PEMANFAATAN ADSORBEN DARI BIJI ASAM JAWA UNTUK MENURUNKAN BILANGAN PEROKSIDA PADA CPO (*CRUDE PALM OIL*)

Agus Mangiring Siburian, Agnes Sartika Doharma Pardede, Setiaty Pandia
Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara,
Jl. Almamater Kampus USU Medan 20155, Indonesia
Email : agusmangiring@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas biji asam jawa sebagai adsorben untuk menurunkan kandungan bilangan peroksida pada CPO (*Crude Palm Oil*). Metode yang digunakan adalah perlakuan awal dengan mencuci biji asam jawa, menjemur, dan menghaluskannya, aktivasi biji asam jawa, dan proses adsorpsi pada suhu 90 ^{o}C dan kecepatan pengadukan 1000 rpm. Biji asam jawa yang telah dibersihkan dan dihaluskan sampai lolos ayakan 140 mesh kemudian diaktivasi dengan asam nitrat 4 N pada rasio tertentu dari adsorben : asam nitrat (b:v), dipanaskan pada suhu 80 ^{o}C selama 2 jam, lalu dikeringkan dengan oven selama 2 jam. Proses adsorpsi menggunakan adsorben yang memiliki bilangan iodin tertinggi dan dilakukan dengan variasi dosis adsorben dan waktu kontak. Bilangan iodin tertinggi adalah 511,773 mg/g yang diperoleh dari rasio adsorben : asam nitrat 1:2 dan suhu oven 130 ^{o}C. Penurunan terbaik terhadap bilangan peroksida diperoleh pada dosis adsorben 1% dan waktu kontak 35 menit, dengan bilangan peroksida sebesar 0,00868 meq/kg dan persentase penurunan sebesar 39,72%. Penelitian ini menunjukkan bahwa adsorben dari biji asam jawa yang diaktivasi dengan asam nitrat efektif untuk menurunkan bilangan peroksida pada CPO.

Kata kunci: biji asam jawa, adsorben, CPO, bilangan peroksida

Abstract

This study was aimed to discover the effectiveness of tamarind seeds as adsorbent for the reduction of PV (Peroxide Value) in CPO (Crude Palm Oil) at the best adsorbent dose and contact time. Materials used were CPO, tamarind seeds, nitric acid, and distilled water. Variables observed were adsorbent : nitric acid ratio and oven temperature in adsorbent activation process, and contact time and adsorbent dose in adsorption process. This study was begun with adsorbent modification, where the cleaced and crushed tamarind seeds to pass through 140 mesh were activated with 4 N nitric acid at 1:1, 1:2, 1:3 and 1:4 of adsorbent : nitric acid ratio while heated at 80 ^{o}C for 2 hours. Adsorbent was then dried in oven at 110 ^{o}C, 120 ^{o}C, 130 ^{o}C and 140 ^{o}C. Adsorbent with the higher iodine number was used in adsorption process that was carried out by heating 100 grams of CPO on hot plate at 90 ^{o}C with 1000 rpm of stirring speed, and followed by adsorbent addition of 0.5 %, 1,0 %, and 1,5 % (of CPO used) and 25, 35, and 45 minutes of contact time, and after that oil was filtered using vacuum pump. The study results showed that the best ratio of adsorbent : nitric acid 4 N was 1:2 at 130 ^{o}C of oven temperature with 511.773 mg/g of iodine number. The best adsorbent dose was 1.0 % at 35 minutes of contact time that gave higher reduction of PV with peroxide value of 0,00868 meq/kg with the reduction percentage was 39,72 %. This study showed that nitcic acid-activated adsorbent from tamarind seeds was effective to reduce PV in CPO.

Keywords*: tamarind seeds, adsorbent, CPO, PV*

Pendahuluan

Degumming dan *bleaching* merupakan tahap yang penting dalam proses rafinasi minyak sawit. *Degumming* menggunakan asam fosfat dengan konsentrasi dan dosis yang tinggi dapat menyebabkan tingginya kandungan fosfor pada minyak yang akan menyulitkan tahap rafinasi selanjutnya. *Degumming* menggunakan alkali, seperti NaOH, dapat membentuk emulsi sabun yang menyebabkan semakin banyak minyak netral yang hilang [21]. *Bleaching* menggunakan *bleaching earth* memang efektif menurunkan warna pada CPO dan membuatnya menjadi lebih jernih, namun sering berisiko menyebabkan kandungan karoten minyak sebagai sumber energi terbesar menurun drastis [9].

Salah satu standar kualitas untuk minyak sawit adalah bilangan peroksida. Peningkatan bilangan peroksida dapat menurunkan kualitas minyak sawit melalui reaksi oksidasi. Bilangan peroksida yang tinggi harus dihindari karena dapat menimbulkan bau tengik pada minyak dan berkurangnya umur penyimpanan minyak [12].

Adsorben dapat dibuat dari berbagai jenis biomassa, misalnya dari biji-biji tanaman tertentu,

seperti asam jawa (*Tamarindus indica*). Di banyak tempat, bagian yang paling banyak dimanfaatkan dari tanaman asam jawa adalah daging buahnya sebaggai bahan pelengkap makanan, sedangkan bagian bijinya tidak dimanfaatkan dan dibuang sebagai limbah [5].

Beberapa penelitian yang menggunakan biji asam jawa sebagai adsorben telah banyak dilakukan, baik yang diaktivasi atau tanpa aktivasi. Adsorben dari biji asam jawa yang diaktivasi dengan asam digunakan untuk adsorpsi logam berat kromium (III) [22], pewarna metilen biru dan hijau perunggu [8, 13], dan penyisihan kromium (IV) [17]. Selain itu, telah banyak pula dilakukan penelitian tentang pemurnian atau rafinasi minyak menggunakan adsorben, khususnya pada tahap *degumming* dan bleaching, dimana hasilnya menunjukkan bahwa tanah liat (*clay*) yang diaktivasi dengan asam lebih efektif dari yang netral dengan dosis yang disarankan sebesar > 0,5% untuk penyisihan yang lebih baik terhadap kandungan-kandungan yang tidak diinginkan dari CPO [22]. Kontak antara minyak goreng bekas dengan arang aktif dari sekam padi sebagai adsorben menghasilkan minyak dengan kualitas yang lebih baik [12].

Berdasarkan uraian di atas, adsorben dari biiji asam jawa yang diaktivasi dengan asam nitrat dapat dicoba diaplikasikan untuk menurunkan bilangan peroksida pada CPO.

Teori

Degumming adalah proses penyisihan *gum*, yang mengandung fosfolipida, protein, residu, karbohidrat, air, dan resin [17]. Beberapa cara untuk menghilangkan *gum*, antara lain dengan pemanasan, penambahan asam (H_3PO_4, H_2SO_4, dan HCl) atau basa (NaOH) [21]. *Bleaching* adalah penghilangan warna, agen pengoksidasi, sisa *gum*, sabun, dan logam *trace* dengan pencampuran minyak dengan adsorben yang umumnya dikenal sebagai *bleaching earth* [17].

Tabel 1. Komposisi Biji Asam Jawa, Kernel, dan Testa (%) [3, 18, 19, 20]

Konstituen	*Whole Seed*	*Seed Kernel* (Kotiledon)	Testa (*Seed Coat*)
Moisture	9,4-11,3	11,4-22,7	11,0
Protein	13,3-26,9	15,0-20,9	
Lemak/Minyak	4,5-16,2	3,9-16,2	
Crude Fibre	7,4-8,8	2,5-8,2	21,6
Karbohidrat	50,0-57,0	65,1-72,2	
Total Ash	1,60-4,20	2,4-4,2	7,4
Ekstrak Bebas Nitrogen	59,0		
Yield TKP	50,0-60,0		
Kalori/100 g	340,3		
Total Gula	11,3-25,3		
Gula Tereduksi	7,4		
Starch	33,1		
Tannin			20,2

Adsorben atau biosorben juga dapat dibuat dari biji-bijian tanaman tertentu seperti asam jawa [5]. Adapun komposisi kimia dari biji asam Jawa diberikan pada Tabel 1. Sedangkan komposisi dari konstituen utama minyak sawit kasar diberikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi dari Konstituen Utama Minyak Sawit Kasar (CPO) [17]

Konstituen	*Crude Palm Oil*
Trigliserida, %	95
Asam Lemak Bebas (FFA), %	2-5
Red Color (5 ¼ " Lovibond Cell)	*Orange Red*
Moisture & Impurities, %	0,15-3,0
Bilangan Peroksida, (meq/kg)	1-5,0
Bilangan Anisidine, AV	2-6
β – karoten, ppm	500-700
Fosfor, ppm	10-20
Besi, ppm	4-10
Tokoferol, ppm	600-1000
Digliserida, %	2-6

Proses pemurnian minyak nabati pada umumnya terdiri dari 4 tahap, yaitu: a) proses pemisahan *gum* (*degumming)*, b) proses pemucatan (*bleaching*), c) proses penghilangan bau (deodorisasi) yang merupakan penghilangan asam lemak bebas dan komponen penyebab bau tidak sedap seperti peroksida, keton dan senyawa hasil oksidasi lemak lainnya [5].

Bilangan peroksida adalah banyaknya miliekuivalen peroksida dalam 1000 gram lemak. Bilangan peroksida adalah nilai terpenting untuk menentukan derajat kerusakan pada minyak atau lemak. Asam lemak tidak jenuh dapat mengikat oksigen pada ikatan rangkapnya sehingga membentuk peroksida. Peroksida ini dapat ditentukan dengan metode iodometri Standar bilangan peroksida untuk minyak yang dipucatkan adalah 0 meq/kg [12].

Metodologi Penelitian

Bahan dan Alat

Adapun bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah CPO dan biji asam jawa yang diperoleh dari sekitar lingkungan kampus Universitas Sumatera Utara. Asam nitrat digunakan pada proses aktivasi adsorben. Larutan iodin, pati, natrium tiosulfat, aquadest, kloroform, asam asetat, dan kalium iodida jenuh digunakan untuk keperluan analisa.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah beaker glass, erlenmeyer, erlenmeyer vakum, pompa vakum, corong Buchner, *hot plate*, gelas ukur, corong gelas, oven, buret, statif, pipet tetes, batang pengaduk, dan neraca digital.

Prosedur Kerja

Prosedur Aktivasi Adsorben

Biji asam jawa dicuci dengan air dan dikeringkan dengan cara dijemur di bawah sinar matahari. Selanjutnya biji asam jawa dihaluskan sampai berbentuk bubuk dengan ukuran 140 mesh. Adsorben diaktivasi dengan larutan asam nitrat 4 N [16] dengan rasio adsorben : asam nitrat (b:v) sebesar 1:1 dan dipanaskan selama 2 jam pada suhu 80 ^{o}C, kemudian didinginkan dan setelahnya dicuci dengan aquadest untuk menghilangkan residu asam. Adsorben dikeringkan di dalam oven pada suhu 110 ^{o}C selama 2 jam. Prosedur diulangi untuk rasio adsorben : asam nitrat sebesar 1:2, 1:3, dan 1:4, dan suhu oven 120, 130, dan 140 ^{o}C. Kemudian dilakukan analisa bilangan iodin terhadap semua variasi adsorben.

Prosedur Adsorpsi pada CPO

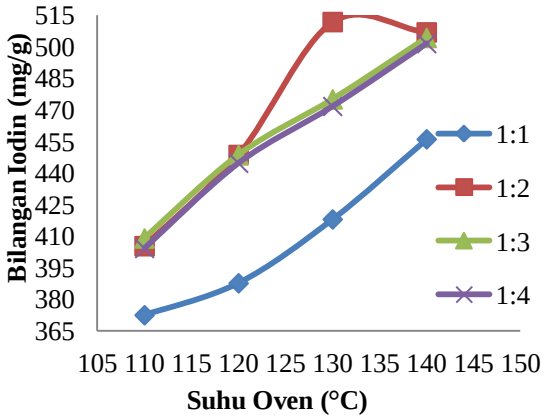
Sebanyak 100 gram CPO dituangkan ke dalam *beaker glass* dan dipanaskan di atas *hot plate* sampai suhu 90 °C sambil diaduk pada 1000 rpm menggunakan *magnetic stirrer*. Adsorben ditambahkan pada dosis 0,5% dari berat CPO, dan suhu dijaga pada rentang 100-110 ° C selama 25 menit. Setelah itu, minyak disaring dengan segera menggunakan corong Buchner dan kertas saring Whatman No. 1 pada kondisi vakum. Prosedur diulangi untuk waktu kontak 35 dan 45 menit, serta dosis penmabhan adsorben sebesar 1% dan 1.5% dari berat CPO yang digunakan [2]. Dilakukan analisa bilangan peroksida terhadap minyak hasil penyaringan dan minyak sebelum dikontakkan dengan adsorben, serta analisa FTIR terhadap residu, adsorben sebelum dimodifikasi, dan adsroben setelah dimodifikasi.

Hasil dan Pembahasan

Pengaruh Suhu Oven dan Rasio Adsorben : Asam Nitrat terhadap Bilangan Iodin Adsorben

Sebelum dan setelah aktivasi, dilakukan analisa terhadap bilangan iodin adsorben. Bilangan iodin sebelum dilakukan aktivasi adalah sebesar 379, 812 mg/g, sedangkan bilangan iodin setelah aktivasi digambarkan melalui grafik pada Gambar 1.

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa bilangan iodin cenderung meningkat dengan bertambahnya suhu oven untuk rasio adsorben : asam nitrat yang sama, dan dengan penurunan rasio pada suhu oven yang sama. Bilangan iodin tertinggi diperoleh pada suhu oven 130 ^{o}C dengan rasio 1:2, yaitu 511,773 mg/g. Modifikasi adsorben secara kimia umumnya dilakukan pada suhu yang lebih rendah dari metode modifikasi fisika [20].



Gambar 1. Pengaruh Suhu Oven terhadap Bilangan Iodin Adsorben pada Rasio Adsorben : Asam Nitrat tertentu

Suhu yang lebih tinggi dapat meningkatkan laju reaksi pengurangan pengotor dan senyawa volatil yang mengisi pori-pori adsorben, sehingga mengoptimalkan pembentukan pori aktif. Namun, pemanasan berlebihan dapat berdampak pada pengurangan mesopori dan mikropori [24]. Konsentrasi aktivator yang sangat rendah dapat menyebabkan pembentukan situs aktif yang tidak sempurna, sedangkan rasio yang sangat tinggi dari adsorben dengan aktivatornya dapat menyebabkan kerusakan pada struktu adsorben [11]. Volume aktivator yang terllau besar akan mengeliminasi sifat aktif adsorben karena kerusakan yang disebabkan oleh pelarutan dan lepasnya pori pada adsorben.

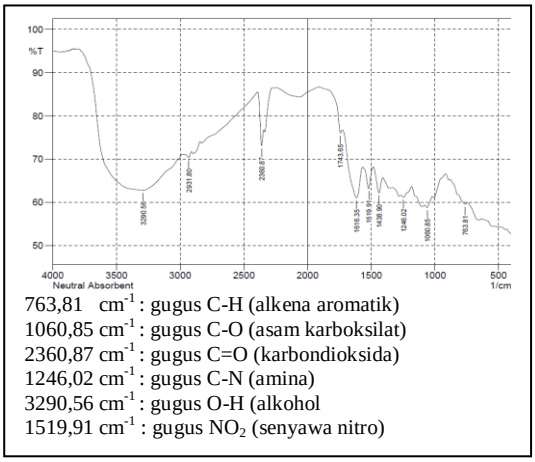
Ketidakteraturan terjadi pada beberapa titik seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Hal ini dapat terjadi karena beberapa kemungkinan penyebab. Pertama, kandungan air pada adsorben setelah pencucian tidak dapat dikontrol, sehingga mempengaruhi pengeringan di dalam oven yang bertujuan untuk menguapkan kandungan air dan senyawa volatil yang terkandung pada adsorben setelah diaktivasi. Kedua, pada rasio 1:2 dan suhu oven 140 ^{o}C, terjadi perengkahan yang mengakibatkan berkurangnya pembentukan mesopori dan mikropori adsorben. Ketiga, pada aktivasi dengan volume aktivator yang lebih banyak (rasio di bawah 1:2), terjadi kerusakan pada adsorben karena pelarutan pada strukturnya.

Dengan membandingkan teori dengan hasil yang diperoleh pada penelitian, dapat disimpulkan bahwa kondisi yang paling baik untuk memproduksi adsorbben dari biji asam jawa adalah pada rasio adsorben : asam nitrat 1:2 dan suhu oven 130 °C.

Karakterisasi Gugus Fungsi pada Adsorben dengan Spektrofotometri FTIR

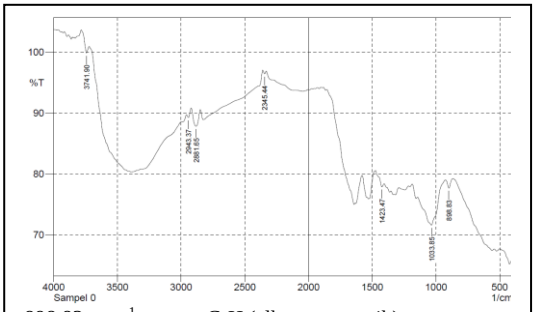
Gugus-gugus fungsi yang terdapat pada adsorben dianalisa dengan spektrofotometri

FTIR dan membandingkannya dengan literatur, yaitu tabel korelasi IR [8, 19]. Adapun hasil yang diperoleh diberikan pada Gambar 2, 3, dan 4.



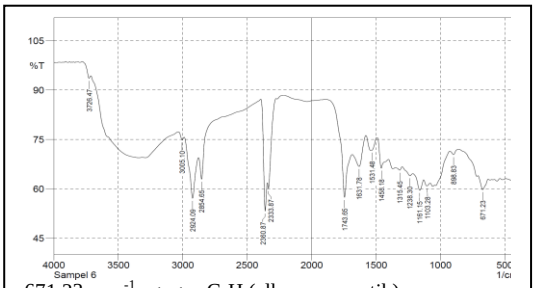
763,81 cm^{-1} : gugus C-H (alkena aromatik)
1060,85 cm^{-1} : gugus C-O (asam karboksilat)
2360,87 cm^{-1} : gugus C=O (karbondioksida)
1246,02 cm^{-1} : gugus C-N (amina)
3290,56 cm^{-1} : gugus O-H (alkohol
1519,91 cm^{-1} : gugus NO_2 (senyawa nitro)

Gambar 2. Hasil Spektrofotometri FTIR pada Adsorben Sebelum Diaktivasi



898,83 cm^{-1} : gugus C-H (alkena aromatik)
2881,65 cm^{-1} : gugus N=H (amina)
2943,37 cm^{-1} : gugus O-H (alkohol)
3741,90 cm^{-1} : gugus –OH (alkohol ikatan hidrogen)
2345,44 cm^{-1} : gugus C=O (karbondioksida)
2943,37 cm^{-1} : gugus C-H (alkana, alkanol)
1531,48 cm^{-1} : gugus NO_2 (nitro)

Gambar 3. Hasil Spektrofotometri FTIR pada Adsorben Setelah Diaktivasi



671,23 cm^{-1} : gugus C-H (alkena aromatik)
1743,65 cm^{-1} : gugus C=O (keton)
1103,28 cm^{-1} : gugus C=O (ester)
1631,78 cm^{-1} : gugus C= H (metil)
1238,30 cm^{-1} : gugus O-H (alkohol)
3005,10 cm^{-1} : gugus N-H (amina)
1161,15 cm^{-1} : gugus C-O (asam karboksilat)
2333,87 cm^{-1}: gugus –CO- (aldehid)
1315,45 cm^{-1} : gugus NO_2 (nitro)

Gambar 4. Hasil Spektrofotometri FTIR untuk Adsorben Biji Asam Jawa yang Telah Terpakai untuk Adsorpsi

Dari Gambar 2 dan 3 dapat dibandingkan gugus fungsi yang terdapat pada adsorben, sebelum dan setelah diaktivasi. Dari kedua grafik dapat dilihat bahwa proses pengaktivasian tidak memberikan perubahan yang berarti terhadap gugus-gugus fungsi yang terkandung pada kedua adsorben.

Adsorben sebelum diaktivasi mengandung gugus alkena, senyawa karbon cincin aromatik, karbondioksida, gugus –OH dari alkohol, senyawa nitro, dan amina. Setelah diaktivasi tidak terdapat lagi asam karboksilat pada adsorben. Titik didih asam karboksilat hanya sedikit di atas titik didih air [10]. Maka dapat terjadi kemungkinan menguapnya asam karboksilat saat proses aktivasi adsorben. Kandungan gugus –OH hidroksil pada biji asam jawa memiliki kecenderungan berinteraksi dengan adsorbat [17]. Gugus alkanol mempengaruhi daya pemucatan adsorben, asam lemak bebas, peroksida, dan zat-zat organik yang bersifat polar [4]. Pada aktivasi menggunakan asam terjadi pertukaran kation dari mineral dengan ion H^- dari asam yang menyebabkan adsorben menjadi bermuatan negatif, sehingga kemampuan penyerapannya meningkat. Selain itu, pertukaran ion ini yang akan meningkatkan luas permukaan adsorben [16].

Pada adsorben yang telah dikontakkan dengan CPO, ada beberapa gugus fungsi yang terikat oleh adsorben setelah pengontakkan. Pada bilangan gelombang 1238,30 cm^{-1} terdapat gugus –OH yang merupakan indikasi melekatnya senyawa polar peroksida HOOH. Keton dan aldehid merupakan senyawa yang menyebabkan kekeruhan dan bau tengik atau *rancid* pada minyak. Pada bilangan gelombang 1161,15 cm^{-1} terdapat gugus C-O asam karboksilat. Pada bilangan gelombang 1103,28 cm^{-1} terdapat gugus ester, dan pada bilangan gelombang 1631,78 cm^{-1} terdapat gugus hidrokarbon metil. Gugus alkanol yang berperan menyerap kandungan pengotor spesifik pada CPO tidak ditemukan lagi pada adsorben setelah diaktivasi, yang berarti keseluruhannya telah terpakai untuk proses adsorpsi pada permukaan adsorben.

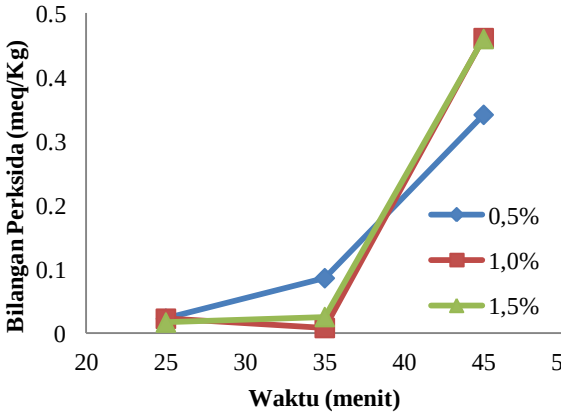
Senyawa amina dan nitro yang terdapat pada adsorben, baik sebelum dan setelah diaktivasi, serta setelah dikontakkan dengan CPO, kemungkinan besar didapatkan biji asam jawa dari tanah dan pupuk tanaman.

Kerusakan lemak atau minyak yang utama adalah karena peristiwa oksidasi dan hidrolitik, baik enzimatik maupun nonenzimatik. Kerusakan pada minyak kelapa sawit menyebabkan bau tengik atau *rancid* terutama disebabkan oleh aldehid dan keton [17]. Dari hasil spektrofotmetri IR ini dapat disimpulkan bahwa adsorben dari biji asam jawa dapat

mengadsorpsi senyawa peroksida, aldehid, dan keton dari minyak kelapa sawit.

Pengaruh Dosis Adsorben dan Waktu Kontak terhadap Bilangan Peroksida CPO

Dilakukan analisa terhadap bilangan peroksida CPO sebelum dan setelah dikontakkan dengan CPO. Bilangan peroksida CPO sebelum dikontakkan dengan adsorben adalah sebesar 0,0144 meq/kg, sedangkan bilangan peroksida setelah kontak dengan adsorben dapat digambarkan melalui grafik pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh Waktu Kontak terhadap Bilangan Peroksida CPO untuk Dosis Adsorben Tertentu

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa bilangan peroksida yang dihasilkan berfluktuasi dan meningkat pada suatu titik untuk setiap kondisi operasi. Penurunan yang maksimum diperoleh pada waktu kontak 35 menit dan dosis adsorben 1%.

Bilangan peroksida adalah jumlah miliekivalen peroxida dalam 1000 gram lemak atau minyak, dan merupakan angka penting untuk menentukan derajat kerusakan lemak atau minyak. Asam lemak tak jenuh dapat mengikat oksigen menjadi ikatan rangkap untuk membentuk peroksida [12].

Berdasarkan hasil yang diperoleh, waktu kontak adsorpsi yang semakin lama tidak meningkatkan kapasitas adsorpsi adsorben secara signifikan sehingga desorpsi dapat terjadi. Proses desorpsi disebabkan oleh jenuhnya permukaan adsorben yang menurunkan laju adsorpsi. Hal ini dapat dipakai untuk menyimpulkan bahwa mekanisme proses adsorpsi yang terjadi pada penelitian ini adalah adsorpsi fisika [39]. Penyebab proses adsorpsi antara adsorbent dan peroksida adalah perbedaan energi potensial antara permukaan adsorben dengan zat-zat yang teradsorpsi, baik yang mencakup gaya fisika maupun kimia. Adsorpsi fisika mencakup gaya intermolekul (gaya van der Waals atau ikatan hidrogen). Molekul yang terbentuk dari adsorpsi fisika sangat lemah dan energi yang dilepaskan relatif rendah, sekitar 20 kJ/mole. Oleh karena itu, sifat dari proses adsorpsi ini adalah reversibel, dimana dapat terlepas kembali seiring berkurangnya konsentrasi larutan [1].

Kesimpulan

Bilangan iodin adsorben dari biji asam jawa yang paling besar adalah 511,773 mg/g yang diperoleh pada aktivasi dengan suhu 80 ^{o}C, ukuran adsorben 140 mesh, rasio adsorben : asam nitrat (b:v) 1:2, dan suhu pemanasan di dalam oven 130 ^{o}C. Dari hasil karakterisasi dengan spektofotometri FTIR, dapat disimpulkan bahwa adsorben menyerap senyawa organik bersifat polar, peroksida, aldehid, dan keton. Adsorpsi terbaik terhadap bilangan peroksida diperoleh pada dosis adsorben 1% dari berat minyak dengan waktu kontak 35 menit, yaitu 0,00868 meq/kg minyak dengan presentase penurunan sebesar 39,72 %.

Daftar Pustaka

[1] Aisyah, Siti., Eny Yulianti, and Ghanaim Fasya., "Penurunan Angka Peroksida dan Asam Lemak Bebas (FFA) pada Proses Bleaching Minyak Goreng Bekas oleh Karbon Aktif Polong Buah Kelor (Moringa Oliefera. Lamk) dengan Aktivasi NaCl", ALCHEMY, Vol. 1, No.2, 93 – 103, 2010.

[2] AOCS, 1993, "Official Methods and Recommended Practices of the AOCS", 4th Edition, American Oil Chemists Society, Champaign, USA.

[3] Bhattacharya, P.K., Bal, S., and Mukherji, R.K., "Studies on The Characteristics of Some Products from Tamarind (Tamarindus indica L.) Kernels", Journal of Food Science and Technology (India), Vol. 31, No.5, 372 – 376, 1994.

[4] Budiman, Harry., Fransiska Sri H.K, and Achmad H Setiawan., "Preparation of Silica Modified 2-Mercaptoimidazole and its Sorption Properties of Chromium (III)", E-Journal of Chemistry, 6(1): 141 – 150, 2009

[5] Copeland, D. and Maurice, B.W., "Vegetable Oil Refining", U.S. Patent 6844458, 2005.

[6] Gunasena, H. D. M. and Hughes, A., "Tamarind : Tamarindus indica", International Centre for Underutilised Crops, Southampton, 2000.

[7] Gupta, Suresh dan B. V. Babu. 2007. Adsorption of Chromium (VI) by a Low-Cost Adsorbent Prepared from Tamarind Seeds. Chemical Engineering Group, Birla Institute of Technology and Science, Rajasthan

[8] Hargis, L. G. 1988. Analytical Chemistry. New Jersey: Printice Hall

[9] Idoko, O., Bwai M. D., Emmanuel S. A., dan Thomas S. A., 2013. Effect of Bleaching and Degumming on The Physicochemical Properties and Antioxidant Activity of Palm Oil. Research Journal in Engineering and Applied Sciences 2(5) 343-345.

[10] Ishola, M.M., Agbaji, E.B., and Agbaji, A.S., "A Chemical Study of Tamarindus indica (Tsamiya) Fruits Grown in Nigeria", Journal of Science, Food and Agriculture, Vol. 51, 141 – 143, 1990.

[11] Johnson, W. M., dan J. A. Maxwell, J. A. 1981. Rock and Mineral Analysis. Edisi kedua. New York: John Wiley & Sons Inc.

[12] Ketaren, S., 2005, "Minyak dan Lemak Pangan", Jakarta: Universitas Indonesia Press.

[13] Kumar, P. Senthil., R. Sivaranjanee., U. Vinothini., M. Raghavi., K. Rajasekar., and K. Ramakrishnan., "Adsorption of Dye onto Raw and Surface Modified Tamarind Seeds: Isotherms, Process Design, Kinetics, and Mechanism", Balaban Desalination Publications, 1944-3994/1944-3986, 2013.

[14] Lin, S., Akoh, C C., and Reynolds, A E., "The Recovery of Used Frying Oil with Various Adsorbent", Journal Food Lipids, Vol. 5, 1 – 16, 1998.

[15] Morad, Noor Azian., Mustafa Kamal Abd Aziz., and Rohani binti Mohd Zin., "Process Design in Degumming and Bleaching of Palm Oil", Research, Centre of Lipids Engineering and Applied Research (CLEAR), Universiti Teknologi Malaysia, Vote No. 74198, 2006.

[16] Pawening, Enggar. 2009. Pemanfaatan Arang Aktif dari Biji Buah Asam Jawa (Tamarindus indica) sebagai Adsorben Logam Berat Kromium (III). Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga, Surabaya.

[17] Ritonga, Ramdani., "Penentuan Bilangan Peroksida pada Minyak Inti Kelapa Sawit (CPKO) di PT. Ecogreen Oleochemicals", Karya Ilmiah, Universitas Sumatera Utara, 2010.

[18] Shahidi, Fereidoon., "Bailey's Industrial Oil and Fat Products", Sixth Edition, Volome 2 Edible Oil and Fat Products : Edible Oils, New Jersey : John Wiley & Sons, Inc., 2005, Pp. 372.

[19] Shanti, S. and T. Mahalakshmi., "Studies on the Removal of Malachite Green and Methylene Blue Dyes from Aqueous Solutions of Their Binary Mixyure by Adsorption Over Commercial Activated Carbon and Tamarind Kernel Powder", International Journal of Research in Pharmacy and Chemistry, ISSN: 2231-2781, Vol.2, No.2, 289-298, 2012.

[20] Skoog, D. A., Holler F. J., dan Nieman T. A. 1998. Principles of Instrumental Analysis. Edisi ke 5. Orlando: Hourcourt Brace.

[21] Suhendra, Dedy, dan Erin Ryantin Gunawan, 2010. Pembuatan Arang Aktif dari Batang Jagung Menggunakan Aktivator Asam Sulfat dan Penggunaannya pada Penjerapan Ion Tembaga (II). Jurnal Makara, Sains, Vol. 14, No. 1, 22 - 26

[22] Sumarna, Deny., "Kajian Proses Degumming CPO (Crude Palm Oil) dengan Menggunakan Membran Ultrafiltrasi", Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2006.

[23] Wei, Puah Chiew., Choo Yuen May, Ma Ah Ngan, and Chuah Cheng Hock, "Degumming and Bleaching: Effect on Selected Constituents of Palm Oil", Journal of Oil Palm Research, Vol. 16, No. 2, 57 – 63, 2004.

[24] Wuntu, Audy D. dan Vanda S. Kamu., "Adsorpsi Aseton pada Arang Aktif Biji Asam Jawa", Jurnal Ilmiah Sains, Vol. 11, No. 2, 174 – 177, 2012.

[25] Xin, H., J. Liu, F. Fan, Z. Feng, G. Jia, Q. Yang, dan C. Li. "Mesoporous Ferrosilicates with High Content of Isolated Iron Species Synthesized in Mild Buffer Solution and Their Catalytic Application. Microporous and Mesoporous Materials, Vol. 113, 231-239, 2008

[26] Yang, Ralph T., 2003, "Adsorbents: Fundamentals and Applications", New Jersey: John Wiley & Sons Inc, Pp. 92

[27] Yustinah and Hartini. "Adsorbsi Minyak Goreng Bekas Menggunakan Arang Aktif dari Sabut Kelapa", Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia. ISSN 1693 – 4393, 2011.