

PEMANFAATAN ASAM SITRAT SEBAGAI ADSORBEN DALAM UPAYA PENINGKATAN KUALITAS MINYAK GORENG BEKAS MELALUI PROSES ADSORPSI

Arfiani Aulia Syabanu dan Febriar Cahyaratri

Jurusan Teknik Kimia, Fak. Teknik, Universitas Diponegoro
Jln. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058
e-mail: aku_arfi@yahoo.com/ febree_ce05@yahoo.com

ABSTRAK

Minyak goreng merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia sebagai alat pengolah bahan – bahan makanan. Penggunaan minyak nabati berulang kali sangat membahayakan kesehatan dan pembuangannya mencemari lingkungan. Kualitas minyak goreng bekas ini dapat ditingkatkan dengan menambahkan asam sitrat dan diproses dengan metode adsorpsi. Penelitian dilakukan dengan menambahkan asam sitrat 1 persen dan 2 persen dari berat minyak, dipanasi dengan temperatur 50°C dan 80°C sambil diaduk dengan kecepatan 500 rp selama 1 jam dan 2 jam dengan kecepatan 500 rpm. Respon data dari penelitian ini adalah kadar Fe, bilangan asam, bilangan peroksida dan kandungan asam linolenat. Hasil percobaan diolah dengan software design expert, kemudian dilakukan optimasi proses. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses adsorpsi dengan asam sitrat pada minyak goreng bekas ini dapat menurunkan kadar Fe, bilangan peroksida dan menaikkan kandungan asam linolenat. Namun tidak berpengaruh secara signifikan pada bilangan asam dan kadar air. Variabel yang paling menentukan terhadap proses adsorpsi minyak goreng bekas dengan asam sitrat tiap respon adalah sebagai berikut : Kadar Fe = berat asam sitrat (A), variabel lama pengadukan (B), variabel temperatur (C) dan interaksi variabel B dan C (BC). Bilangan Peroksida = persen berat asam sitrat (A), temperatur (C). Kandungan Asam Linolenat = persen berat asam sitrat (A), lama pengadukan (B) dan temperatur (C). Optimasi variabel proses didapat kondisi optimum yaitu variabel persen berat asam sitrat 2%, lama pengadukan 1 jam dan temperatur 65°C yang dapat menurunkan bilangan peroksida pada minyak goreng bekas menjadi 8 meq O₂/kg minyak (memenuhi spesifikasi SNI) dari 30,096 meqO₂/kg minyak.

Kata kunci: minyak goreng bekas, asam sitrat, adsorpsi

ABSTRACT

Frying oils is daily need to fry the foods. The use of frying oils frequently is harmful for our health and waste of frying oils contaminate environment. The quality of used frying oils can be improve by adsorption process with citric acid as adsorbent. Research conducted on using citric acid (1 and 2 %w), temperature (50 and 80°C) and mixing time (1 hour and 2 hours) at mixing rate 500 rpm. The response data of the research are Fe content, FFA value, peroxide value, linolenic acid value and water content. Analysis of data was done by design expert software, then do the optimization process. The results shows that adsorption process of used frying oils with citric acid can reduce Fe content and peroxide value, increase linolenic acid value, but can't interfere FFA and water content significantly. Significant variable for reducing Fe are citric acid concentration (A), mixing time (B), temperature (C) and interaction between variable B and C (BC), then for reducing peroxide acid are acid concentration (A) and temperature (C) and for increasing linolenic acid are citric acid concentration (A), mixing time (B), temperature (C). optimum variables for reducing peroxide value can be obtain at citric acid concentration 2 %w, mixing time 1 hours and temperature 65°C. These condition can reduce peroxide acid value until 8 meqO₂/kg oils from initial condition 30,096 meqO₂/kg.

Key words : used frying oils, citric acid, adsorption

1. Pendahuluan

Minyak goreng merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia sebagai alat pengolah bahan – bahan makanan. Fungsinya sebagai media penggoreng sangat vital bagi masyarakat, khususnya pada industri kecil seperti industri kerupuk dan industri makanan yang lain. Seiring dengan pertambahan jumlah industri makanan yang menggunakan minyak goreng, kebutuhan minyak goreng pun menjadi semakin meningkat. Selain itu, harga minyak goreng yang semakin mahal hingga mencapai Rp 14.000,00/Kg (2007) akan mempengaruhi biaya produksi.

Penggunaan minyak nabati berulang kali sangat membahayakan kesehatan. Hal ini dikarenakan selain semakin banyaknya kotoran yang terkandung dalam minyak goreng akibat penggorengan bahan makanan sebelumnya dan semakin banyaknya senyawa – senyawa asam karboksilat bebas di dalam minyak serta warna minyak goreng yang semakin tidak jernih, sedangkan pembuangan minyak goreng bekas secara langsung ke lingkungan akan menimbulkan pencemaran, (Ketaren, 1986).

Salah satu metode yang dianggap sederhana, ekonomis dan mudah untuk perbaikan kualitas minyak goreng bekas adalah dengan cara adsorpsi. Adsorpsi adalah peristiwa penyerapan di permukaan oleh suatu adsorben atau daya serap dari zat penyerap yang terjadi pada permukaan. Keberhasilan proses adsorpsi ditentukan oleh pemilihan adsorben. Adsorben yang digunakan harus memenuhi kriteria yang dibutuhkan, diantaranya mempunyai daya serap yang besar terhadap solute, zat padat yang mempunyai luas permukaan yang besar, tidak larut dalam zat cair yang akan diadsorpsi, tidak beracun dan mudah didapat serta memiliki harga yang relatif murah.

Peneliti akan menggunakan asam sitrat sebagai adsorben dalam upaya perbaikan kualitas minyak goreng bekas, mengingat asam sitrat adalah material organik yang aman untuk dikonsumsi. Selain itu, asam sitrat memiliki keunggulan dalam proses adsorpsi yakni dapat mengadsorpsi senyawa logam dengan disertai reaksi kimia membentuk senyawa kimia kompleks yang tidak terlarut dalam minyak goreng, sehingga proses pemisahan antara padatan hasil reaksi dengan minyak goreng dapat dilakukan dengan penyaringan.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana asam sitrat dapat dimanfaatkan sebagai adsorben dalam upaya peningkatan kualitas minyak goreng bekas melalui proses adsorpsi. Lebih jauhnya sasaran yang diinginkan adalah :

1. Mengkaji pengaruh penambahan asam sitrat pada minyak goreng bekas dengan menggunakan respon : Kadar Fe, Bilangan Asam, Bilangan Peroksida, Kandungan Asam Linolenat dan Kadar Air.
2. Mengkaji variabel yang paling berpengaruh pada proses adsorpsi minyak goreng bekas dengan menggunakan asam sitrat.
3. Menentukan kondisi optimum untuk variabel massa asam sitrat, temperatur dan waktu pengadukan.

2. Bahan dan Metode Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan untuk penelitian adalah:

1. Minyak goreng bekas diperoleh dari industri kecil seperti kerupuk di wilayah Semarang
2. Asam sitrat membeli di Toko Kimia
3. Bahan-bahan kimia untuk analisa :
NaOH 0,1 N, alkohol 95 %, indikator PP, Kloroform pro analisis, Asam asetat glasial proanalisis, Kalium iodida prakristal, Na₂S₂O₃, Air suling, Indikator larutan kanji 0,5 %, HgO kristal, KOH 2 N dalam metanol

Metode penelitian dilakukan dalam tiga tahap dengan tujuan untuk mendapatkan kondisi optimum dari proses. Tahap pertama adalah proses pemurnian minyak goreng bekas dengan proses adsorpsi. Minyak goreng bekas sebanyak 100 gr dikontakkan dengan adsorben asam sitrat dan diaduk dengan kecepatan tetap 500 rpm. Penelitian ini menggunakan rangkaian alat sederhana seperti Gambar 1. Variabel percobaan meliputi persen berat adsorben (1% dan 2% berat minyak), temperatur operasi (50°C dan 80°C), dan lama pengadukan (1 dan 2 jam) dan kemudian dilakukan penyaringan dengan saringan vakum. Tahap kedua adalah analisa kadar Fe dengan spektrofotometer uv-vis, bilangan asam dengan metode titrasi asam basa ,bilangan peroksida dengan metode iodometri dan kandungan asam linolenat dengan menggunakan Gass Cromatograph pada hasil adsorpsi. Desain eksperimen menggunakan full faktorial design 2³. Kemudian tahap terakhir adalah tahap optimasi proses dengan parameter bilangan peroksida menggunakan metode *the classical one variable at a time strategy*. Pengolahan data menggunakan perangkat lunak *Design Expert*. Berikut ini merupakan rancangan desain eksperimen yang dilakukan pada 3 buah variabel.

Tabel 1. Rancangan desain eksperimen full factorial design 2³

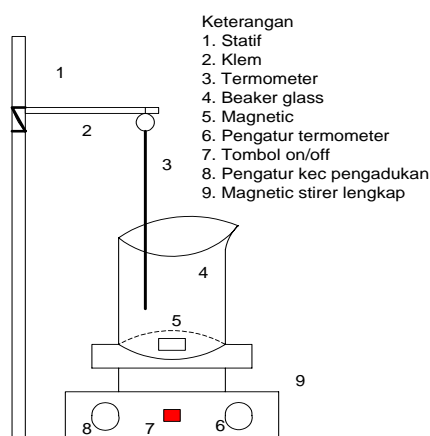
Run	A	B	C
1	1%	1 jam	50°C
2	1%	2 jam	50°C
3	1%	1 jam	80°C
4	1%	2 jam	80°C
5	2%	1 jam	50°C
6	2%	2 jam	50°C
7	2%	1 jam	80°C
8	2%	2 jam	80°C

Keterangan:

A : persen berat adsorben

B : lama pengadukan

C : temperatur



Gambar 1. Rangkaian alat percobaan untuk proses adsorpsi minyak goreng bekas

3. Hasil dan Pembahasan

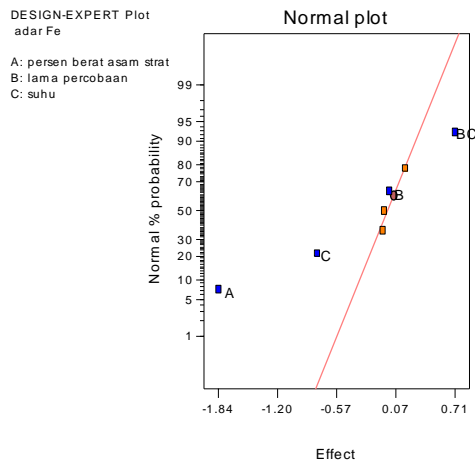
Berdasarkan rancangan desain percobaan pada tabel 1 dihasilkan data percobaan yang tertuang dalam tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Percobaan utama

Run	Variabel minyak goreng	Kadar Fe (ppm)	Bilangan Asam (mgKOH/gr lemak)	Bilangan Peroksida (meq O ₂ /kg minyak)	Kndngn asam linolenat (%)	Kadar air (%)
	minyak bekas awal	27,89	2,977	30,096	0,09	1,16
1	1 % 50°C 1 jam	15,70	2,977	14,26	0,59	1,16
2	1 % 50 °C 2 jam	14,77	2,977	17,42	0,56	1,16
3	1 % 80 °C 1 jam	14,22	2,977	20,59	0,48	1,16
4	1 % 80 °C 2 jam	14,82	2,791	22,17	0,44	1,16
7	2 % 50 °C 1 jam	13,70	2,791	11,09	0,70	1,16
6	2 % 50 °C 2 jam	13,22	2,977	9,50	0,69	1,08
7	2 % 80 °C 1 jam	12,19	2,977	11,09	0,63	1,16
8	2 % 80 °C 2 jam	13,03	2,977	12,67	0,60	1,16

Pada tabel 2 diketahui bahwa setelah dilakukan proses adsorpsi pada minyak goreng bekas dengan asam sitrat terjadi penurunan kadar Fe dan bilangan peroksida, sedangkan kandungan asam linolenat mengalami peningkatan. Penambahan asam sitrat tidak berpengaruh nyata pada jumlah bilangan asam dan kadar air sebelum dan sesudah adsorpsi cenderung tetap.

Pengolahan data dilakukan dengan software design expert terhadap kadar Fe minyak goreng bekas yang didapat dengan berbagai variabel, diperoleh hasil yang ditunjukkan oleh gambar 2 berikut.



Gambar 2. Kurva Probabilitas vs Efek dari Kadar Fe

Pada gambar 2 dapat dilihat bahwa variabel yang mempunyai pengaruh besar terhadap operasi adsorpsi adalah variabel persen berat asam sitrat (A), variabel lama pengadukan (B), variabel temperatur (C) dan interaksi variabel B dan C (BC).

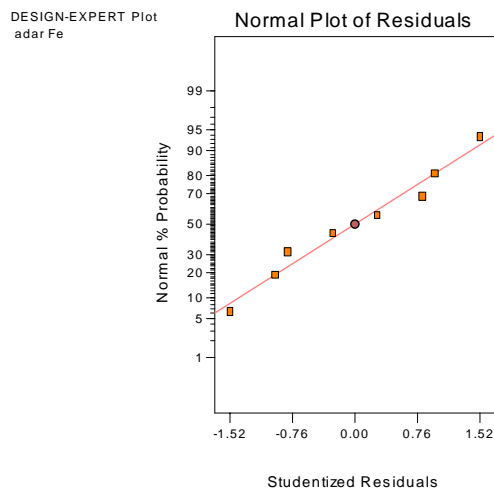
Model regresi yang diperoleh dengan memasukkan variabel yang mempunyai pengaruh signifikan terhadap respon adalah sebagai berikut:

$$\text{Kadar Fe} = 23,03542 - 1,84250A - 3,08000B - 0,097333C + 0,047500BC \dots \dots \dots (1)$$

Dimana A = persen berat asam sitrat, B = lama pengadukan, dan C = temperatur.

Dari persamaan 1 terlihat bahwa variabel persen berat asam sitrat (A), lama pengadukan (B) dan temperatur operasi (C) mempunyai pengaruh negatif terhadap kadar Fe, sedangkan variabel lama pengadukan dan temperatur tidak banyak berpengaruh terhadap kadar Fe dalam minyak.

Dalam hal ini juga diperoleh R^2 dari model persamaan 1 sebesar 99,19 %. Demikian pula hasil uji anova diperoleh bahwa model regresi (persamaan 1) signifikan dengan tingkat keyakinan lebih dari 99 %. Gambar 3 berikut menunjukkan grafik normal probabilitas dari residual.



Gambar 3. Grafik residual kadar Fe terhadap probabilitas normal

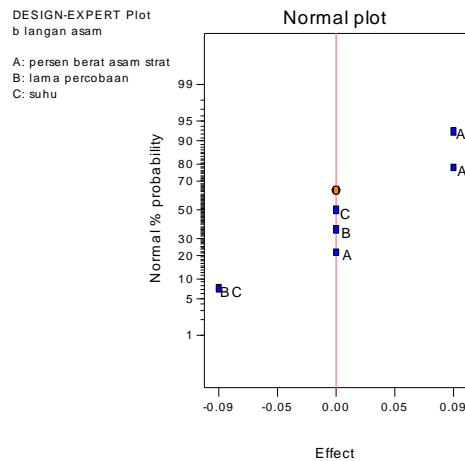
Dari Gambar 3 menunjukkan bahwa sebaran residual cukup linier sehingga model regresi yang digunakan telah cukup baik.

Variabel persen berat asam sitrat mempunyai efek negatif terhadap kadar Fe dalam minyak goreng bekas setelah dilakukan proses adsorpsi. Maka penambahan persen berat asam sitrat yang lebih besar akan berakibat pada kadar Fe yang ada dalam minyak goreng bekas semakin berkurang. Hal ini dikarenakan asam sitrat sebagai adsorben dapat mengikat logam Fe membentuk khelat senyawa kompleks yang dapat dipisahkan dengan penyaringan.

Waktu pengadukan memberikan efek negatif pada kadar Fe dalam minyak goreng bekas. Semakin lama waktu pengadukan maka tumbukan antar partikel Fe dan asam sitrat akan semakin besar, maka Fe yang terikat membentuk khelat senyawa kompleks juga akan semakin besar.

Kenaikan temperatur pada proses adsorpsi minyak goreng memberikan efek negatif terhadap kadar Fe. Karena jika temperatur dinaikkan maka viskositas minyak akan turun sehingga dispersi partikel asam sitrat akan lebih baik dan juga akan memperbaiki interaksi antara minyak dengan asam sitrat. Sehingga jumlah Fe yang terkhelat akan semakin besar.

Setelah dilakukan pengolahan data dengan software design expert terhadap bilangan asam yang didapat dengan berbagai variabel, hasil ditunjukkan oleh gambar 4 berikut.



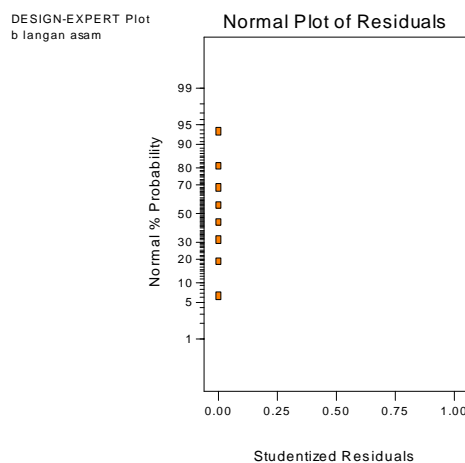
Gambar 4. Kurva Probabilitas vs Efek dari Bilangan Asam

Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa proses adsorpsi dengan asam sitrat pada minyak goreng bekas tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap bilangan asam pada minyak goreng bekas. Hal ini juga didukung dengan hasil olah data dengan software design expert (lihat lampiran) menunjukkan tidak menghasilkan nilai efek seperti terlihat pada gambar 4.

$$\text{BilanganAsam} = 3,34900 - 0,68200A + 0,12400B + 0,18600AB + 6,20000E-003AC - 6,20000E-003BC \dots \dots \dots (2)$$

Dimana A = persen berat asam sitrat, B = lama pengadukan, dan C = temperatur.

Dalam hal ini juga diperoleh R^2 dari model persamaan 2 sebesar 1%. Demikian pula hasil uji anova diperoleh bahwa model regresi (persamaan 2) signifikan dengan tingkat keyakinan 1%. Gambar 5 berikut menunjukkan grafik normal probabilitas dari residual.

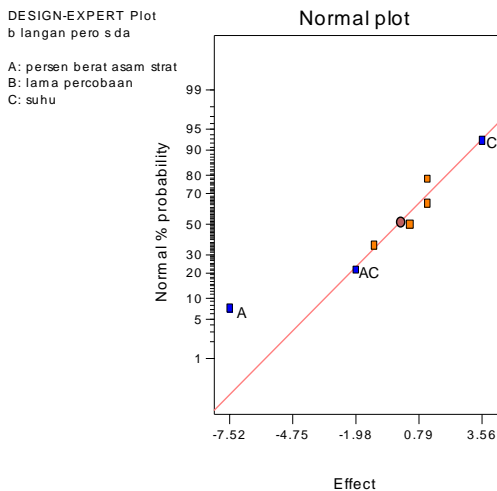


Gambar 5. Grafik residual bilangan asam terhadap probabilitas normal

Bilangan asam menunjukkan jumlah asam lemak bebas yang terdapat dalam minyak atau lemak. Penambahan asam sitrat akan menambah proses autooksidasi lemak tak jenuh yaitu dengan menghentikan reaksi berantai dari radikal bebas dari lemak yang teroksidasi. Dengan adanya pengikatan logam oleh asam sitrat dan membentuk khelat, maka logam tidak dapat aktif lagi dalam pembentukan radikal bebas. Pada tabel 2 terlihat

bahwa penambahan asam sitrat tidak berpengaruh nyata dalam menurunkan jumlah bilangan asam, karena jumlah asam lemak bebas dalam minyak goreng bekas sangat sedikit. Padahal asam sitrat memiliki sifat mereduksi asam-asam lemak yang berperan dalam reaksi berantai pembentukan radikal-radikal bebas baru.

Setelah dilakukan pengolahan data dengan software design expert terhadap bilangan peroksida yang didapat dengan berbagai variabel, hasil ditunjukkan oleh gambar 6 berikut.



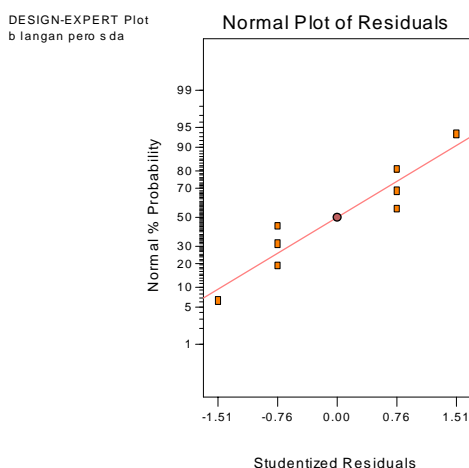
Gambar 6. Kurva Probabilitas vs Efek dari Bilangan Peroksida

Pada gambar 6 terlihat bahwa variabel yang mempunyai pengaruh besar terhadap operasi adsorpsi adalah variabel persen berat asam sitrat (A), variabel temperatur (C) sedangkan interaksi variabel A dan C (AC) tidak terlalu signifikan. Model regresi yang diperoleh dengan memasukkan variabel yang mempunyai pengaruh signifikan terhadap respon adalah sebagai berikut:

$$\text{Bilangan peroksida} = 5,56000 - 1,04677 A + 0,31650 C - 0,13183 AC \dots\dots\dots(3)$$

Dimana A = persen berat asam sitrat, B = lama pengadukan, dan C = temperatur.

Dari persamaan 3 terlihat bahwa variabel persen berat asam sitrat dan interaksi variabel persen berat asam sitrat dan temperatur mempunyai pengaruh negatif terhadap bilangan peroksida dalam minyak goreng bekas, sedangkan variabel temperatur berpengaruh positif. Dalam hal ini juga diperoleh R^2 dari model persamaan 3 sebesar 94,36 %. Demikian pula hasil uji anova diperoleh bahwa model regresi (persamaan 3) signifikan dengan tingkat keyakinan lebih dari 99 %. Gambar 7 berikut menunjukkan grafik normal probabilitas dari residual.



Gambar 7. Grafik residual bilangan peroksida terhadap probabilitas normal

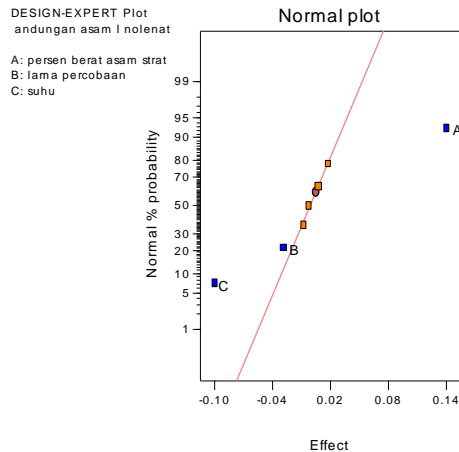
Dari Gambar 7 menunjukkan bahwa sebaran residual cukup linier sehingga model regresi yang digunakan telah cukup baik

Variabel persen berat asam sitrat memiliki efek negatif terhadap bilangan peroksida. Maka persen berat asam sitrat yang lebih besar dapat memperkecil bilangan peroksida. Hal ini dikarenakan logam-logam aktif yang

terdapat pada minyak goreng bekas akan terikat pada asam sitrat dan membentuk suatu khelat senyawa kompleks, sehingga oksidator bebas akan semakin kecil (bilangan peroksida semakin kecil).

Variabel temperatur operasi memberikan efek positif pada bilangan peroksida dalam minyak goreng bekas. Maka temperatur yang lebih rendah akan memperbesar penurunan bilangan peroksida. Hal ini dikarenakan temperatur yang tinggi akan memicu reaksi oksidasi dari minyak, sehingga bilangan peroksida akan semakin besar.

Setelah dilakukan pengolahan data dengan software design expert terhadap kadar Fe yang didapat dengan berbagai variabel, hasil ditunjukkan oleh gambar 8 berikut.



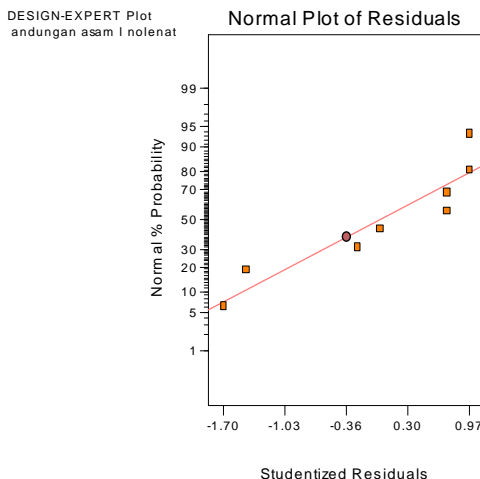
Gambar 8. Kurva Probabilitas vs Efek dari kandungan asam linolenat

Dari kurva tersebut dapat dilihat bahwa variabel yang mempunyai pengaruh besar terhadap operasi adsorpsi adalah variabel persen berat asam sitrat (A), variabel lama pengadukan (B) dan temperatur (C). Model regresi yang diperoleh dengan memasukkan variabel yang mempunyai pengaruh signifikan terhadap respon adalah sebagai berikut:

$$\text{Kandungan asam linolenat} = 0,63250 + 0,13750 A - 0,027500 B - 3,25000E-003 C \dots\dots\dots (4)$$

Dimana A = persen berat asam sitrat, B = lama pengadukan, dan C = temperatur.

Dalam hal ini juga diperoleh R^2 dari model persamaan 4 sebesar 98,56 %. Demikian pula hasil uji anova diperoleh bahwa model regresi (persamaan 4) signifikan dengan tingkat keyakinan lebih dari 99 %. Gambar 9 berikut menunjukkan grafik normal probabilitas dari residual.



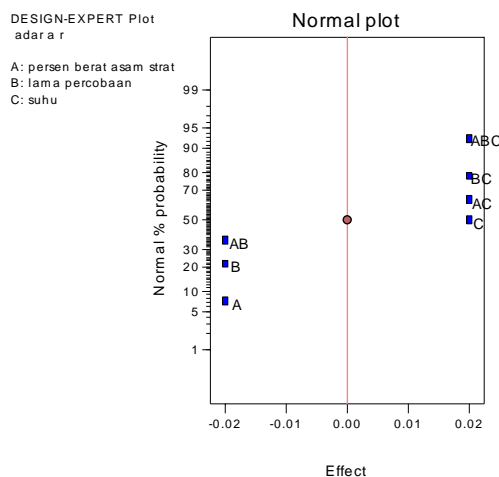
Gambar 9. Grafik residual kandungan asam linolenat terhadap probabilitas normal

Dari Gambar 9 menunjukkan bahwa sebaran residual cukup linier sehingga model regresi yang digunakan telah cukup baik

Variabel A mempunyai efek positif terhadap kandungan asam linolenat dan variabel B dan C mempunyai efek negatif. Penambahan persen berat yang lebih besar pada operasi adsorpsi dapat menaikkan kandungan asam linolenat dalam minyak goreng bekas. Hal ini karena asam sitrat dapat mengikat logam Fe pada

minyak goreng bekas yang merupakan oksidator dalam proses oksidasi, sehingga reaksi oksidasi asam lemak tak jenuh (asam linolenat) menjadi asam lemak trans dapat berkurang, sehingga kandungan asam linolenat dalam minyak bekas menjadi bertambah. Sedangkan semakin lama pengadukan dan semakin tinggi temperatur akan memacu reaksi oksidasi asam linolenat dalam minyak sehingga kandungan asam linolenat akan berkurang.

Setelah dilakukan pengolahan data dengan software design expert terhadap kadar air yang didapat dengan berbagai variabel, hasil ditunjukkan oleh gambar 10 berikut.



Gambar 10. Kurva Probabilitas vs Efek dari kadar air

Dari gambar 10 dapat dilihat bahwa proses adsorpsi dengan asam sitrat pada minyak goreng bekas tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap bilangan asam pada minyak goreng bekas. Hal ini juga didukung dengan hasil olah data dengan software design expert (lihat lampiran) menunjukkan tidak menghasilkan nilai efek seperti terlihat pada gambar 10.

$$\text{Kadar Air} = 0,94667 + 0,21333A + 0,21333B + 2,66667E-003C - 0,21333AB - 2,66667E-003AC - 2,66667E-003BC + 2,66667E-003 \dots \dots \dots (5)$$

Dimana A = persen berat asam sitrat, B = lama pengadukan, dan C = temperatur. Dalam hal ini juga diperoleh R² dari model persamaan 5 sebesar 1 %.

Proses adsorpsi minyak goreng bekas dengan asam sitrat tidak berpengaruh signifikan pada kadar air dari minyak goreng bekas. Proses adsorpsi yang terjadi adalah proses kimia dimana adsorben bereaksi dengan zat yang diadsorpsi. Dalam hal ini asam sitrat dapat mengkhelat senyawa Fe dengan reaksi kimia namun tidak menyerap air.

Setelah dilakukan uji dengan beberapa respon, selanjutnya dilakukan optimasi proses untuk menentukan kondisi optimum proses adsorpsi minyak goreng bekas dengan asam sitrat. Dalam hal ini peneliti menggunakan bilangan peroksida sebagai respon untuk optimasi proses karena bilangan peroksida dapat menggambarkan besarnya proses oksidasi yang terjadi pada minyak yang dapat mengindikasikan tingkat kerusakan minyak. Variabel yang mempunyai pengaruh besar pada parameter bilangan peroksida adalah variabel persen berat asam sitrat dan variabel temperatur. Sedangkan variabel lama pengadukan digunakan 1 jam, karena pada hasil olah data dengan software design expert pada bilangan peroksida diperoleh efek yang positif. Percobaan optimasi proses menghasilkan data optimasi variabel persen berat asam sitrat yang ditunjukkan pada tabel 3 dan data optimasi temperatur operasi yang ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 3. Data Optimasi Variabel Persen Berat Asam Sitrat

Run	Variabel minyak goreng	Bilangan Peroksida (mg O ₂ /kg minyak)
1	1 % 60°C 1 jam	17,42
2	1,25 % 60 °C 1 jam	14,26
3	1,5 g% 60 °C 1 jam	11,09
4	1,75 % 60 °C 1 jam	11,09
5	2 % 60 °C 1 jam	9,50

Tabel 4. Data Optimasi Temperatur Operasi

Run	Variabel minyak goreng	Bilangan Peroksida (mg/kg)
1	2 % 50°C 1 jam	11,09
2	2 % 60 °C 1 jam	9,50
3	2% 65 °C 1 jam	8,00
4	2 % 70 °C 1 jam	11,09
5	2 % 80 °C 1 jam	11,09

Dari tabel 3 dan 4 dapat dilihat kondisi operasi minimum yang disarankan adalah persen asam sitrat 2%, lama pengadukan 1 jam dan temperatur 65°C yang dapat menurunkan bilangan peroksida pada minyak goreng bekas menjadi 8 meq O₂/kg minyak (memenuhi Spesifikasi SNI).

4. Kesimpulan

Asam sitrat dapat dimanfaatkan sebagai adsorben dalam peningkatan kualitas minyak goreng bekas melalui proses adsorpsi. Kadar Fe dan bilangan peroksida minyak goreng setelah proses adsorpsi dengan asam sitrat berkurang, bilangan asam dan kadar air cenderung tetap sedangkan kandungan asam linolenat bertambah. Variabel yang paling menentukan terhadap proses adsorpsi minyak goreng bekas dengan asam sitrat tiap respon adalah sebagai berikut:

- Kadar Fe = berat asam sitrat (A), variabel lama pengadukan (B), variabel temperatur (C) dan interaksi variabel B dan C (BC).
- Bilangan Peroksida = persen berat asam sitrat (A), temperatur (C) dan interaksi variabel A dan C (AC).
- Kandungan Asam Linolenat = persen berat asam sitrat (A), variabel lama pengadukan (B) dan temperatur (C)

Kondisi optimum proses adalah persen berat asam sitrat sebesar 2%, lama pengadukan 1 jam dan temperatur 65°C.

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk persen berat asam sitrat yang lebih besar.

5. Ucapan Terima Kasih

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat-Nya sehingga tugas penelitian dengan judul “Pemanfaatan Asam Sitrat sebagai Adsorben dalam Upaya Peningkatan Kualitas Minyak Goreng Bekas melalui Proses Adsorpsi” dapat dilaksanakan sampai akhir terselesaikannya makalah ini. Tak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Ir. H Abdullah, MS selaku Ketua jurusan Teknik Kimia Universitas Diponegoro, Ir. Heri Santosa selaku koordinator penelitian, Silviana ST, MT selaku dosen pembimbing penelitian kami, laboran dan semua pihak yang telah membantu kami hingga terselesaikannya makalah penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Alexander J, Shirrton, Swern D, Norris FA, and Maihl KF, 1964, “*Bailey’s Industrial Oil and Fat Product*”, 3rd edition John Wiley & Sons, New York, London, Sydney.
- Bhattacharya Atanu B. M.G. Sajilata a, Sudha R. Tiwari b, Rekha S. Singhal, 2008, “*Regeneration of thermally polymerized frying oils with adsorbents*” a Food Engineering and Technology Department, Institute of Chemical Technology, University of Mumbai, Matunga, Mumbai 400 019, India.
- Day, Jr, Underwood, AL, 1996, “*Analisis Kimia Kuantitatif*”, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Freedman, B.E.H.P., dan TL Mounts, 1984, “*Variables Affecting The Yields of Purifications of Vegetables Oils Wastes*”, JAOCS.
- Groggins, P.H., 1958, “*Unit Process in Organic Synthesis*”, 5^{ed}, Mc GrawHill Book Company, Inc, New York.
- George E.P. Box, William G. Hunter, and J. Stuart Hunter.1978. “*An Introduction to Design, Data Analysis, and Model Building*”. New York.
- Hartono Rudi, Agus Rohmat, 2007, “*Penggunaan Asam Sitrat dalam Perbaikan Kualitas Minyak Goreng Bekas*”, Prosiding Seminar Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia, Teknik Kimia Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon.
- Ketaren, S., 1986, “*Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*”, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Kirk, R.E., 1980, “*Encyclopedia of Chemical Technology*”, 3rd ed. Vol 9, John Wiley And Sons, New York
- Lin Song, Casimir C. Akoh*, and A. Estes Reynolds, 1999, “*Determination of Optimal Conditions for*

- Selected Adsorbent Combinations to Recover Used Frying Oils*", University of Georgia, Department of Food Science & Technology, Athens, Georgia.
- Lin Song, Casimir C. Akoh*, and A. Estes Reynolds, 2000, "*Recovery of Used Frying Oils with Adsorbent Combination : Refrying and Frequent Oil Replenishment*", University of Georgia, Department of Food Science & Technology, Athens, Georgia.
- Pandey R.A, P.B. Sanyal, N. Chattopadhyay, S.N. Kaul, 2002, " *Treatment and reuse of wastes of a vegetable oil Refinery*", National Environmental Engineering Research Institute, Nagpur 440 020, India.
- Perry, Robert H and Green, Don W (1924 – 1978), *Chemical Engineers' Hand Book*.McGRAW – HILL INTERNATIONAL EDITIONS.
- Reynolds, Tom, D, 1982, " *Unit Operation and Process in Environmental Engineering*", Brooks/ Cole Division, Monterey, California.
- RSNI 2, 2001, " *Minyak Goreng*", Badan Standarisasi Nasional, Jakarta

