

ALKOHOLISIS MINYAK BIJI KAPUK DENGAN ETANOL DAN KATALISATOR NaOH

Enny Kriswiyanti A¹, Andi Prasetyono², Febri Hariyani²

¹⁾ Staf pengajar Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UNS

²⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UNS

Abstrac : Alcoholysis of kapuk seed oil with ethanol produce glycerol and esther that having more expensive. The objectives of this research were to determine the mass transfer coefficient and effect of reaction temperature and percentage of catalyst weight to glycerol conversion. The experiments were conducted using a batch reactor equipped with stirrer and heater. The catalyst was NaOH solution. The result showed that the reaction was pseudo first order with respect to oil concentration. Increasing the reaction temperature and percentage of catalyst weight increased the rate constant of alcoholysis. The rate costant of oil alcoholysis was related to the reaction temperature by :

$$k = (5,468) e^{(-1.273,9 / T)}$$

This equation was valid for the temperature range between 40 and 80 °C. In addition, it was only valid for the speed of agitation 800 rpm, ratio feed 1,5 ml etanol/ml oil, ratio weight of catalyst and oil 0,8%. The rate costant of oil alcoholysis was related to the ratio weight of catalyst and oil by : $k = -0,0271 P^2 + 0,0434 P - 0,0096$

This equation was valid for the ratio weight of catalyst and oil range between 0,5 % and 0,9 %. In addition, it was only valid for temperatue of 70 °C, the speed of agitation 700 rpm and ratio feed 1,5 ml etanol/ml oil

Keywords : Alcoholysis, Kapuk seed oil

PENDAHULUAN

Minyak biji kapuk biasa disebut minyak klenteng yang mempunyai sifat mirip minyak biji jagung yakni termasuk satu golongan *oleic linoleic acid*. Dengan demikian pemakaiannya sebagai minyak goreng akan sangat menguntungkan karena akan menahan terjadinya pengendapan kolesterol pada pembuluh darah sehingga penyumbatan kolesterol dapat dihindari.

Kejelekan yang timbul pada penggunaan minyak biji kapuk sebagai minyak goreng adalah timbulnya banyak buih dan dapat menjadi tengik bila berada pada tempat terbuka, sehingga mutu minyak biji kapuk digolongkan dalam kualitas rendah dengan harga relatif lebih murah dibandingkan minyak-minyak lainnya.

Dengan penelitian ini diharapkan akan meningkatkan daya dan hasil guna dari minyak biji kapuk, karena hasil alkoholisis yakni gliserol dan ester yang mempunyai nilai ekonomis yang lebih tinggi. Gliserol banyak digunakan dalam industri farmasi dan industri bahan peledak.

Tujuan penelitian ini adalah menentukan harga konstanta kecepatan reaksi (k) dan pengaruh variabel suhu dan % berat katalis terhadap konversi gliserol yang dihasilkan dari reaksi alkoholisis minyak biji kapuk dengan etanol.

LANDASAN TEORI

Tanaman Kapuk

Tanaman kapuk merupakan salah satu tanaman yang mudah tumbuh di daerah tropis seperti Indonesia. Hasil utama yang dipungut dari tanaman ini adalah serat kapuk yang bisa digunakan sebagai pengisi kasur, isolator, peredam suara, alat-alat pelampung, baju dingin, alat-alat olahraga, boneka dan lain-lain. Kayu pohon kapuk dapat digunakan sebagai kayu bakar, tetapi biji kapuk belum banyak dimanfaatkan, bahkan sering hanya dibuang begitu saja. Biji kapuk bisa diambil minyaknya dengan cara pengempaan, karena susunannya tidak banyak berbeda dengan minyak biji kapas, maka minyak biji kapuk bisa dipakai sebagai pengganti minyak biji kapas pada pembuatan sabun dan

minyak makan setelah melalui pengolahan secara khusus.

Minyak biji kapuk (*Kapok Seed Oil*)

Biji kapuk terdiri atas kulit yang keras dan 35 - 40 % daging biji (kernel) yang mengandung minyak yang berwarna kuning sebanyak 18 - 25 % dan tidak mengandung racun gopyssol seperti yang terdapat pada biji kapas. Adapun komposisi asam lemak yang terkandung pada minyak biji kapuk dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. Komposisi asam lemak biji kapuk

Macam Asam Lemak	% berat
Asam oleat	45,2
Asam linoleat	35,9
Asam arachidat	1,2
Asam palmitat	10,2
Asam stearat	8,4
Asam miristat	0,5

Sifat fisika dan kimia minyak biji kapuk :

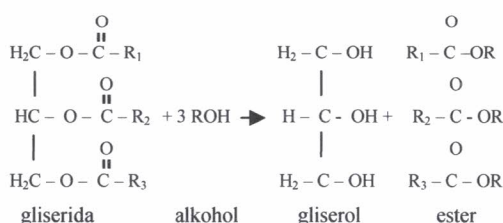
- Warna : kuning tua
- Bau/bentuk cairan : khas / kental
- Spesifik gravity (sg) : 0,9225
- Refraksi indeks : 1,4691
- Angka asam : 9,65

Akohlisis

Alkoholisis adalah suatu reaksi pemecahan gliserida dengan alkohol, termasuk reaksi pemecahan salah satu ikatan rangkap. Untuk reaksi alkoholisis ini berbagai jenis alkohol dapat digunakan.

Metanol dan etanol adalah jenis alkohol yang banyak dipakai dalam industri, karena kedua jenis alkohol ini memberikan reaksi yang reaktif lebih cepat. Reaksi dengan alkohol yang mempunyai titik didih rendah dilaksanakan pada suhu 70 - 85 °C, sedangkan untuk reaksi dengan alkohol yang mempunyai titik didih tinggi dilakukan pada suhu 200 - 250 °C. Reaktor yang dipakai diusahakan dalam keadaan kering dan kadar asam lemak bebas yang ada dalam minyak atau lemak harus kecil. Konsentrasi katalisator akan berkurang karena air dan asam lemak bebas akan bereaksi dengan

katalisator yang sifatnya basa dan membentuk sabun. Reaksi umum alkoholisis minyak biji kapuk dengan etanol yaitu gliserida dengan alkohol menjadi gliserol dan ester.



Dengan R₁, R₂, R₃, merupakan gugus-gugus alkil dari asam lemak penyusun gliserid.(Groggins, 1958)

Faktor-faktor yang mempengaruhi reaksi alkoholisis adalah :

1. Waktu reaksi.
Semakin lama waktu yang dipakai zat yang terlibat untuk bereaksi berarti semakin besar kemungkinan kontak antara zat sehingga konversinya makin besar. Jika kesetimbangan reaksi sudah tercapai bertambahnya waktu reaksi tidak menguntungkan karena tidak memperbesar hasil.
2. Pengadukan.
Pengadukan akan menambah frekuensi tumbukan antara molekul zat pereaksi dan kontak antar zat-zat yang bereaksi makin baik sehingga mempercepat reaksi dan reaksi menjadi sempurna. Pada alkoholisis, sebagian besar keadaan homogen sulit dicapai maka pengadukan sangat diperlukan. Hal ini sesuai dengan persamaan Arrhenius :

$$k = A e^{(-E/RT)}$$

Dari persamaan diatas dapatlah dilihat bahwa semakin besar tumbukan maka semakin besar pula harga konstanta kecepatan reaksinya.(Keenan, 1990)

3. Katalisator.
Fungsi katalisator adalah mengaktifkan zat pereaksi maka juga akan mengurangi tenaga aktivasi, sehingga pada suhu tertentu konstanta kecepatan reaksi bertambah besar. Katalisator yang

biasa digunakan adalah basa (NaOH, KOH) dan asam (HCl, H₂SO₄). (Kirk and Othmer, 1994)

4. Perbandingan Pereaksi.

Reaksi alkoholisis biasanya terjadi pada fasa cair dan dilakukan dengan menggunakan salah satu reaktan (alkohol) berlebihan. Untuk memperbesar frekuensi tumbukan atau salah satu hasil diambil segera setelah terbentuk agar kesetimbangan bergeser ke kanan. Banyaknya alkohol yang digunakan biasanya 1,2 – 1,75 kali kebutuhan alkohol stokiometris, karena jika lebih dari 1,75 dapat menghambat pemisahan gliserol. (Swern, 1964)

5. Suhu.

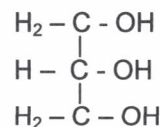
Berdasarkan konservasi yang dihasilkan tergantung pada suhu operasi yang dijalankan, semakin tinggi suhu operasi maka konversi yang diperoleh akan semakin besar pula. Hal ini sesuai dengan persamaan Arrhenius. Bila suhu reaksi semakin naik maka harga konstanta kecepatan reaksi makin besar pula, sehingga reaksi berjalan makin cepat dan hasil (konversi) akan bertambah besar. Suhu proses juga dipengaruhi oleh katalisator yang digunakan. (Keenan, 1990)

Alkoholisis Minyak Biji Kapuk

Hasil dari proses alkoholisis minyak biji kapuk ini adalah gliserol dan suatu ester, dimana gliserol (*propana 1,2,3 triol*) adalah larutan kental, jernih, dan mempunyai rasa yang manis. Pertama kali ditemukan oleh Scheele (1799) dengan menggunakan suatu campuran litharge dan minyak zaitun kemudian diekstraksi dengan air dan didapat suatu cairan kental manis yang kemudian diidentifikasi oleh Chevreul, Pelouse, Berthelot sebagai larutan konsentrasi dari alkohol trihidrid, yaitu gliserol. Secara tradisional gliserol sudah dipungut sebagai hasil samping saponifikasi lemak/minyak binatang dan tumbuhan pada proses pabrik sabun. Pada tahun 1949 telah diproduksi secara komersial dengan propylene sebagai bahan dasarnya. Sekarang sudah diproduksi secara komersial dengan

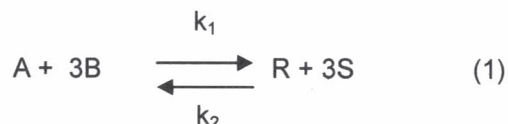
sintesa kimia dari propylene dan dari gula. Gliserol secara alami terdapat pada *fat* dan minyak dari binatang dan tumbuhan dalam kondisi bebas, tetapi biasanya berada dalam bentuk trigliserida yang bergabung dengan beberapa asam lemak seperti asam stearat, asam laurat, asam oleat, asam palmitat dan sebagainya. Gliserol juga berada pada sel hewan dan tumbuhan dalam bentuk lipida seperti lechitine dan chepalin. Gliserol yang biasa diperdagangkan mempunyai kemurnian 95% dan biasa digunakan dalam industri-industri pembuatan resin, obat-obatan, pasta gigi, kosmetik serta pemrosesan tembakau dan makanan.

Rumus bangun dari gliserol adalah sebagai berikut :



Gliserol berbentuk cairan bening kental, higroskopis, manis, larut sempurna dalam air dan alkohol, sedikit larut dalam diethyl ether, ethyl acetate dan dioxane serta tidak larut sama sekali dalam hidrokarbon (Kirk and Othmer, 1994). Adapun pengguna gliserol banyak digunakan dalam industri kimia seperti industri farmasi, tekstil dan lain-lain.

Persamaan reaksi alkoholisis dapat ditulis sebagai berikut :



dengan A, B, R dan S masing-masing adalah minyak, alkohol, gliserol dan ester.

Persamaan kecepatan reaksinya :

$$\begin{aligned} r_A &= -dC_A/dt \\ &= k_1 [C_A] [C_B]^3 - k_2 [C_R] [C_S]^3 \end{aligned} \quad (2)$$

Reaksi alkoholisis adalah reaksi bolak-balik yang berjalan lambat (Groggins, 1958), sehingga untuk reaksi yang relatif pendek reaksi ke kiri dapat diabaikan

terhadap reaksi ke kanan. Bila alkohol yang digunakan berlebihan, maka konsentrasi alkohol dapat dianggap konstan sehingga :

$$r_A = -dC_A/dt = kC_A \quad (3)$$

Setelah reaksi berlangsung selama t menit, maka berlaku :

$$C_A = C_{A0} (1-X) \quad (4)$$

$$-dC_A = -C_{A0} d(1-X) \quad (5)$$

dengan C_{A0} dan X masing-masing merupakan konsentrasi minyak mula-mula dan konversi minyak. Dengan cara integral dan substitusi persamaan (4) dan (5) ke persamaan (3) diperoleh :

$$-\ln(1-X) = kt + b \quad (6)$$

Bila grafik $-\ln(1-X)$ terhadap waktu (t) berupa garis lurus, maka alkoholisis minyak biji kapuk mengikuti reaksi orde satu dan nilai tetapan kecepatan reaksi dapat dihitung berdasarkan angka arah (slope).

Hubungan antara suhu dengan besarnya konstanta kecepatan reaksi didekati dengan persamaan Arrhenius :

$$k = A e^{(-E/RT)}$$

$$\ln k = \ln A - E/RT \quad (7)$$

dengan memplotkan grafik $\ln k$ terhadap $1/T$ maka akan didapat hubungan antara suhu dengan konstanta kecepatan reaksi. Dengan adanya katalisator, maka zat pereaksi menjadi lebih aktif dan tenaga aktivasi juga berkurang. Sehingga dengan demikian konstanta kecepatan reaksi akan bertambah besar, dan reaksi akan berjalan lebih cepat.

Hipotesa

Alkoholisis minyak biji kapuk menggunakan etanol mengikuti reaksi orde satu. Pada reaksi ini akan dipengaruhi oleh suhu dan berat katalis. Semakin bertambahnya suhu dan berat katalis, maka reaksi akan berjalan lebih cepat.

CARA PENELITIAN

Bahan

Minyak biji kapuk (*kapok seed oil*) dibeli dari PT. Subali Makmur, Semarang. Cairan kental berwarna kuning kemerah – merahan ini sebelum digunakan dianalisa terlebih dahulu berat jenis, kadar air serta ekivalen asam total. Hasil analisisnya berturut – turut adalah 0,914023 gr/ml ; 0,219 % dan 2,967 mgrek/ gr.

Etanol teknis yang digunakan mempunyai rapat massa 0,790585 gr/ml.

Natrium Hidroksida pro analisis (p.a) berupa butiran berwarna putih.

Natrium asetat anhidrat pro analisis (p.a) berupa serbuk berwarna putih.

Asam asetat glacial pro analisis (p.a) berupa cairan bening, baunya khas dan kadarnya 100 %.

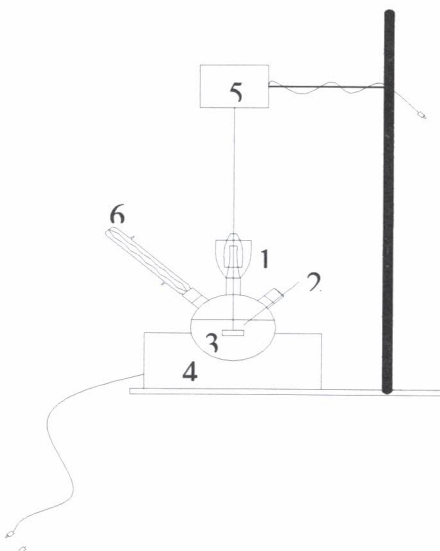
Indikator Phenolptalein. Dibuat dengan cara melarutkan 5 gram serbuk phenolptalein ke dalam 100 ml aquades dalam labu takar 100 ml.

Larutan HCl 1 N dan Larutan NaOH 1 M dan 3 M

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Pengaduk merkuri
2. Termometer
3. Labu leher tiga
4. Pemanas mantel
5. Motor pengaduk
6. Pendingin balik



Gambar 1 Rangkaian Alat percobaan

Langkah Percobaan

Minyak biji kapuk, etanol dan NaOH dengan volume dan berat tertentu dimasukkan ke dalam labu leher tiga yang dilengkapi dengan pengaduk, termometer dan pendingin balik. Selanjutnya labu leher tiga yang berisi minyak biji kapuk, etanol dan NaOH dipanaskan sampai mencapai suhu yang diinginkan dan terus dipertahankan pada suhu tersebut. Waktu reaksi dihitung setelah mencapai suhu yang diinginkan. Sample diambil setiap 30 menit kemudian ditimbang untuk mengetahui berat sample. Selanjutnya sample didiamkan agar terpisah menjadi dua bagian. Lapisan atas dipisahkan dari bagian bawah. Lapisan atas berupa ester dan lapisan bawah adalah gliserol. Mengambil lapisan bawah (gliserol) tersebut untuk ditimbang dan selanjutnya dianalisa dengan menggunakan metode asetin.

Analisa Hasil

Lapisan bawah ditimbang sebanyak 1,25 – 1,5 gram dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer.

Campuran dididihkan selama 1 jam dengan memasang pendingin balik kemudian didinginkan sampai suhu 80°C. Setelah dingin campuran ditambah beberapa tetes indikator PP lalu dititrasi dengan NaOH 3 M sampai terbentuk warna merah muda. Campuran ditambah NaOH 1 M sebanyak 15 ml dan dididihkan selama 15 menit, lalu didinginkan lalu dititrasi dengan HCl 1 N sampai terjadi perubahan warna. Volume HCl yang digunakan untuk titrasi dicatat. Melakukan prosedur yang sama untuk analisa blangko. Perhitungan besarnya konversi dihitung dengan cara asetin (Griffin, 1955)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian alkoholisa minyak biji kapuk ini variabel yang dipelajari adalah waktu tinggal yang berkisar antara 30 – 150 menit, suhu yang berkisar antara 40 – 80 °C dan persentase berat katalis yang berkisar antara 0,5 % sampai 0,9 % berat minyak.

Pengaruh waktu tinggal dan suhu reaksi

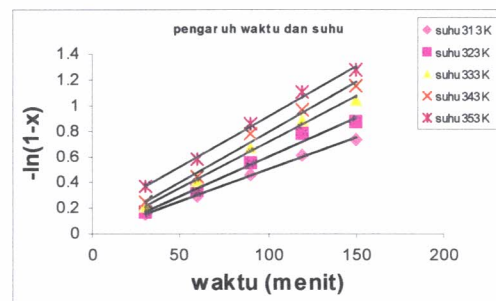
Pengaruh suhu divariasikan pada kisaran 40 – 80 °C dengan kenaikan suhu 10 °C. Variabel waktu divariasikan antara 30 – 150 menit dengan kenaikan 30 menit. Variabel lain yang dibuat tetap yaitu kecepatan putaran pengadukan 700 rpm, perbandingan umpan 1,5 ml etanol / ml minyak biji kapuk dan persentase berat katalis yaitu 0,8 % berat minyak.

Nilai konstanta kecepatan reaksi didekati dengan persamaan regresi linear dari masing – masing percobaan. Harga konstanta kecepatan reaksi dan konversi dari masing – masing suhu dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 2

Dari Tabel 1 dan Gambar 2 menunjukkan bahwa konversi gliserol semakin besar dengan bertambahnya waktu tinggal dan kenaikan suhu reaksi. Waktu tinggal yang semakin lama akan memberikan kesempatan yang lebih luas kepada molekul – molekul zat pereaksi untuk saling bertumbukan. Begitu juga dengan bertambahnya suhu reaksi maka gerakan molekul – molekul bertambah sehingga kecepatan reaksi juga akan bertambah. Dengan demikian konversi akan bertambah besar.

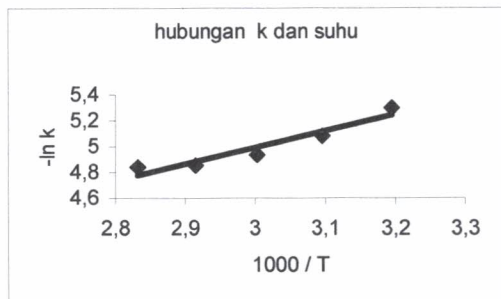
Tabel 1. Pengaruh waktu tinggal dan suhu

Waktu (t)	Konversi setiap saat pada suhu tertentu				
	313 K	323 K	333 K	343 K	353 K
30	0.142	0.156	0.189	0.213	0.306
60	0.251	0.291	0.342	0.363	0.441
90	0.368	0.427	0.491	0.54	0.58
120	0.456	0.542	0.592	0.623	0.668
150	0.521	0.583	0.651	0.685	0.723
k	0.005	0.006	0.007	0.0076	0.0078
% ralat	1.91	4.324	3.418	4.73	3.16



Gambar 2. Hubungan antara $-\ln(1-X)$ dengan waktu (t)

Untuk mencari hubungan antara suhu dengan konstanta kecepatan reaksi maka dibuat grafik antara $-\ln k$ dengan $1000 / T$



Gambar 3 Hubungan $-\ln k$ dengan $1000/T$

Dari Gambar 3 didapat hubungan antara konstanta kecepatan reaksi dengan suhu yang dinyatakan dengan persamaan :

$$-\ln k = \frac{1.273,9}{T} + 1,1699 \quad (8)$$

atau setelah diubah menjadi :

$$k = (5,468) e^{1.273,9/T} \quad (9)$$

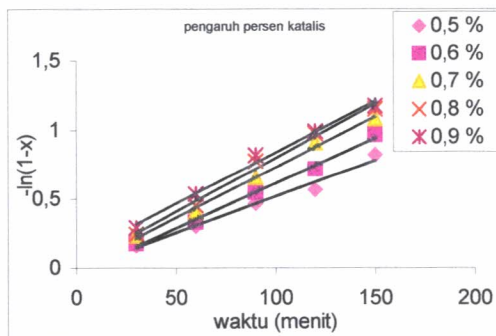
Jelas tampak bahwa pengaruh suhu terhadap konstanta kecepatan reaksi mengikuti persamaan Arrhenius dengan faktor frekuensi (A) 5,468 dan tenaga pengaktif sebesar 1.273,9 cal / gmol.

Pengaruh persen berat katalis.

Pengaruh jumlah katalisator NaOH terhadap konversi (x) dipelajari pada suhu tetap yaitu 70 °C, kecepatan putaran pengadukan 700 rpm dan perbandingan volume umpan 1,5 ml ethanol / ml minyak. Harga konversi dan konstanta kecepatan reaksi pada masing-masing %berat katalis yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Harga konversi dan k pada % berat katalis dan waktu tertentu

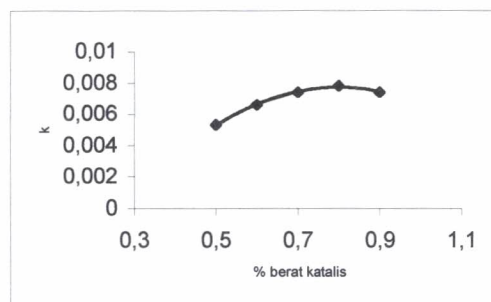
Waktu menit	Konversi setiap saat pada % katalis tertentu				
	0.5 %	0.6 %	0.7 %	0.8 %	0.9 %
30	0.147	0.16	0.208	0.213	0.251
60	0.261	0.281	0.332	0.363	0.413
90	0.373	0.42	0.481	0.54	0.56
120	0.432	0.513	0.598	0.623	0.63
150	0.562	0.621	0.662	0.685	0.691
k	0.0053	0.0066	0.0074	0.0078	0.0074
% ralat	4.55	4.56	4.224	4.73	5.19



Gambar 4 Hubungan antara $-\ln(1-X)$ dan waktu (t)

Dari Tabel 2 dan Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin banyak NaOH yang ditambahkan, maka akan semakin tinggi konversi. Hal ini disebabkan oleh semakin banyaknya zat pereaksi yang teraktifkan sehingga menurunkan tenaga aktivasi dan reaksi akan berjalan lebih cepat. Pemakaian NaOH lebih besar 0,8 % berat minyak akan menurunkan nilai konstanta kecepatan reaksi. Hal ini mungkin disebabkan sebagian minyak bereaksi dengan NaOH menjadi sabun yang dapat dilihat dari cuplikan hasil yang agak keruh.

Hubungan antara konstanta kecepatan reaksi dengan % berat katalis yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Hubungan antara % berat katalis dengan konstanta kecepatan reaksi

Hubungan antara % berat katalis dengan konstanta kecepatan reaksi pada gambar 5 dinyatakan dengan :

$$k = -0,0271 P^2 + 0,0434 P - 0,0096 \quad (10)$$

Dengan P adalah % berat katalis yang digunakan. Persamaan ini berlaku pada

kisaran berat katalis 0,5 – 0,9 % berat minyak dan dengan kesalahan rata – rata 0,9782 %.

Dari hasil percobaan tersebut didapatkan grafik antara $-\ln(1-X)$ dengan waktu (t) yang keduanya berupa garis lurus, sehingga dengan demikian alkoholisis minyak biji kapuk dikatakan mengikuti reaksi orde satu

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan alkoholisis minyak biji kapuk menggunakan etanol dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Alkoholisis minyak biji kapuk menggunakan etanol dan katalisator Natrium hidroksida mengikuti reaksi orde satu.
2. Konstanta kecepatan reaksi dipengaruhi oleh suhu secara eksponensial dengan persamaan :

$$k = (5,468) e^{(-1.273,9 / T)}$$

pada kisaran suhu 40 – 80 °C, kecepatan pengadukan 700 rpm, perbandingan umpan 1,5 ml etanol / ml minyak, berat katalis 0,8 % berat minyak serta dengan kesalahan rata-rata 4,866 %.
3. Konstanta kecepatan reaksi dipengaruhi oleh berat katalis secara polynomial dengan persamaan

$$k = - 0,0271 P^2 + 0,0434 P - 0,0096$$

pada kisaran berat katalis 0,5 – 0,9 % berat minyak, kecepatan pengadukan 700 rpm, suhu 70 °C, perbandingan umpan 1,5 ml etanol / ml minyak serta dengan kesalahan rata – rata 0,9782 %.

SARAN

1. Pendidihan hasil selama 1 jam dalam analisis hasil diusahakan Natrium asetat harus selalu dalam keadaan cair sehingga garam tersebut tidak mengering yang menyebabkan kegagalan analisis.
2. Diadakan penelitian lanjutan dengan menggunakan variabel lain seperti :

variasi kecepatan putaran pengadukan, perbandingan umpan ataupun variasi tekanan operasi.

DAFTAR LAMBANG

A = Faktor pengadukan
 C_{A0} = Konsentrasi awal minyak, mol/L
 $C_{A\infty}$ = Konsentrasi akhir minyak, mol/L
E = Energi aktivasi
K = Konstanta kecepatan reaksi, 1/menit
P = % berat katalis yang digunakan
T = Suhu, K
t = Waktu, menit
x = konversi

DAFTAR PUSTAKA

- Buckle, K.A., 1985, "Ilmu Pangan", p 327-329, Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Griffin, R.C., 1985, "Technical Method of Analysis", 2nd ed, p 107-110, Mc Graw Hill Co. Inc, New York.
- Groggins, P.H., 1958, "Unit Processes in Organic Synthesis", 5th ed, p 694-714, Mc Graw Hill Kogakusha Ltd, Tokyo.
- Keenan, 1990, "Kimia untuk Universitas", 6th ed, p 518 – 524, Erlangga, Jakarta.
- Ketaren, S., 1986, "Teknologi Minyak dan Lemak Pangan", Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Kirk, R.E and Othmer, D.E., 1994, "Encyclopedia of Chemical Technology", 4th ed, Vol.12, p 685 – 688, Interscience Encyclopedia Inc, New York.
- Perry, R.H. and Green, D.E., 1984, "Perry's Chemical Engineers Hand Book", 6th ed, Mc Graw Hill Book Company, New York.
- Swern, 1964, "Baileys Industrial Oil and Fat Product", p 948 – 951, Interscience Publisher Inc, New York.