

Pemanfaatan Limbah Dedak Padi Menjadi Minyak Sebagai Bahan Baku Obat

(The Utilization of Rice Bran Waste to Oil as Raw Material for Medicine)

Sri Handayani*, Melati Zahra Nur Abrar, Olivia Yolanda Bellanimalona, Enjarlis

Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Indonesia
Jl Raya Puspipetek, Serpong, Kota Tangerang Selatan, Provinsi Banten 15320

Abstrak

Dedak padi adalah hasil samping dari pengolahan padi yang umumnya digunakan untuk makanan ternak. Minyak dedak padi dapat digunakan sebagai bahan baku bidang farmasi, kosmetik, dan minyak pangan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan konsentrasi asam fosfat dan jenis adsorben terbaik yang digunakan dalam pemurnian minyak dedak padi dan diharapkan akan diperoleh minyak dedak padi yang memenuhi standar baku mutu untuk obat dengan melihat 4 parameter, yaitu bilangan asam, bilangan peroksida, bilangan iodin, dan komposisi asam lemak. Proses pemurnian dilakukan dengan 3 tahap, yaitu proses degumming, netralisasi, dan adsorpsi. Variabel konsentrasi asam fosfat yang digunakan, yaitu 6, 9, dan 12% (v/v) terhadap minyak dan jenis adsorben, yaitu zeolit dan bentonit dengan pemakaian adsorben 25% dari berat minyak dedak padi kasar. Hasil penelitian didapatkan bilangan asam dari tiap variabel konsentrasi berturut-turut nilainya adalah 11,54; 6,6; 6,64%, bilangan peroksida adalah 10; 9,77; 2,36 mgrek/kg, dan bilangan iodin adalah 103,50; 126,45 dan 73,42 gr I₂/gr minyak. Hasil pemurnian terbaik dari ketiga parameter tersebut terdapat pada konsentrasi asam fosfat 9% yang kemudian dilanjutkan dengan proses netralisasi menggunakan NaOH dan proses adsorpsi dengan menggunakan dua jenis adsorben, yaitu zeolit dan bentonit. Hasil analisis asam lemak menggunakan GCMS pada adsorben zeolit adalah 41,4% asam oleat dan 25,7% asam linoleat, dan pada adsorben bentonit adalah 42,6% asam oleat dan 20,7% asam linoleat. Dari hasil analisis asam lemak tersebut, kedua jenis adsorben baik zeolit maupun bentonit dapat digunakan sebagai adsorben pada proses pemurnian minyak dedak padi karena memberikan nilai komposisi asam lemak yang memenuhi persyaratan sebagai bahan baku obat.

Kata Kunci : degumming, asam fosfat, adsorben, minyak dedak padi, asam oleat

Abstract

Rice bran is a by-product of rice processing which is generally used for animal feed. Rice bran oil can be used as raw material for pharmaceuticals, cosmetics, and food oils. The purpose of this study was to obtain the concentration of phosphoric acid and the best type of adsorbent used in refining rice bran oil and it is hoped that rice bran oil will meet quality standards for medicine by looking at 4 parameters, namely acid number, peroxide number, iodine number, and fatty acid composition. The purification process is carried out in 3 stages, namely degumming, neutralization, and adsorption processes. The variable concentrations of phosphoric acid used were 6, 9, and 12% (v/v) for the oil and the type of adsorbent, namely zeolite and bentonite, with the use of adsorbent 25% of the weight of crude rice bran oil. The results showed that the acid number of each concentration variable was 11.54; 6.6; 6.64%, the peroxide number is 10; 9.77; 2.36 mgrek/kg, and the iodine value is 103.50; 126.45 and 73.42 g I₂/gr oil. The best purification results from these three parameters were found at a concentration of 9% phosphoric acid which was then followed by a neutralization process using NaOH and an adsorption process using two types of adsorbents, namely zeolite and bentonite. The results of fatty acid analysis using GCMS on zeolite adsorbents were 41.4% oleic acid and 25.7% linoleic acid, and 42.6% oleic acid and 20.7% linoleic acid on bentonite adsorbents. From the results of the fatty acid analysis, both types

of adsorbents, both zeolite and bentonite, can be used as adsorbents in the rice bran oil refining process because they provide a fatty acid composition value that meets the requirements as raw materials for drugs.

Keyword : degumming, phosphoric acid, adsorbent, rice bran oil, oleic acid

*Penulis Korespondensi. Tepl: +62 8128327412
Alamat E-mail : sri.handayani@iti.ac.id

1. Pendahuluan

Dedak padi atau bekatul merupakan hasil samping dari proses penggilingan padi dan penyosohan beras. Dari 32 juta ton beras diperoleh hasil sampingan berupa dedak padi sekitar 2,5 juta ton [1]. Dalam dedak padi, terkandung minyak lebih dari 15%. Minyak dedak padi mengandung beberapa jenis lemak, yaitu 47% lemak monounsaturated, 33% polyunsaturated, dan 20% saturated yang menyebabkan minyak dedak padi sulit dimurnikan [2]. Di Indonesia, belum banyak pemanfaatan dedak padi untuk pembuatan minyak. Oleh sebab itu, perlu dikembangkan pengolahan minyak dedak padi agar diperoleh minyak yang lebih baik yang di dalamnya terkandung berbagai manfaat, yaitu salah satunya sebagai anti mikrobial, mengatasi radikal bebas di membran sel dan membantu mencegah penyakit arteri koroner dan pada γ -orizanol dapat menurunkan kolesterol dalam darah dan hati [3]. Pengolahan minyak dedak padi dapat dilakukan dengan dua tahap, yaitu tahap ekstraksi-distilasi dan tahap pemurnian, yaitu *degumming* dan adsorpsi.

Proses ekstraksi biasanya menggunakan pelarut, seperti n-heksana [4], etanol [5], atau isopropanol [6]. Proses distilasi merupakan kelanjutan dari proses ekstraksi dimana solven yang masih bercampur dengan minyak dari dedak padi dipisahkan berdasarkan titik didihnya [4]. Minyak dedak padi yang diperoleh melalui ekstraksi pelarut disebut minyak mentah (*crude oil*) yang mengandung sejumlah zat pengotor. Beberapa zat pengotor yang bersifat tidak larut dalam minyak seperti serpihan dedak dan tepung halus dapat dipisahkan dengan cara filtrasi. Sedangkan yang bersifat larut dalam minyak seperti asam lemak bebas, hidrokarbon, keton, tokoferol, glikolipid, fitosterol, fosfolipid, protein, pigmen (zat warna) dan resin dipisahkan dengan proses pemisahan secara kimia maupun fisika. Zat yang bersifat larut dalam minyak tersebut disebut getah (*gum*). Untuk memisahkan getah yang terdapat dalam minyak, maka dilakukan proses penghilangan getah atau yang biasa disebut proses *degumming*. *Acid degumming* merupakan salah satu proses penghilangan getah dengan menggunakan asam fosfat (H_3PO_4) [4, 7] dan asam sulfat (H_2SO_4) [9]. Setelah melalui proses

degumming, biasanya dilanjutkan dengan proses adsorpsi yang berfungsi untuk memperbaiki kualitas minyak, seperti menghilangkan zat warna yang tidak diinginkan, menurunkan kadar asam lemak bebas dan bilangan peroksida, dan meningkatkan komposisi asam lemak dengan menggunakan adsorben karbon aktif [4], zeolit [9], bentonit [10].

Untuk mendapatkan hasil yang maksimal dalam proses pemurnian *CRBO* yang bersifat *edible oil* dilakukan variasi konsentrasi asam fosfat pada proses *degumming* dan variasi adsorben, yaitu zeolit dan bentonit saat dilakukan proses pemurnian. Diharapkan pada penelitian ini diperoleh kandungan asam lemak tidak jenuh (asam oleat dan asam linoleat) yang tinggi sehingga minyak hasil pemurnian dapat digunakan sebagai bahan baku untuk obat.

2. Teori Dasar

Dedak padi atau bekatul merupakan hasil samping dari proses penggilingan padi dan penyosohan beras. Dalam dedak padi, terkandung minyak lebih dari 15%. Umumnya, komposisi asam lemak jenuh dalam minyak dedak padi cukup tinggi, yaitu sekitar 19%-35% [11]. Kandungan asam lemak jenuh utama dari minyak dedak padi adalah asam lemak dengan panjang 16 rantai karbon yang dikenal dengan nama asam palmitat. Asam lemak tidak jenuh meliputi asam lemak yang terdapat dalam minyak dedak padi (55% – 87%). Kandungan asam lemak *monounsaturated* yang paling banyak, yaitu asam oleat (38% – 48%) yang diikuti oleh asam lemak *polyunsaturated*, yaitu asam linoleat (16% – 36%) [11]. Minyak dedak padi yang diperoleh melalui ekstraksi pelarut disebut minyak mentah (*crude oil*) yang mengandung sejumlah zat pengotor. Karakteristik *crude rice bran oil* disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Crude Rice Bran Oil [12]

Asam Lemak Bebas (%)	2 – 60
<i>Unsaponifiable</i> (%)	3,0 – 8,0
Fosfolipid (%)	0,6 – 3,0
Wax (%)	1 – 20
Monogliserida (%)	0,5 – 1,4
Digliserida (%)	3 – 9
Bilangan Iodin	85 – 115
Bilangan Penyabunan	175 – 195

<i>Specific Gravity</i> (30°)	0,910 – 0,920
<i>Refractive Index</i> (40°C)	1,466 – 1,4730

Proses pemurnian *crude rice bran oil* melalui serangkaian proses untuk menghilangkan senyawa yang tidak diinginkan, memenuhi standar kualitas minyak, dan memperpanjang umur penyimpanannya. Proses pemurnian minyak pada umumnya terdiri dari empat proses, yaitu proses pemisahan getah (*gum*), proses pemisahan asam lemak bebas (netralisasi), proses penghilangan bau (deodorisasi) dan proses penghilangan warna (*bleaching*). Namun, pada penelitian ini difokuskan pada proses pemisahan getah (*degumming*), netralisasi, dan adsorpsi.

Proses *degumming* merupakan pemisahan getah yang terdapat dalam minyak. Getah dalam minyak merupakan zat pengotor yang bersifat larut dalam minyak, seperti asam lemak bebas, hidrokarbon, keton, tokoferol, glikolipid, fitosterol, fosfolipid, protein, pigmen (zat warna) dan resin. Senyawa fosfolipid dalam minyak terdiri dari dua jenis, yaitu dapat terhidrat (*Hydratable Phospholipid*) dan tidak terhidrat (*Non-Hydratable Phospholipid*). Fosfatida *hydratable* mudah dipisahkan dengan penambahan air pada suhu rendah. Penambahan air ini mengakibatkan fosfolipid akan kehilangan sifat lipofiliknya dan berubah sifat menjadi lipofobik sehingga mudah dipisahkan dari minyak [13]. Fosfatida *non hydratable* harus dikonversi terlebih dahulu menjadi fosfatida *hydratable* dengan penambahan larutan asam [7]. Proses *degumming* yang digunakan menggunakan metode acid *degumming* yaitu penghilangan getah menggunakan asam. Pemilihan asam fosfat pada metode *acid degumming* dikarenakan asamnya tidak bersifat racun, mengikuti regulasi peratutran untuk makanan, dan biayanya yang terjangkau [13]. Selain bersumber pada kekuatan asam menurut derajat ionisasinya, kekuatan asam berdasarkan kemampuan menyerap getah dalam minyak menunjukkan asam fosfat lebih kuat dan menghasilkan residu yang lebih kecil dibandingkan asam lemah lainnya. Jika dibandingkan dengan asam organik (asam sitrat (640 gr/l), asam oksalat (600 gr/l), dan asam tartarat (1000 gr/l)), ketiga asam tersebut memiliki kekuatan asam lebih kecil dibandingkan asam fosfat (85 wt %) [13].

Setelah melalui proses *degumming*, biasanya dilanjutkan dengan proses adsorpsi. Proses adsorpsi merupakan peristiwa terjadinya kontak antara padatan dengan suatu campuran fluida sehingga sebagian zat terlarut dalam fluida tersebut teradsorpsi yang menyebabkan terjadinya perubahan komposisi fluida. Partikel yang terakumulasi disebut adsorbat dan material yang mengadsorpsi disebut adsorben [14].

3. Metodologi

Bahan yang digunakan adalah dedak padi, aquades, asam fosfat (Merck), alkohol, NaOH (Merck), fenolfalein, kloroform, larutan Wij's, kalium iodida (Merck), natrium tiosulfat (Merck), larutan kanji, dan asam asetat glasial (Merck). Alat yang digunakan seperangkat alat ekstraksi dan evaporator, alat *centrifuge*, *beaker glass*, *magnetic stirrer*, gelas ukur, pipet ukur, buret, erlenmeyer, labu ukur, corong, pipet tetes, propipet, dan timbangan analitik. Variabelnya adalah proses *degumming* menggunakan asam fosfat (H_3PO_4) dengan variasi konsentrasi asam fosfat, yaitu 6%, 9%, 12% (v/v) terhadap minyak dan proses adsorpsi menggunakan adsorben, yaitu zeolit dan bentonit. Dengan menggunakan parameter kadar asam lemak bebas/bilangan asam, bilangan peroksida, bilangan iodin, dan komposisi asam lemak yang terkandung dalam minyak.

Prosedur Percobaan :

- Proses persiapan bahan baku**, yaitu dedak padi hasil penggilingan ditimbang 100 gram, dimasukkan ke dalam kertas saring. Lalu, dimasukkan ke dalam soxhlet. Sedangkan untuk pelarutnya, yaitu heksana diukur 500 ml dan dimasukkan ke dalam labu ekstraksi. Kemudian, dipasangkan labu ekstraksi beserta soxhlet dan kondensornya. Proses ekstraksi ditunggu selama 3 jam, dengan waktu 1 siklusnya adalah 20 menit. Setelah proses ekstraksi, dilanjutkan dengan proses evaporasi yang bertujuan untuk memisahkan minyak dengan pelarutnya. Proses evaporasi berlangsung selama 1 jam dengan temperatur 80 °C.
- Proses pemurnian *crude rice bran oil***, yaitu:
 - Proses *degumming*** dengan variasi konsentrasi asam fosfat 6%, 9%, 12%. Asam fosfat 6%, 9%, 12% (v/v) dari berat *CRBO* ditambahkan ke dalam *CRBO*, kemudian diaduk secara konstan selama 40 menit hingga terbentuk *gum* pada campuran. Kemudian, minyak disentrifugasi selama ± 30 menit. Dari tahap ini, diperoleh kondisi yang optimum yang diketahui dari hasil analisis bilangan asam, bilangan iodin, dan bilangan peroksida. Diagram alir pemurnian *CRBO* dapat dilihat pada Gambar 1.
 - Proses netralisasi** dilakukan setelah mendapatkan variasi konsentrasi asam fosfat yang terbaik. Setelah melalui proses *degumming*, selanjutnya minyak ditambahkan NaOH 0.1 N 1% dari berat minyak. Diaduk selama beberapa menit, kemudian minyak disentrifugasi selama 30 menit. Setelah itu, minyak ditambahkan air panas 10% yang bertujuan untuk menghilangkan sisa sabun yang masih terdapat di dalam

minyak. Kemudian, disentrifugasi kembali sehingga diperoleh minyak yang benar-benar murni.

- c. **Proses adsorpsi** dilakukan dengan variasi adsorben, yaitu zeolit dan bentonit. Adsorben ditimbang sebanyak 25% dari berat minyak, lalu kemudian dimasukkan ke dalam kertas saring. Selanjutnya, minyak dialirkan ke dalam kertas saring. Ditunggu hingga 24 jam.

Analisa :

1. **Bilangan asam** menunjukkan massa baa (dalam miligram NaOH) yang dibutuhkan untuk menetralkan asam lemak bebas yang terkandung dalam sampel. Pada penelitian ini perhitungan bilangan asam dilakukan dengan menggunakan larutan NaOH sebagai titran. Cara penentuan kadar asam lemak bebas berdasarkan metode resmi dari AOCS dan IOC, yaitu sampel minyak ditimbang 1 gram ke dalam erlenmeyer 250 ml. Kemudian, ditambahkan alkohol netral 25 ml ke dalam sampel dan dilarutkan. Ditambahkan 3 tetes indikator fenolftalein. Dititrasi dengan larutan standar NaOH 0.1 N sampai titik akhir, dimana terjadi perubahan warna merah muda yang pertama kali timbul dan tidak hilang selama 30 detik. Rumus perhitungan bilangan asam adalah sebagai berikut:

$$\% \text{FFA} = \frac{V \times N \times \text{BM}}{W}$$

Keterangan:

V : Volume larutan titer digunakan (ml)

N : Normalitas NaOH 0.1 N

W : Berat contoh uji (gram)

BM : Berat Molekul Minyak (% basis asam oleat)

2. **Bilangan peroksida** merupakan banyaknya minyak atau lemak yang telah mengalami oksidasi yang menyebabkan bau atau aroma tengik. Selain itu, bilangan peroksida juga merupakan tanda adanya pemecahan atau kerusakan pada lemak dan minyak. Bilangan peroksida yang tinggi mengindikasikan lemak atau minyak sudah mengalami oksidasi. Prinsip dari bilangan peroksida adalah senyawa dalam minyak dioksidasi oleh Kalium Iodida (KI) dan Iod yang dilepaskan dititar oleh tio sulfat (Wildan, 2002). Cara penentuan bilangan peroksida, yaitu sampel ditimbang sebanyak 1 gram dengan menggunakan labu erlenmeyer 250 ml, ditambahkan 15 ml campuran asam asetat glasial dengan kloroform dengan perbandingan 3:2. Dikocok sampai semua

sampel larut dan ditambahkan 0.3 ml KI jenuh dengan dibiarkan selama 2 menit di ruang gelap sambil di goyang, di tambahkan 15 ml akuades, kemudian dititrasi dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1 N, dibuat blanko sama seperti sebelumnya. Kemudian, dihitung bilangan peroksidanya. Kadar bilangan peroksida dihitung berdasarkan rumus berikut ini:

$$\text{Bilangan Peroksida} = \frac{(V_s - V_b) \times N_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}}{W}$$

Keterangan :

V_b : Volume titrasi blanko (liter)

V_s : Volume titrasi sampel yang diuji (liter)

N : Normalitas senyawa Natrium tiosulfat (mEq/liter)

W : Berat yang dimiliki oleh sampel yang diuji (kg)

3. **Bilangan iodin** adalah jumlah iodin yang dapat diikat oleh 100 gram lemak. Banyaknya jumlah iod yang diserap menunjukkan banyaknya ikatan rangkap dalam minyak, dikarenakan bilangan iodin adalah penentu untuk menyatakan ukuran ketidak jenuhan minyak atau lemak dan berkaitan dengan kandungan asam lemak tidak jenuh di dalam wax. Semakin tinggi bilangan iodinnya, maka kualitas minyak semakin baik. Cara penentuan bilangan iodin, yaitu sampel ditimbang 0.1 gram dengan menggunakan erlenmeyer 250 ml, ditambahkan 10 ml kloroform dan 13 ml larutan Wij's lalu disimpan di ruang gelap selama 30 menit. Kemudian, ditambahkan KI 5 ml dan dilarutkan 50 ml akuades, lalu ditambahkan larutan kanji 1% sebanyak 2 tetes lalu dititrasi dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1 N. Dibuat blanko. Kemudian, dihitung bilangan iodinnya. Kadar bilangan iodin dihitung berdasarkan rumus berikut ini:

$$\text{Bilangan Iodin} = \frac{(V_b - V_s) \times N_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \times 12,69}{W}$$

Keterangan :

V_b : Volume titrasi blanko (ml)

V_s : Volume titrasi sampel yang diuji (ml)

N : Normalitas senyawa Natrium tiosulfat

Ar : Massa molekul relatif pada senyawa I_2

W : Berat yang dimiliki oleh sampel yang diuji (gram)

4. **Analisis GCMS** merupakan metode yang mengkombinasikan kromatografi gas dan spektrometri massa untuk mengidentifikasi senyawa yang berbeda dalam sampel. Instrumen ini merupakan perpaduan dari dua

buah instrumen, yaitu kromatografi gas yang berfungsi untuk memisahkan senyawa menjadi senyawa tunggal dan spektroskopi massa yang berfungsi mendeteksi jenis senyawa berdasarkan pola fragmentasinya. Prinsip kerja dari alat GCMS, yaitu sampel yang diinjeksikan ke dalam kromatografi gas akan diubah menjadi fasa uap dan dialirkan melewati kolom kapiler dengan bantuan gas pembawa. Alat GCMS yang digunakan dalam menganalisis komposisi minyak dedak padi adalah GC-FID dengan gas pembawa, yaitu Helium (He).

4. Hasil dan Pembahasan Persiapan Bahan Baku

Bahan utama yang digunakan adalah dedak padi. Pengolahan dedak padi meliputi dua faktor penting, yaitu stabilisasi dan ekstraksi. Stabilisasi dedak padi dilakukan dengan pemanasan selama 20 menit dalam oven. Stabilisasi bertujuan untuk menghancurkan enzim lipase yang berada dalam dedak sehingga rendemen minyak meningkat dan kadar asam lemak bebas menurun [17].

Dedak padi yang telah distabilisasi dengan pemanasan, dilanjutkan dengan proses ekstraksi. Proses ekstraksi dilakukan selama 3 jam. Untuk mendapatkan minyak dari dedak padi, digunakan ekstraksi dengan pelarut heksana. Hasil ekstraksi merupakan campuran antara heksana dengan minyak. Untuk mendapatkan minyak murni, maka dilakukan evaporasi sehingga heksana akan menguap dan meninggalkan minyak murni. Minyak dedak padi memiliki kriteria tertentu untuk dapat digunakan. Untuk mengetahui kandungan yang terdapat dalam minyak dedak padi, maka perlu dilakukan uji analisis bilangan, seperti analisis bilangan asam, bilangan peroksida dan bilangan iodin, maupun perbandingan warna minyak. Minyak dedak padi komersial yang telah dipasarkan menjadi bahan rujukan dalam penelitian agar diperoleh kriteria analisis bilangan yang serupa. Dilakukan analisis pada kedua minyak sehingga dihasilkan data yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Analisis Minyak Dedak Padi

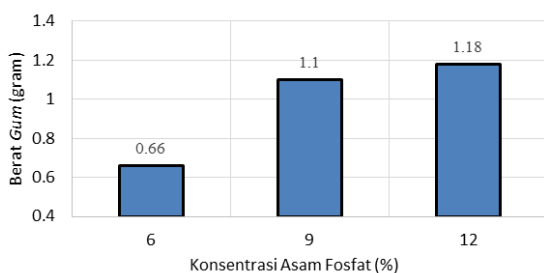
	Ekstraksi	Komersial
Bilangan Asam (%)	7,7	0,7
Bilangan Peroksida (mEk O ₂ /kg)	17,2	2,5
Bilangan Iodin (grI ₂ /gr sampel)	92,6	114,2

Minyak hasil ekstraksi memiliki nilai yang cukup jauh untuk memenuhi standar minyak komersial seperti pada Tabel 1. Pada bilangan

asam, minyak dengan kualitas tinggi memiliki asam lemak bebas yang rendah atau bilangan asam rendah. Namun, minyak hasil ekstraksi masih memiliki bilangan asam yang tinggi. Pada bilangan asam, minyak dengan kualitas tinggi memiliki asam lemak bebas yang rendah atau bilangan asam rendah. Namun, minyak hasil ekstraksi masih memiliki bilangan asam yang tinggi. Tingginya asam lemak bebas disebabkan oleh adanya reaksi hidrolisis pada minyak ataupun karena proses pengolahan yang kurang baik [18]. Proses hidrolisis tersebut menyebabkan terurainya lemak atau trigliserida oleh molekul air yang menghasilkan asam lemak bebas dan gliserol [18]. Molekul air tersebut kemungkinan berasal dari pelarut yang digunakan, dimana pelarut yang digunakan untuk mengekstraksi minyak dedak padi kemurniannya di bawah 90%. Asam lemak bebas terbentuk karena proses oksidasi dan hidrolisa enzim selama proses pengolahan dan penyimpanan [18]. Pada bilangan peroksida, besarnya bilangan peroksida pada minyak hasil ekstraksi dikarenakan adanya kemungkinan minyak sudah mengalami oksidasi. Hal tersebut diketahui dari bilangan peroksida yang dihasilkan. Dan pada bilangan iodin, besarnya bilangan iodin pada minyak komersial mengartikan bahwa asam lemak tidak jenuhnya tinggi, sehingga kualitas minyak semakin bagus. Rendahnya bilangan iod pada minyak hasil ekstraksi kemungkinan dikarenakan masih terkandungnya zat pengotor yang terdapat dalam minyak sehingga saat dilakukan analisis, kemungkinan analisis yang dilakukan tidak berjalan sempurna [18]. Oleh karena itu perlu dilakukan proses lanjutan atau pemurnian, seperti *degumming* dan adsorpsi agar diperoleh minyak dedak padi yang memenuhi standar nilai minyak komersial.

Pengaruh Konsentrasi Asam Fosfat Terhadap Berat Gum Pada Proses Degumming

Degumming (pemisahan *gum*) dilakukan untuk memisahkan getah dalam minyak yang merupakan zat pengotor bersifat larut dalam minyak, seperti asam lemak bebas, hidrokarbon, keton, tokoferol, glikolipid, fitosterol, fosfolipid, protein, pigmen (zat warna) dan resin. Proses *degumming* dilakukan dengan cara penambahan asam fosfat ke dalam minyak, kemudian diaduk secara konstan sehingga akan membentuk senyawa fosfolipida yang mudah dipisahkan dari minyak. *Degumming* mengkonversi fosfolipida menjadi gum terhidrasi yang tidak larut dalam minyak dan selanjutnya dipisahkan dengan cara sentrifugasi [8]. Pengaruh konsentrasi asam fosfat terhadap gum yang terpisah dari minyak disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengaruh Konsentrasi Asam Fosfat terhadap Berat Gum

Semakin tinggi konsentrasi asam fosfat maka *gum* yang dapat dipisahkan dari minyak semakin meningkat. *Gum* yang dihasilkan pada penelitian ini sesuai dengan hasil Bijay Krishna De dan J. D. Patel, yaitu 1,18 gram [19]. Hal ini dikarenakan asam fosfat bereaksi dengan *gum* dan terpisah dari minyak.

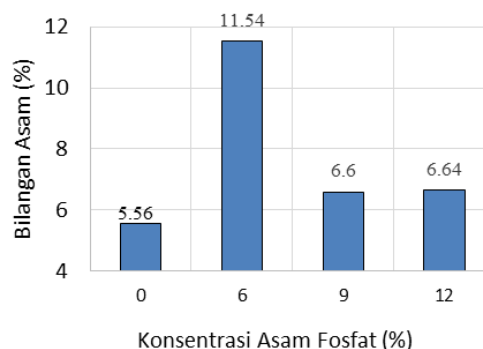
Pengaruh Konsentrasi Asam Fosfat Terhadap Bilangan Asam Pada Proses Degumming

Bilangan asam merupakan ukuran dari jumlah asam lemak bebas. Pengaruh konsentrasi asam fosfat terhadap bilangan asam disajikan pada Gambar 2. Pada Gambar 2, nilai bilangan asam terendah berada pada konsentrasi 9%. Hal ini dikarenakan berat *gum* yang dihasilkan dari proses *degumming* menyebabkan bilangan asam rendah jika dibandingkan dengan konsentrasi 6% dan 12%. Pada konsentrasi asam fosfat 6%, bilangan asam yang dihasilkan lebih tinggi dari sebelum ditambahkan asam fosfat dikarenakan *gum* yang dihasilkan lebih rendah sehingga menyebabkan adanya asam fosfat yang tidak mengikat *gum* pada minyak. Selain itu juga dikarenakan reaksi hidrolisis pada minyak ataupun karena proses pengolahan yang kurang baik yang menyebabkan terjadinya kenaikan bilangan asam. Pada konsentrasi 12%, bilangan asam yang dihasilkan lebih tinggi dari konsentrasi 9% hal ini dikarenakan adanya sisa asam fosfat yang tidak mengikat *gum* dan menurut [7], penggunaan asam fosfat yang terlalu banyak dapat merusak kualitas minyak dikarenakan sisa asam fosfat yang tidak bereaksi mengakibatkan kenaikan bilangan asam pada minyak sehingga penggunaan asam fosfat untuk proses *degumming* harus diperhatikan. Bilangan asam yang dihasilkan menunjukkan banyaknya asam lemak bebas yang dinetralkan oleh NaOH.

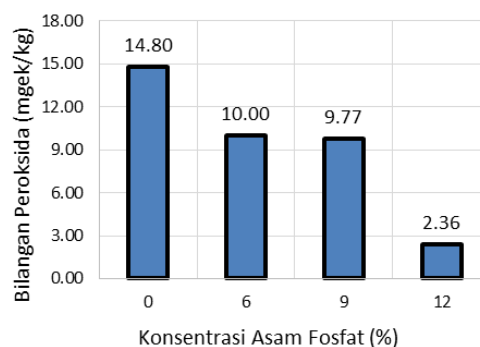
Pengaruh Konsentrasi Asam Fosfat Terhadap Bilangan Peroksida Pada Proses Degumming

Proses *degumming* minyak buah merah kasar menggunakan asam sitrat 0,2%, dapat menurunkan bilangan peroksida minyak yang dihasilkan. Berdasarkan Gambar 3, dapat diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi asam fosfat menyebabkan bilangan peroksida semakin

menurun. Semakin menurunnya bilangan peroksida maka kualitas minyak akan semakin baik.



Gambar 2. Pengaruh Konsentrasi Asam Fosfat Terhadap Bilangan Asam

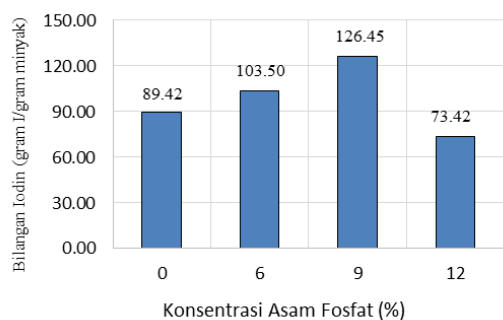


Gambar 3. Pengaruh konsentrasi Asam Fosfat Terhadap Bilangan Peroksida

Asam lemak tidak jenuh dapat mengikat oksigen pada ikatan rangkapnya sehingga membentuk peroksida. Pada konsentrasi 12%, bilangan peroksida yang dihasilkan lebih rendah daripada konsentrasi 6%, hal ini dikarenakan *gum* yang dipisahkan dari minyak lebih banyak daripada *gum* yang dihasilkan pada konsentrasi 6% sehingga menyebabkan berkurangnya sisa *gum* yang terdapat di dalam minyak dan matriks lipid dalam minyak yang termasuk asam lemak tidak jenuhnya tidak mudah teroksidasi sehingga menyebabkan bilangan peroksida rendah [11]. Adanya lipid yang bersifat auto-oksidasi menyebabkan terlepasnya ikatan rangkap dan membentuk peroksida. Lipid yang bersifat auto-oksidasi tersebut berasal dari *gum*.

Pengaruh Konsentrasi Asam Fosfat Terhadap Bilangan Iodin

Selanjutnya metode *degumming* yang digunakan pada minyak dengan menggunakan asam fosfat berpengaruh besar terhadap bilangan iodin. Pada Gambar 4 mengindikasikan bahwa penambahan asam fosfat mempengaruhi bilangan iodin. Semakin meningkatnya asam fosfat, maka bilangan iodin akan meningkat.



Gambar 4. Pengaruh Konsentrasi Asam Fosfat Terhadap Bilangan Iodin

Berdasarkan Gambar 4 dapat diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi asam fosfat menyebabkan bilangan iodin semakin menurun. Bilangan iodin dinyatakan sebagai jumlah gram iod yang diserap oleh 100 gram minyak atau lemak. Asam lemak yang tidak jenuh dalam minyak dan lemak mampu menyerap sejumlah iod dan membentuk senyawa yang jenuh. Semakin kecil jumlah ikatan rangkap dalam minyak menyebabkan semakin rendahnya bilangan iodin dari minyak tersebut. Terjadi peningkatan bilangan iodin dari konsentrasi 6% ke 9%, hal ini disebabkan dikarenakan pada konsentrasi 6% *gum* yang terpisah dari minyak sedikit sehingga menyebabkan bilangan iodinnya lebih rendah daripada 9%. Pada konsentrasi 12%, bilangan iodin yang dihasilkan lebih rendah daripada konsentrasi 6%, hal ini dikarenakan bilangan asam yang dihasilkan pada konsentrasi 12% lebih tinggi sehingga menyebabkan berkurangnya asam lemak tidak jenuh yang terdapat di dalam minyak. Turunnya bilangan iodin dapat dijadikan pertanda bahwa sebagian lemak telah mengalami kerusakan terutama disebabkan oleh proses oksidasi selama penyimpanan. Fosfolipid yang masih tertinggal dalam minyak akan menjadi autokatalis pada proses oksidasi. Proses oksidasi menyerang ikatan rangkap dari minyak sehingga membentuk peroksida dan akhirnya terurai menjadi produk-produk asam lemak bebas rantai pendek yang jenuh. Sebaliknya jika semakin banyak asam lemak ikatan rangkap yang menyusun suatu minyak maka nilai bilangan iodin akan meningkat [6]. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dengan berbagai variasi konsentrasi asam fosfat, maka diperoleh proses *degumming* yang optimal pada penggunaan asam fosfat 9% (v/v) terhadap minyak. Namun, kualitas minyak setelah proses *degumming* masih terlampaui jauh dengan minyak komersial yang ditunjukkan oleh nilai bilangan asam, bilangan peroksida, bilangan iod, dan warna yang dihasilkan. Adapun warna minyak yang dihasilkan masih berwarna coklat pekat. Hal ini dikarenakan warna pada minyak dedak padi setelah melalui proses pemurnian, tidak

dapat sepenuhnya dapat dihilangkan [11]. Oleh sebab itu, dilakukan proses netralisasi dan adsorpsi setelah melalui proses *degumming*. Netralisasi/deasidifikasi merupakan tahap lanjutan dalam proses konvensional pemurnian *crude edible oil*. Proses netralisasi bertujuan untuk memaksimalkan proses pemurnian yang dilakukan dengan reaksi saponifikasi (penyabunan). Proses penyabunan akan mereaksikan asam lemak bebas dan kaustik soda. Dengan melakukan proses ini, maka sudah tidak ada *gum* yang dapat menghambat proses pemisahan sabun dari minyak. Proses netralisasi dengan menggunakan NaOH dapat menghilangkan fosfatida, protein, rennin, dan suspensi dalam minyak yang tidak dapat dihilangkan dengan proses *degumming*. Proses netralisasi menggunakan NaOH 0.1 N, dikarenakan pada penelitian [20] menyimpulkan bahwa semakin kecil konsentrasi basa yang digunakan, maka semakin banyak jumlah *refined oil* yang diperoleh. Hasil penelitian yang dilakukan oleh De & Patel [19] menunjukkan NaOH mampu membentuk emulsi lebih kuat sehingga menurunkan zat warna dan kandungan bilangan asam yang terdapat dalam minyak. Massa sabun yang diperoleh pada proses netralisasi ini, yaitu sekitar 1,053 gram. Terjadi pemisahan anatar fase non-polar (minyak) yang memiliki densitas yang lebih rendah dari fase polar (sabun-air), minyak terpisah pada lapisan atas sedangkan sabun yang berwarna putih berada di lapisan bawah. Dalam minyak pun masih ada sisa NaOH yang terlarut sehingga perlu dilakukan pencucian. Pencucian dilakukan bertujuan menghilangkan impuritis yang bersifat *hydratable* dengan menggunakan air panas dan diaduk secara konstan, kemudian disentrifugasi selama 30 menit [10].

Pengaruh Adsorpsi dengan Adsorben Terhadap Komposisi Asam Lemak Minyak Dedak Padi

Minyak yang telah melalui proses netralisasi, selanjutnya dilakukan proses adsorpsi. Proses adsorpsi merupakan tahap akhir dari proses pemurnian minyak yang dipengaruhi oleh jenis adsorben yang digunakan. Adsorben yang digunakan dalam penelitian yaitu zeolit 3A dan bentonit. Proses adsorpsi berfungsi untuk memperbaiki kualitas minyak, seperti menghilangkan zat warna yang tidak diinginkan, menghilangkan impuritis, menurunkan kadar asam lemak bebas dan bilangan peroksida, dan meningkatkan komposisi asam lemak [16]. Data komposisi asam lemak pada saat sebelum di adsorpsi ditunjukkan pada Tabel 3. Komposisi asam lemak sebelum kondisi adsorpsi memiliki nilai yang belum memenuhi standar komposisi asam lemak untuk minyak komersial. Minyak

dedak padi hasil uji memiliki standar yang terlampaui jauh dengan minyak komersial. Namun, memiliki peluang sebagai bahan baku obat. Komposisi asam lemak sebelum adsorpsi belum memenuhi standar bahan baku obat, terutama pada kandungan asam oleat. Rendahnya nilai komposisi asam lemak tersebut disebabkan masih adanya sejumlah senyawa pengotor yang berukuran koloid/sangat kecil sehingga mempengaruhi komposisi dari minyak [21]. Dari

data tersebut, maka dari itu, perlu dilakukan proses pemurnian lebih lanjut dengan proses adsorpsi agar diperoleh minyak dedak padi yang memenuhi standar nilai minyak untuk bahan baku obat. Berdasarkan analisis hasil uji GCMS, diperoleh data komposisi asam lemak dalam minyak dedak padi yang telah dilakukan pemurnian menggunakan adsorben zeolit dan bentonit yang dapat dilihat pada Tabel 4, Gambar 5 dan 6.

Tabel 3. Perbandingan Komposisi Asam Lemak

No	Asam Lemak (%)	Jenis Asam Lemak	Sri dkk [19]	SBP Board of Consultant & Engineering 1998
1	Asam Oleat	Tidak jenuh	33,5	40 – 50
2	Asam Linoleat	Tidak jenuh	32,7	29 – 42
3	Asam Palmitat	Jenuh	25	12 – 18
4	Asam Miristat	Jenuh	3	0,1
5	Asam Stearat	Jenuh	1,5	1 – 3

Tabel 4. Hasil Analisis Uji GCMS pada Minyak Dedak Padi setelah dilakukan Adsorpsi

No	Asam Lemak (%)	Jenis Asam Lemak	Sri dkk [18]	Setelah Adsorpsi dengan Zeolit	Setelah Adsorpsi dengan Bentonit	SBP Board of Consultants & Engineer 1998
1	Asam oleat	Tidak jenuh	33,5	41,4	42,6	40 – 50
2	Asam linoleat	Tidak jenuh	32,7	25,7	20,7	29 – 42
3	Asam linolenat	Tidak jenuh	1,31	0,65	1,88	29 – 42
4	Asam palmitat	Jenuh	25	27,6	27,2	12 – 18
5	Asam miristat	Jenuh	3	1,00	1,69	0,1
6	Asam stearat	Jenuh	1,5	2,90	4,31	1 – 3

Berdasarkan hasil uji analisis GCMS dengan menggunakan zeolit dan bentonit, dapat dinyatakan bahwa kandungan asam lemak tak jenuh pada minyak dedak padi dengan adsorben bentonit mendekati kandungan minyak dedak dengan adsorben zeolit. Pada minyak dedak padi dengan menggunakan zeolit dan bentonit memiliki bilangan asam lemak tak jenuh sebesar 67,75% dan 65,18%. Hal yang membedakannya hanya pada jenis adsorben yang digunakan. Adsorpsi dengan menggunakan adsorben zeolit 3A menghasilkan kandungan asam lemak tak jenuh lebih unggul 2% dibanding dengan adsorpsi menggunakan bentonit. Hal tersebut dikarenakan zeolit 3A merupakan zeolit hasil modifikasi untuk meningkatkan kandungan Al, sehingga dapat menurunkan rasio Si/Al. Penurunan kandungan Al tidak diharapkan karena dapat memperbesar rasio perbandingan. Dan, jika nilai rasio perbandingan Si/Al tinggi, maka zeolit akan bersifat hidrofobik dan pori-pori zeolit akan menjadi lebih terbuka. Keunggulan ini membantu dalam mengoptimalkan proses penyerapan

impuritis, sehingga dihasilkan nilai asam lemak tidak jenuh yang lebih tinggi.

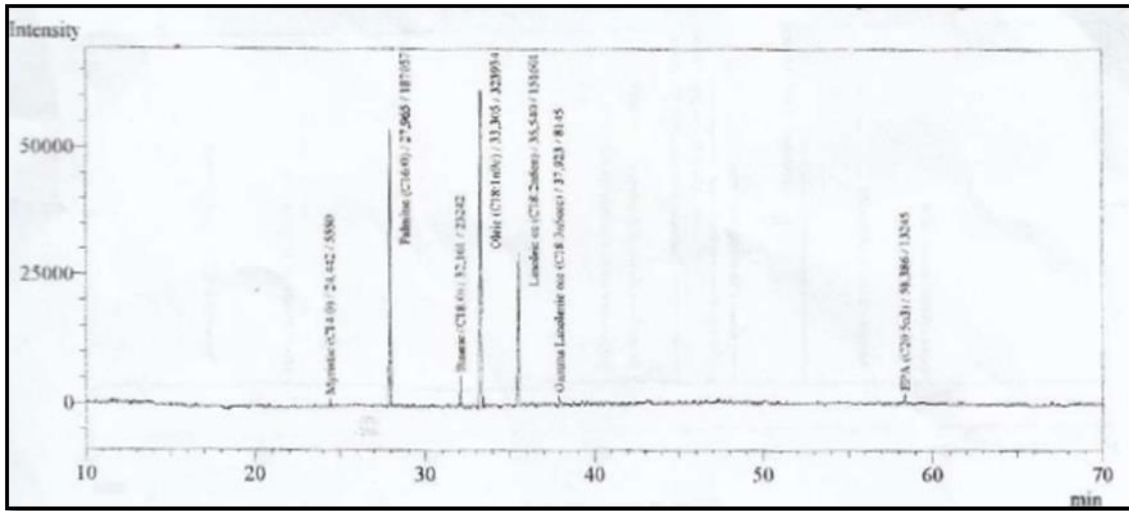
Setelah melalui proses adsorpsi, minyak yang dihasilkan memberikan warna yang sama seperti warna bahan bakunya yaitu berwarna coklat namun lebih terang. Hal ini dikarenakan warna pada minyak dedak padi setelah melalui proses pemurnian, tidak dapat sepenuhnya dapat dihilangkan.

Peneliti membandingkan hasil minyak adsorpsi yang diperoleh dengan hasil minyak penelitian lain dan standar yang berlaku di dunia, menurut Nurhan Turgut Runford, kandungan asam lemak tak jenuh pada asam oleat berkisar antara 38 – 45%. Sedangkan, kandungan asam linolenat berkisar 16 – 36%. Nilai tersebut mendekati literatur dari SBP Board Of Consultants and Engineer 1998, dimana kandungan asam lemak tak jenuh pada asam oleat berkisar antara 40 – 50% dan kandungan asam linolenat berkisar 29 – 42%. Kandungan asam lemak tak jenuh yang dihasilkan dari penelitian sesuai dengan literatur dan peneliti sebelumnya,

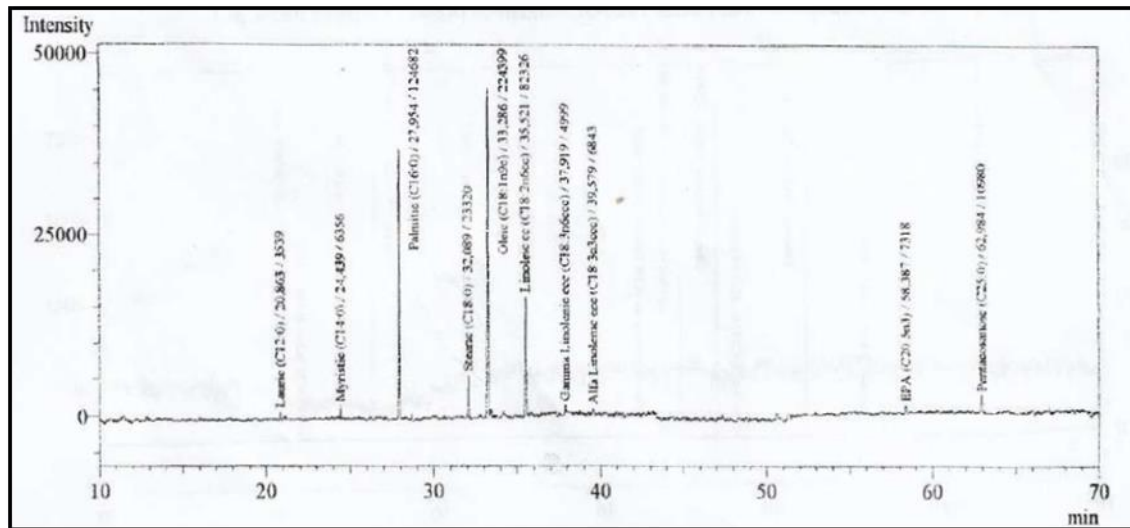
sehingga minyak dedak padi dengan proses adsorpsi menggunakan adsorben bentonit atau zeolit sama-sama berpotensi digunakan sebagai bahan baku obat.

Mutu minyak dalam penyediaan bahan baku obat dapat dibandingkan dengan standar Farmakope. Farmakope merupakan literatur resmi yang memuat uraian, persyaratan, dan keseragaman pengujian mutu obat. Jika dilihat dari nilai komposisi asam lemak yang tinggi dapat dikatakan bahwa minyak hasil penelitian dapat

digunakan sebagai bahan baku obat. Komposisi asam lemak ditentukan berdasarkan banyaknya ikatan rangkap dan dianalisis dengan uji bilangan iodin sebagai penentu ikatan rangkap dalam minyak. Bilangan iodin dari hasil analisis yaitu 126 gr Iod/gr. Berdasarkan buku farmakope, minyak yang dapat dijadikan bahan baku obat ditentukan oleh bilangan iodin, dimana rentang bilangan iodin 79 – 180 gr Iod/gr. Sehingga, dapat dikatakan bahwa minyak dedak hasil uji telah memenuhi standar bahan baku obat.



Gambar 5. Kromatogram Minyak Dedak Padi dengan Adsorben Zeolit



Gambar 6. Kromatogram Minyak Dedak Padi dengan Adsorben Zeolit

Berdasarkan hasil uji GCMS, terdapat 7 jenis senyawa dalam sampel minyak dedak padi dengan proses adsorpsi menggunakan adsorben zeolit 3A, diantaranya Miristat, Palmitat, Stearat, Oleat, Linoleat, Gamma Linoleat dan EPA. Sedangkan, pada bentonit mengandung 10 jenis senyawa dalam sampel minyak dedak padi, yaitu Laurat, Miristat, Palmitat, Stearat, Oleat, Linoleat, Gamma Linoleat, Alfa Linoleat, EPA, dan Pentacosanoat. Minyak dedak padi dari hasil

pemurnian dengan adsorben zeolit 3A, tidak mengandung senyawa Laurat, Alfa Linoleat dan Pentacosanoat seperti pada pemurnian minyak dedak padi dengan adsorben bentonit. Hal tersebut disebabkan karena adsorben zeolit 3A dapat menurunkan asam lemak bebas secara optimal, dengan daya serapnya yang besar [9]. Senyawa Laurat dan Pentacosanoic merupakan senyawa asam lemak jenuh, sehingga adsorben zeolit 3A mampu menghilangkan kandungan asam lemak jenuh tersebut dari minyak dedak padi untuk meningkatkan asam lemak tak jenuhnya. Sedangkan, senyawa Alfa Linoleat termasuk asam lemak tak jenuh. Senyawa yang kadarnya cukup tinggi pada kedua sampel dan merupakan senyawa dominan dalam minyak dedak padi, yaitu asam palmitat, asam oleat dan asam linoleat.

Analisis Vitamin E

Analisis vitamin E minyak dedak padi dilakukan untuk mengetahui adanya kandungan vitamin E dalam minyak. Umumnya, per 100 gram minyak dedak padi mengandung α -T3 14-33 mg dan γ -T3 9-69 mg dan α -tokoferol 19-46 mg, β -tokoferol 1-3 mg, γ -tokoferol 1-10 mg, dan δ -tokoferol 0,4-0,9 mg [11]. Minyak dedak padi sebelum dimurnikan mengandung 2-4% tokoferol dan setelah dimurnikan mengandung 48 - 70 mg% tokoferol. Berdasarkan hasil uji GCMS, sampel minyak dedak padi dengan proses adsorpsi menggunakan adsorben zeolit dan bentonit didapatkan kadar vitamin E < 0.01 mg. Hasil yang didapat sangat berbeda jauh dari standar. Hal tersebut mungkin disebabkan karena sifat dari vitamin E. Vitamin E, terutama tokoferol bersifat mudah terdekomposisi apabila terkena oksigen, cahaya, pH yang bersifat basa, dan teroksidasi jika terpapar dengan transisi logam [11]. Proses ekstraksi dan stabilisasi pemanasan menyebabkan vitamin E yang ada dalam minyak mengalami kerusakan, dikarenakan kondisi operasi suhu melebihi 100°C. Selain itu, vitamin E akan teroksidasi secara perlahan-lahan bila terkena oksigen di udara dan bila terkena cahaya warnanya akan menjadi gelap secara bertahap.

Tabel 5. Kandungan Vitamin E pada Minyak Dedak Padi Setelah Proses Adsorpsi

Jenis Adsorben	Satuan	Hasil
Zeolit	mg/100 gram	< 0,01
Bentonit	mg/100 gram	< 0,01

5. Kesimpulan

1. Pada proses pemurnian minyak dedak padi, konsentrasi asam fosfat terbaik untuk proses degumming, yaitu 9% (v/v) terhadap minyak.
2. Kedua jenis adsorben zeolit dan bentonite memberikan komposisi asam lemak tidak jenuh hampir mendekati atau sama, yaitu sebesar 67,75% dan 65,18%. Sehingga, baik zeolit maupun bentonit dapat digunakan sebagai adsorben pada proses pemurnian minyak dedak padi.
3. Kandungan vitamin E dalam minyak dedak padi setelah hasil uji GCMS, yaitu kurang dari 0,01 mg/100 gram. Nilai tersebut belum sesuai dengan standar vitamin E dalam minyak dedak padi, yaitu 48 - 70 mg/100 gram.

Daftar Pustaka

- [1] Soedjanaatmadja, U. M., O, S. H. & T., A., 2002. Bekatul Padi Sebagai Sumber Produksi Minyak dan Isolat Protein. *Jurnal Bionatura*, 4(2), pp. 61-68.
- [2] Suryati, Ismail, A. & Afriyanti, 2015. Proses Pembuatan Minyak Dedak Padi (RBO) Menggunakan Metode Ekstraksi. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, Volume 4, pp. 37-45.
- [3] Sukrasno, 2017. *Bekatul: Makanan Sehat yang Terabaikan*. 1 penyunt. Bandung: ITB
- [4] Azis, T., Dewi, L. K. & Hendra, 2008. Optimasi Pemucatan Minyak Mentah Dedak Padi dengan Menggunakan Karbon Aktif. *Jurnal Teknik Kimia*, Volume 15
- [5] Setiawati, A. E. & Asy-syahid, Y. S., 2018. *Penjumpatan Wax dari Bekatul dengan Metode Pendinginan dan Ekstraksi Pelarut*, Serpong, Tangerang Selatan: s.n

- [6] Sumarna, D., 2006. Proses Degumming CPO (Crude Palm Oil) Menggunakan Membran Ultrafiltrasi. *Jurnal Teknologi Pertanian*, Volume 2.
- [7] Ristianingsih, Y., Sutijan & Budiman, A., 2011. Studi Kinetika Proses Kimia dan Fisika Penghilangan Getah Crude Palm Oil (CPO) dengan Asam Fosfat. 13(4), pp. 242-247.
- [8] Arita, S., Anindya, S. A. & Wildayani, H., 2009. Pengaruh Penambahan Asam Pada Proses Pemurnian Minyak Jarak Pagar Kasar. *Jurnal Teknik Kimia*, Volume 16.
- [9] Setiawan, A., Pato, U. & Hamzah, F., 2016. Pemurnian Minyak Goreng dari Biji Karet Menggunakan Zeolit. *Jurnal Faperta*, Volume 3.
- [10] Prasetyowati, Kurniawan, A. & Saputra, D., 2011. Pemurnian Minyak Jelantah dengan Adsorben Bentonit. *Jurnal Teknik Kimia*, 17(5).
- [11] Cheong, L.-Z. & Xu, X., 2019. *Rice Bran and Rice Bran Oil*. s.l.: Academic Press and AOCS Press.
- [12] Erickson, D. R., 1990. *Edible Fats and Oils Processing: Basic Principles and Modern Practices*. Illionis: American Oil Chemists' Society Champaign
- [13] Dijkstra, A. J., 1992. Proceeding of the World Conference of Oilseed Technology and Utilization. *AOCS Press Campaign*, pp. 138-151.
- [14] Anwar, R. N., Sunarto, W. & Kusumastuti, E., 2016. Pemanfaatan Bentonit Teraktivasi Asam Klorida Untuk Pengolahan Minyak Goreng Bekas. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 5(3).
- [15] Sri Handayani dan Enjarlis., 2015. Pemurnian Virgin Coconut Oil Menggunakan Zeolir 3 A Sebagai Bahan Baku Obat Kulit. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*. JBAT 5 (2), pp. 61-67.
- [16] Eni Apriyanti., 2012. Adsorpsi Karbon Dioksida Menggunakan Zeolit: Aplikasi Pada Pemurnian Biogas. *Majalah Ilmiah Universitas Pandanaran*, Vol 10, No.22.
- [17] Hadipernata M., 2007. Mengolah Dedak menjadi Padi (Rice Bran Oil). *J. Warta Penelitian dan Pengembangan Pertamina*, 2007.
- [18] Sri Handayani, Sofa Fajriah, Enjarlis., 2020. Rice Bran Oil Extraction as Trioxolane Raw Material. *Simetrikal Journal of Engineering and Technology*. Vol. 02, No. 01. pp. 13-19.
- [19] De, B. K. & Patel, J. D., 2010. Effect of Different Degumming Processes and Some Nontraditional Neutralizing Agent on Refining of RBO. *Journal of Oleo Science*, pp. 121-125.
- [21] Inayati, Johan, M. R. & Maulana, M. A., 2015. Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Alkali dalam Pembuatan Enriched Rice Bran Oil Pada Tahap Awal Proses Isolasi Y-Oryzanol. *Ekulilibrium Journal of Chemical Engineering*, 14(1), pp. 23-29.
- [22] Ahmadi, K. & Mushollaeni, W., 2007. Pemurnian Minyak Ikan Hasil Samping Penepungan Ikan Lemuru (*Sardinella longiceps*) Menggunakan Zeolit Alam Teraktivasi. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 8(2), pp. 71-79.