkan kinerja terbaik dalam memperbaiki kualitas minyak bekas penggorengan keripik tempe pada parameter warna (0,42), asam lemak bebas (0,5%), bilangan peroksida (0,094 mek/kg), dan bilangan anisidin (43,92).

DAFTAR PUSTAKA

- Andarwulan, N.Y.T., Sadikin dan Winarno, F.G.. 1997. Pengaruh Lama Penggorengan dan Penggunaan Adsorben terhadap Mutu Minyak Goreng Bekas Penggorengan Tahu-Tempe. Bulletin Teknologi dan Industri Pangan VIII(1): 40-45
- AOCS. 1989. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemistry Society. 4th ed. Broadmaker Drive. Champaign, Illinois
- Barrer, FRS, R.M. 1978. Zeolites and Clay Minerals as Sorbents and Molecules Academic Press, New York
- Gunstone, F.D. 1996. Fatty Acid and Lipid Chemistry. Blackie Academic & Professional, Glasgow
- Hardjatmo dan Selinawati. 1996. Karakteristik Zeolit alam. Makalah dalam Lokakarya Nasional Kimia, Yogyakarta
- IUPAC. 1979. Standard Methods for the Analysis of Oills, Fats, and Derivatives. 6th ed. Pergamon Press, British
- King, M.R., L.C. Doyd and B.W. Sheldon. 1992. Antioxidant properties of individual phospholipids in a salmon oil model system. JAOCS. 69(6):545-551
- McDaniel, C.V. and P.K. Maher. 1976. Zeolite Stability and Ultrastable Zeolite. In J.A. Ratio. Zeolite Chemistry and Catalysis. American Chemical Society, Washington D.C.
- Nurrohman, A. 2007. Penjernihan Minyak Bekas Penggorengan Keripik Tempe dengan Menggunakan Adsorben Arang Aktif dari Sekam dan Tempurung Kelapa. Skripsi. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian FTP – Universitas Brawijaya, Malang
- Setiadji, A. H. B. 1996. Zeolit Material Unggulan Masa Depan. Makalah dalam Lokakarya Nasional Kimia, Yogyakarta
- Sutarti, M., dan Rachmawati, M. 1994. Zeolit Tinjauan Literatur. PDII LIPI, Jakarta
- Tsitsislivili, G.V., T.G. Andronikashvili, and G.N. Kirov. L.D. Filizova. 1992. Natural Zeolites. Ellis Harvard, New York
- Warastuti, I. 2001. Pengaruh Perbedaan Konsentrasi Kaustik Soda dan Suhu pada Proses Netralisasi Disertai Bleaching Minyak Goreng Bekas Penggorengan Keripik Tempe Terhadap Karakteristik Minyak Goreng yang Dihasilkan. Skripsi. Jurusan Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya, Malang

- Winarno, F.G. 1997. Kimia Pangan dan Gizi. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Zapsalis, C. and R. A. Beck. 1986. Food Chemistry and Nutritional Biochemistry. Macmillan Publishing Company, New York