



Studi Pengurangan Bilangan Asam, Bilangan Peroksida dan Absorbansi dalam Proses Pemurnian Minyak Goreng Bekas dengan Zeolit Alam Aktif

Widayat

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof Soedarto SH Tembalang 50239
e-mail : yayat_99@yahoo.com

Abstrak

Penelitian awal peningkatan kualitas minyak goreng dengan adsorpsi dengan zeolit telah dilakukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ukuran zeolit dan perbandingan massa zeolit merupakan variabel yang berpengaruh. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh model matematika dan kondisi optimum pada proses pemurnian minyak goreng dengan zeolit. Parameter yang diamati adalah bilangan asam, bilangan peroksida dan absorbansi. Proses optimasi menggunakan metode respon permukaan/central composite. Pengolahan data menggunakan perangkat lunak Statistica 6. Hasil penelitian diperoleh kondisi optimum untuk bilangan asam optimum sebesar 1,7 bilangan peroksida sebesar 12,84, kadar air sebesar 1,91 % dan absorbansi sebesar 0,12 dicapai pada masa zeolit 19,07 gram dan diameter zeolit 1,69 mm. Model matematika untuk penurunan bilangan asam, bilangan peroksida, dan absorbansi secara berurutan adalah:

$$Y_1 = 1,2394 + 0,0181X_1 + 0,356X_2 + 0,0001X_1^2 - 0,0134X_1X_2 - 0,0299X_2^2$$

$$Y_2 = 35,3305 - 1,222X_1 - 13,1576X_2 + 0,0186X_1^2 + 0,3749X_1X_2 + 1,4698X_2^2$$

$$Y_3 = 0,2736 + 0,0057X_1 - 0,2191X_2 - 0,0002X_1^2 + 0,0006X_1X_2 + 0,0568X_2^2$$

Kata kunci: absorbansi, adsorpsi, bilangan asam, bilangan peroksida, zeolit

1. Pendahuluan

Kerusakan minyak akan mempengaruhi mutu dan nilai gizi bahan pangan yang digoreng. Minyak yang rusak akibat proses oksidasi dan polimerisasi akan menghasilkan bahan dengan rupa yang kurang menarik dan cita rasa yang tidak enak, serta kerusakan sebagian vitamin dan asam lemak esensial yang terdapat dalam minyak. Oksidasi minyak akan menghasilkan senyawa aldehida, keton, hidrokarbon, alkohol, lakton serta senyawa aromatis yang mempunyai bau tengik dan rasa getir. Sedangkan pembentukan senyawa polimer selama proses menggoreng terjadi karena reaksi polimerisasi adisi dari asam lemak tidak jenuh. Hal ini terbukti dengan terbentuknya bahan menyerupai gum yang mengendap di dasar tempat penggorengan (Ketaren, 1986).

Alternatif penanganan minyak goreng bekas adalah mengolah minyak goreng bekas menggunakan zeolit alam yang telah diaktifkan atau zeolit aktif. Hal ini telah dilakukan oleh beberapa peneliti (Widayat dkk., 2005a dan Widayat dkk., 2005b). Dengan pemakaian zeolit, kualitas minyak goreng akan meningkat karena asam lemak bebasnya akan terserap oleh zeolit alam. Hal

ini juga ditunjang bahwa, negara Indonesia memiliki kandungan zeolit alam yang cukup melimpah dengan kemurnian lebih dari 84 % (Subagjo, 1998), misalkan di Lampung dan Malang. Selama ini, zeolit alam hanya digunakan secara langsung sebagai penyubur tanah dan pencampur makanan ternak.

Penelitian pengolahan minyak goreng bekas telah banyak dilakukan dan banyak juga yang menghasilkan temuan dalam bentuk paten. Proses pengolahan minyak goreng bekas telah dilakukan oleh Wulyoadi dkk. (2004), dimana minyak goreng bekas dimurnikan dengan membran. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa minyak goreng hasil pemurnian mengalami penurunan bilangan asam dan peroksida, namun belum memenuhi persyaratan (SNI, 1988). Demikian juga dengan penelitian yang dilakukan oleh Sumarni dkk. (2004) dengan menggunakan bentonit dan arang aktif untuk penjernihan minyak goreng bekas. Hasil yang diperoleh untuk bilangan asam dan peroksida juga mengalami penurunan, namun belum memenuhi spesifikasi SNI.

Widayat dkk. (2005b) melakukan penelitian pendahuluan untuk meningkatkan kualitas minyak goreng bekas dengan menggunakan

zeolit aktif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bilangan asam dan bilangan peroksida mengalami penurunan sampai memenuhi SNI. Hasil yang lain menunjukkan bahwa variabel ukuran zeolit dan massa zeolit merupakan variabel proses yang paling berpengaruh terhadap proses pemurnian minyak goreng bekas.

Lopez (1990) menemukan proses pengolahan minyak goreng dengan cara mengkontakan dengan larutan yang mengandung ethylen diamine tetra asam asetat, n-propil-3,4,5 trihidrobenzoat, mono-tertilbutil hidroquinone. (Bernard dkk., 1991) menemukan adsorbent dengan komposisi 15-35% karbon aktif, 15-40% kalsium silikat, magnesium silikat atau campuran keduanya, 25-40% serat selulosa, 2% resin binder dan 0-3% tanah diatom. Munson (1997) mengolah minyak goreng bekas dengan cara mengkontakan dengan magnesium silikat dan sedikit alkali, dimana dapat mereduksi asam lemak bebas dalam minyak. Filter yang digunakan harus disintesa sehingga membutuhkan biaya yang mahal. Nagasaku dkk. (2002) menemukan metode pengolahan limbah minyak dengan menambahkan senyawa alkali, dan Levy (2003) menemukan metode dan komposisi untuk memurnikan minyak yang dapat dikonsumsi yaitu silika, asam alumina, tanah liat dan asam sitrat.

Minyak merupakan trigliserida yang tersusun atas tiga unit asam lemak, berwujud cair pada suhu kamar (25°C) dan lebih banyak mengandung asam lemak tidak jenuh sehingga mudah mengalami oksidasi (Bekum dkk., 1981).

Zeolit merupakan mineral yang terdiri dari kristal aluminosilikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensinya. Ion-ion logam tersebut dapat diganti oleh kation lain tanpa merusak struktur zeolit dan dapat menyerap air secara reversibel (Bekum dkk., 1981).

Kerangka dasar struktur zeolit terdiri dari unit-unit tetrahedral AlO_4 dan SiO_4 yang saling berhubungan melalui atom O dan di dalam struktur tersebut Si^{4+} dapat diganti dengan Al^{3+} sehingga rumus empiris zeolit menjadi :



Dimana:

M = kation alkali atau alkali tanah
n = valensi logam alkali

x = bilangan tertentu (2 s/d 10)

y = bilangan tertentu (2 s/d 7)

Zeolit terdiri dari 3 komponen yaitu kation yang dipertukarkan, kerangka aluminosilikat dan fase air. Ikatan ion Al-Si-O membentuk struktur kristal sedangkan logam alkali merupakan sumber kation yang mudah dipertukarkan (1;14). Karena dalam struktur zeolit muatan ion Al^{3+} lebih kecil daripada Si^{4+} maka ion Al^{3+} cenderung bersifat negatif dan mengikat kation alkali atau alkali tanah untuk dinetralkan muatannya. Kation alkali atau alkali tanah dalam zeolit inilah yang selanjutnya dimanfaatkan dalam proses ion exchange (Sutarti dan Rachmawati, 1994).

Zeolit alam yang telah diaktivasi dengan asam mineral (H_2SO_4), akan lebih tinggi daya pemucatannya karena asam mineral tersebut bereaksi dengan komponen berupa garam Ca dan Mg yang menutupi pori-pori adsorben. Di samping itu asam mineral melarutkan Al_2O_3 sehingga dapat menaikkan perbandingan jumlah SiO_2 dan Al_2O_3 dari (2-3) : 1 menjadi (5-6) : 1. Zeolit dengan perbandingan jumlah SiO_2 dan Al_2O_3 tinggi bersifat hidrofilik dan akan menyerap molekul yang tidak polar (Sutarti dan Rachmawati, 1994).

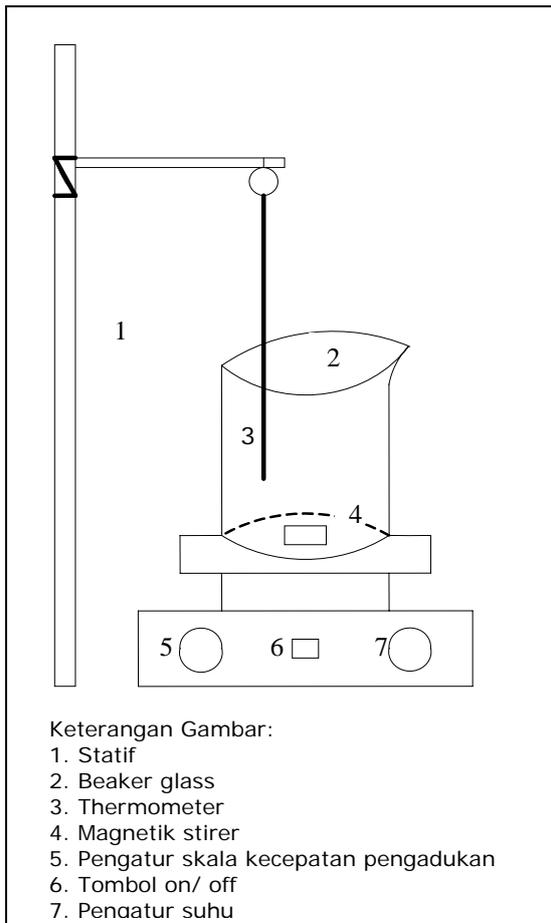
2. Metodologi

Percobaan dilakukan dengan memasukkan minyak goreng bekas dan zeolit alam yang telah diaktivasi dengan massa dan diameter tertentu ke dalam beaker glass seperti pada gambar 1. Proses adsorpsi dilakukan pada suhu 60°C selama 15 menit dan kecepatan pengadukan skala 4.

Analisa hasil percobaan meliputi 4 parameter, yaitu bilangan asam yang diukur dengan metode titrasi asam-basa, bilangan peroksida dengan metode iodometri, kadar air dengan metode oven terbuka dan tingkat absorbansi menggunakan spektrofotometer (spectronic 20) (Sudarmadji dan Haryono, 1995; SNI, 1998).

3. Hasil dan Pembahasan

Parameter yang diperoleh dari hasil penelitian (Widayat dkk., 2005b), yaitu variabel ukuran zeolit dan massa zeolit selanjutnya dioptimasi dengan metode respon permukaan/*central composite* terhadap parameter bilangan asam, bilangan peroksida, absorbansi dan kadar air. Pengolahan data menggunakan perangkat lunak Statistica 6.



Gambar 1. Rangkaian alat percobaan

4.1 Model Empiris Bilangan Asam dan Validasi

Hubungan empiris antara bilangan asam dengan variabel berubah dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :

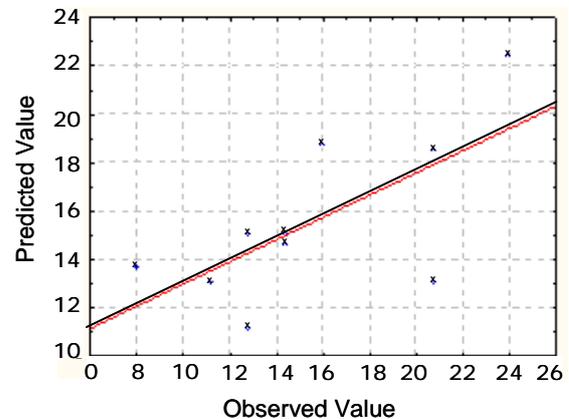
$$Y_1 = 1,2394 + 0,0181X_1 + 0,356X_2 + 0,0001X_1^2 - 0,0134X_1X_2 - 0,0299X_2^2 \quad (2)$$

dimana :

Y_1 = Bilangan asam hasil pengamatan
 X_1 = Massa zeolit
 X_2 = Diameter zeolit

Validasi data dengan membandingkan nilai prediksi dengan hasil pengamatan terhadap bilangan asam. Hasil validasi seperti disajikan dalam Gambar 2. terlihat bahwa nilai MS (mean square) residual sebesar 0,014. Mean square residual merupakan selisih rata-rata kuadrat antara hasil pengamatan dan nilai prediksi. Semakin kecil MS residual semakin sedikit penyimpangan yang terjadi. MS residual untuk bilangan asam memper-

lihatkan bahwa hasil pengamatan telah sesuai dengan nilai prediksi atau sedikit mengalami penyimpangan sehingga persamaan dapat diterapkan untuk penentuan bilangan asam.



Gambar 2. Grafik Hubungan antara Nilai Prediksi dengan Hasil Pengamatan Bilangan Asam

4.2 Optimasi Bilangan Asam

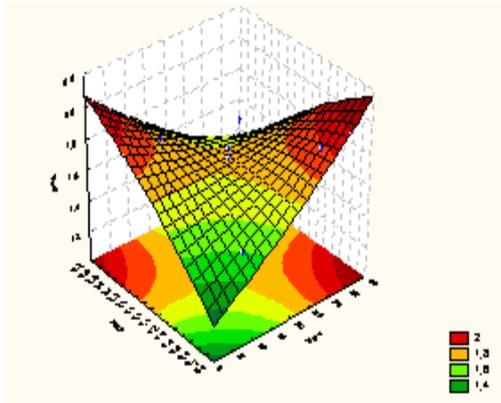
Optimasi bilangan asam dapat diprediksi menggunakan grafik surface 3 dimensi seperti pada gambar 3. Optimasi bilangan asam berada dalam kondisi saddle point dengan titik kritis massa zeolit 19,07 gram dan diameter zeolit 1,69 mm sehingga didapatkan nilai bilangan asam sebesar 1,71. Secara teori, semakin banyak zeolit dan semakin kecil diameter zeolit yang digunakan, proses adsorpsi berlangsung semakin baik karena luas permukaan tempat berlangsungnya proses adsorpsi semakin besar. Hal ini dimungkinkan karena kecepatan pengadukan (skala 4) tidak mampu mengaduk zeolit yang digunakan secara sempurna sehingga proses adsorpsi tidak berjalan dengan baik.

4.3 Model Empiris Bilangan Peroksida dan Validasi

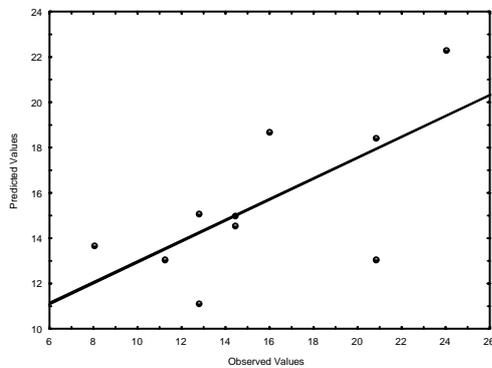
Model empiris bilangan peroksida dengan variabel berubah dapat ditampilkan dengan persamaan 3. Hasil validasi data terhadap model dapat seperti disajikan pada Gambar 4.

$$Y_2 = 35,3305 - 1,222X_1 - 13,1576X_2 + 0,0186X_1^2 + 0,3749X_1X_2 + 1,4698X_2^2 \quad (3)$$

Dari Gambar 4, nilai MS (mean square) residual untuk bilangan peroksida sebesar 29,8098. Hal ini menunjukkan bahwa hasil pengamatan mengalami penyimpangan yang cukup jauh dari nilai yang diprediksikan.



Gambar 3. Grafik Surface 3 Dimensi untuk Hubungan Bilangan Asam dengan Massa dan Diameter Zeolit

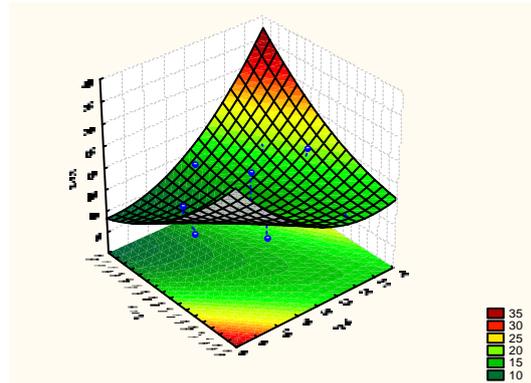


Gambar 4. Grafik Hubungan antara Nilai Prediksi dengan Hasil Pengamatan Bilangan Peroksida

4.4 Optimasi Bilangan Peroksida

Optimasi bilangan peroksida dapat diprediksi menggunakan grafik surface 3 dimensi seperti pada Gambar 5.

Hasil optimasi bilangan asam berada dalam kondisi saddle point dengan titik kritis massa zeolit 19,07 gram dan diameter zeolit 1,69 mm sehingga didapatkan nilai bilangan asam sebesar 1,71. Pada karakteristik minyak goreng bilangan asam merupakan parameter yang utama. Dengan kondisi yang diperoleh pada hasil diatas selanjutnya dimasukkan pada model matematika bilangan peroksida diperoleh nilai bilangan peroksida 12,84. Sedangkan hasil optimasi bilangan peroksida dengan model persamaan 3 diperoleh pada kondisi saddle point dengan titik kritis massa zeolit 43,28 gram dan diameter zeolit 1,04 mm sehingga didapatkan nilai bilangan asam sebesar 15,75.



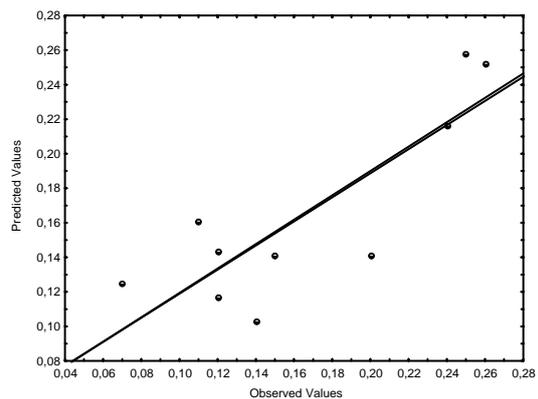
Gambar 5. Grafik Surface 3 Dimensi untuk Hubungan Bilangan Peroksida dengan Massa dan Diameter Zeolit

4.5 Model Empiris Absorbansi dan Validasi

Model matematika untuk hubungan absorbansi minyak dengan variabel berubah seperti disajikan pada persamaan 4. Hasil validasi data terhadap model dapat seperti disajikan pada Gambar 6.

$$Y_3 = 0,2736 + 0,0057X_1 - 0,2191X_2 - 0,0002X_1^2 + 0,0006X_1X_2 + 0,0568X_2^2 \quad (4)$$

Dari grafik pada Gambar 6, nilai MS residual untuk absorbansi minyak adalah 0,0029387. Hal ini menunjukkan bahwa hasil pengamatan mengalami sedikit penyimpangan dari nilai prediksi dan persamaan dapat digunakan untuk menentukan tingkat absorbansi minyak.

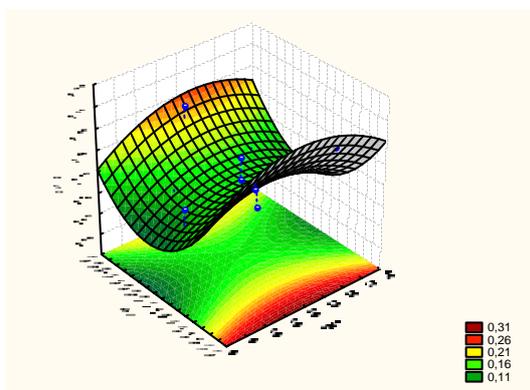


Gambar 6. Grafik Hubungan antara Nilai Prediksi dengan Hasil Pengamatan Absorbansi Minyak

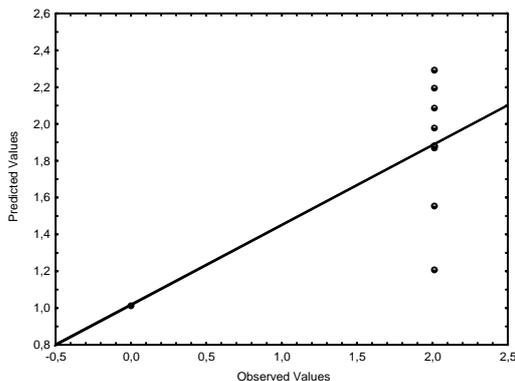
4.6 Optimasi Absorbansi Minyak

Hasil grafik 3 dimensi untuk tingkat absorbansi minyak seperti disajikan pada Gambar 7. Optimasi tingkat absorbansi

minyak berada dalam kondisi *saddle point* dengan titik kritis massa zeolit 22,01 gram dan diameter zeolit 1,81 mm sehingga didapatkan nilai absorbansi minyak goreng bekas sebesar 0.14. Hal ini dikarenakan jika digunakan zeolit yang banyak dengan diameter yang sangat kecil, akan banyak zeolit yang larut dalam minyak sehingga minyak semakin keruh dan nilai adsorbansinya meningkat. Dengan hasil yang diperoleh pada bilangan asam yaitu pada kondisi massa zeolit 19,07 gram dan diameter zeolit 1,69 mm dimasukkan ke model matematika pada persamaan 4 diperoleh hasil absorbansi sebesar 0,21.



Gambar 7. Grafik Surface 3 Dimensi untuk Hubungan Kadar Air dengan Massa dan Diameter Zeolit



Gambar 8. Grafik Hubungan antara Nilai Prediksi dengan Hasil Pengamatan Kadar Air

4.7 Model Empiris Kadar Air dan Validasi

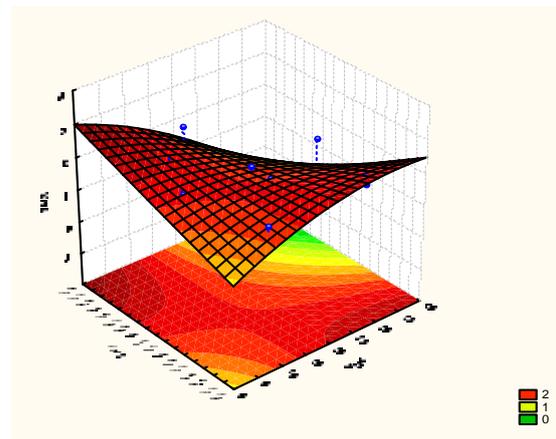
Model matematika untuk hubungan empiris kadar air dengan variabel berubah disajikan pada persamaan 5. Hasil validasi data terhadap model dapat seperti disajikan pada Gambar 8.

$$Y_4 = 1,1525 + 0,0792X_1 + 0,551X_2 - 0,0011X_1^2 - 0,0406X_1X_2 + 0,0074X_2^2 \tag{5}$$

Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa nilai MS residual adalah 0,509855. Nilai ini relatif besar dibandingkan dengan penyimpangan yang terjadi pada bilangan asam.

4.8 Optimasi Kadar Air Dalam Minyak

Grafik surface 3 dimensi untuk kadar air dalam minyak dengan variabel berubah massa dan diameter zeolit seperti disajikan dalam Gambar 9. Hasil optimasi penurunan kadar air berada dalam kondisi *saddle point* dengan titik kritis massa zeolit 14 gram dan diameter zeolit 1,16 mm sehingga didapatkan nilai kadar air sebesar 2,03 %. Hal ini dikarenakan daya serap adsorben (zeolit) terhadap zat yang diadsorbsi (minyak goreng bekas) tergantung pada perbedaan energi potensial antara adsorben dan zat yang diadsorbsi. Jika proses adsorbsi berlangsung, mula-mula daya serap adsorben terhadap zat yang diadsorbsi besar karena perbedaan energi potensial besar. Tetapi jika proses berlangsung terus menerus maka beda energi potensial antara adsorben dan zat yang diadsorbsi semakin kecil dan jika telah mencapai titik optimum maka kenaikan zat yang diadsorbsi semakin kecil meskipun dilakukan penambahan adsorben (Ketaren, 1986). Dengan hasil yang diperoleh pada bilangan asam yaitu pada kondisi massa zeolit 19,07 gram dan diameter zeolit 1,69 mm dimasukkan ke model matematika pada persamaan 5 diperoleh hasil kadar air sebesar 1,19%.



Gambar 9. Grafik Surface 3 Dimensi untuk Hubungan Kadar Air dengan Massa dan Diameter Zeolit

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian diperoleh kesimpulan model matematika untuk hubungan

penurunan bilangan asam, bilangan peroksida, absorbansi dan kadar air dalam minyak dengan variabel berubah massa dan diameter zeolit secara berurutan adalah sebagai berikut:

$$Y_1 = 1,2394 + 0,0181X_1 + 0,356X_2 + 0,0001X_1^2 - 0,0134X_1X_2 - 0,0299X_2^2$$

$$Y_2 = 35,3305 - 1,222X_1 - 13,1576X_2 + 0,0186X_1^2 + 0,3749X_1X_2 + 1,4698X_2^2$$

$$Y_3 = 0,2736 + 0,0057X_1 - 0,2191X_2 - 0,0002X_1^2 + 0,0006X_1X_2 + 0,0568X_2^2$$

dan

$$Y_4 = 1,1525 + 0,0792X_1 + 0,551X_2 - 0,0011X_1^2 - 0,0406X_1X_2 + 0,0074X_2^2$$

Kondisi optimum diperoleh bilangan asam optimum sebesar 1,7 bilangan peroksida sebesar 12,84, kadar air sebesar 1,91 % dan absorbansi sebesar 0,12 dicapai pada masa zeolit 19,07 gram dan diameter zeolit 1,69 mm.

Ucapan Terima Kasih

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan Terima Kasih kepada Damar Pracoyo dan Dwi Apriyanti, yang telah membantu selama pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Bekkum, H. V., Flanigen, E. M., Jansen, J. C. (1991) *Introduction to zeolite science and practise*, Elsevier, Netherland.
- Bernard, Robin D., Gardner, John, G., Ueki J., (1991) Cooking oil filter, *US Paten No. 4.988.440*.
- Bertram, B, Abrams, C, Kauffman, J. (2002) Adsorbent filtration system for treating used cooking oil or fat in frying operations, *US Paten No. 6.368.648*.
- Ketaren, S. (1986) *Pengantar teknologi minyak dan lemak pangan*, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Lopez, M. (1990) Process for the treatment of frying and/or cooking oil, *US Paten No. 4.968.518*.
- Levy (2003) Methods and compositions for purifying edible oil, *US Paten No. 6.638.551*.
- Munson, J. R. (1997) Treatment of cooking oils and fats with magnesium silicate and alkali materials, *US Paten No. 5.597.600*
- Nagasaku, K., Matsunaga, A, Jang, S. (2002) Treatment method of waste oil or waste edible oil, *US Paten No. 6.478.947*.
- Richardson, J. T. (1989) *Principles of catalyst development*, Plenum Press, New York.
- Subagjo (1998) *Zeolit*, Laboratorium Konversi Termokimia, Institut Teknologi Bandung, Indonesia.
- Sudarmadji, S, Haryono B. (1995) *Prosedur analisa untuk bahan makanan dan pertanian*, 3th edition, Liberti, Yogyakarta
- Sumarni, Hadi Prasetyo S, Pala, Z.N., Suryono, R. (2004) Pengaruh waktu aktifasi, konsentrasi pelarut, ukuran bentonit dan berat arang aktif pada proses penjernihan minyak goreng bekas menggunakan bentonit aktif dan arang aktif, *Prosiding Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia, Jurusan Teknik Kimia, FTI, ITS Surabaya*.
- Sutarti, M., Rachmawati, M. (1994) *Zeolit tinjauan literatur*, Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta.
- SNI (1998) *Cara uji minyak dan lemak*, Badan Standardisasi Nasional, Indonesia
- Widayat, Pracoyo, D., Apriyanti, D. (2005a) Studi awal peningkatan kualitas minyak goreng bekas dengan zeolit alam, *Prosiding Makalah Seminar Nasional Kejuangan Teknik Kimia 2005*, Jurusan Teknik Kimia, FTI UPN "Veteran" Yogyakarta, 25-26 Januari 2005.
- Widayat, Suherman, Haryani, K. (2005b) Optimasi proses adsorpsi minyak goreng bekas dengan adsorbent zeolit alam: Studi pengurangan bilangan asam, *Prosiding Symposium Nasional Rekayasa Aplikasi dan Perancangan Industri*, Fak. Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Wulyoadi, Sasmito, Kaseno (2004) Pemurnian minyak goreng bekas dengan menggunakan filter membran, *Prosiding Seminar Rekayasa Kimia dan Proses*, Teknik Kimia Universitas Diponegoro, Semarang.