

BLEACHING VACUUM MINYAK BIJI KAPUK

David Rio¹⁾, Hengkie Dwiputra¹⁾, Yohanes Sudaryanto²⁾, Nani Indraswati²⁾

ABSTRAK

Minyak biji kapuk sebelum digunakan sebagai minyak pangan perlu dibleaching terlebih dahulu. Bleaching dilakukan dengan menggunakan campuran adsorben activated carbon (AC) dan activated bentonit (AB) dalam kondisi vacuum atau bebas udara. Hal ini dikarenakan dalam kondisi vacuum dapat diminimalisasi terbentuknya peroksida yang berasal dari reaksi antara oksigen dengan asam lemak tak jenuh.

Sebelum dilakukan proses bleaching, terhadap minyak dilakukan proses degumming terlebih dahulu menggunakan asam fosfat (H_3PO_4) 60% sebanyak 0,2% berat minyak dan diaduk selama 30 menit pada suhu konstan 90°C. Proses bleaching dilakukan dengan memanaskan minyak hasil degumming pada suhu tertentu (50, 60, 70, 80, 90°C). Setelah itu, adsorben dengan variasi rasio massa antara activated carbon (AC) dan activated bentonite (AB) sebesar 0% AC(100% AB), 5%AC, 10%AC, 15%AC, 20%AC, dan 100% AC dimasukkan ke dalam minyak sambil dipanaskan dan diaduk selama 30 menit. Proses bleaching dilakukan dengan kondisi vacuum. Setelah penyaringan, dilakukan analisa warna, FFA dan PV.

Dari penelitian didapatkan kondisi proses terbaik, yaitu suhu dan rasio massa karbon aktif-bentonit yang menghasilkan minyak dengan kualitas terbaik, yaitu suhu 70°C dan rasio adsorben 0%AC (100%AB). Pada kondisi ini minyak memiliki grade warna $Y=10$, grade warna $R=2,4$, kadar FFA= 8,153 % dan PV= 7 meq/kg minyak.

Kata kunci: adsorben, bleaching, FFA, grade warna, minyak biji kapuk, vacuum

PENDAHULUAN

Pohon kapuk merupakan salah satu tanaman yang paling banyak dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia. Serat kapuk digunakan sebagai pengisi bantal, peredam suara, dan pengisi pakaian penyelamat^[1]. Di negara lain, minyak biji kapuk sering digunakan sebagai minyak pangan karena memiliki kadar asam lemak jenuh yang rendah, sehingga baik untuk kesehatan. Namun, sebagai minyak pangan belum begitu digunakan sepenuhnya di Indonesia. Di Amerika dan Jepang minyak biji kapuk biasanya digunakan dalam industri untuk pembuatan sabun, emulsifier, kosmetik, karet, dan plastik^[2].

Minyak biji kapuk dapat diambil dengan berbagai cara antara lain: ekstraksi menggunakan solvent, pengepresan, dan ekstraksi menggunakan fluida superkritis^[3]. Di antara ketiga cara tersebut, pengepresan yang banyak digunakan karena membutuhkan biaya operasional yang kecil. Minyak biji kapuk dari proses pengepresan memiliki warna cenderung gelap yang disebabkan oleh proses oksidasi terhadap tokoferol (vitamin E) serta kadar *Free Fatty Acid* (FFA) dan *Peroxide Value* (PV) yang tinggi. Semakin tinggi kadar FFA dan PV menunjukkan semakin rendahnya kualitas minyak tersebut^[4].

Salah satu cara untuk menurunkan kadar FFA dan PV yang tinggi serta memucatkan warna dapat digunakan proses *bleaching*. Proses *bleaching* merupakan tahapan proses yang sangat vital dalam pengolahan minyak

pangan karena proses *bleaching* tidak hanya menghilangkan pigmen warna dan pengotor-pengotor lain seperti: sabun maupun sisa-sisa logam, tetapi juga mempertahankan kualitas minyak bila disimpan dalam jangka waktu yang lama^[5].

Pada penelitian ini dilakukan proses *bleaching* minyak biji kapuk dengan menggunakan adsorben bentonit yang telah diaktivasi dan karbon aktif. Bentonit lebih efektif dalam penyerapan sisa-sisa *carotenoid*, terutama warna merah, dibandingkan penyerapan warna biru dan hijau (klorofil) yang biasanya lebih cocok menggunakan karbon aktif atau adsorben teraktivasi lainnya^[6]. Karbon aktif berperan dalam mengoptimalkan penyerapan warna yang dilakukan oleh bentonit^[7]. Bentonit yang telah diaktivasi memiliki aktifitas katalitik tinggi yang menyebabkan terjadinya reaksi pembentukan peroksida yang merupakan hasil reaksi dari oksigen(O_2) dan asam lemak tak jenuh. Oleh karena itu proses *bleaching* sebaiknya dilakukan dalam kondisi *vacuum* atau lingkungan bebas oksigen^[5]. Penelitian ini melanjutkan penelitian yang dilakukan oleh Wahyu dan Andre^[1], yang melakukan proses *bleaching* pada tekanan atmosfer dan menggunakan karbon aktif dan bentonit yang tidak diaktivasi. Penggunaan bentonit yang tidak diaktivasi menyebabkan kemampuan adsorpsi warna menjadi berkurang. Selain itu minyak yang dihasilkan dari proses *bleaching* pada tekanan atmosfer memiliki minyak dengan

¹⁾ Mahasiswa di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Kimia Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

²⁾ Staf Pengajar di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Kimia Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

bilangan peroksida yang lebih tinggi dibandingkan dengan minyak yang dihasilkan dengan tekanan *vacuum*.

Proses *bleaching* pada kondisi *vacuum* diharapkan dapat memucatkan warna minyak dan meminimalisasi kenaikan *PV* yang diakibatkan oleh terbentuknya peroksida selama proses *bleaching*.

TINJAUAN PUSTAKA

Bleaching merupakan salah satu tahap pemurnian minyak. Tahap-tahapnya adalah: *degumming*, *deodorizing*, dan *bleaching*. Tahap-tahap ini sangat penting sekali terutama dalam penggunaan minyak sebagai *edible oil*. Tujuan utama proses pemurnian minyak adalah untuk menghilangkan rasa serta bau yang tidak enak, warna yang tidak menarik dan memperpanjang masa simpan minyak sebelum dikonsumsi atau digunakan sebagai bahan mentah dalam industri.

Degumming adalah proses penghilangan fosfatida dan getah yang terdapat dalam minyak mentah dengan cara menambahkan asam kuat seperti H_3PO_4 . Fosfatida harus dihilangkan karena dapat mengakibatkan *settling out* (pengendapan) di dalam tangki penyimpanan, kesulitan di dalam pengawetan, dan menyebabkan terbentuknya busa pada saat pemanasan^[7]. Secara umum *degumming* akan menghidrasi secara lambat atau cepat kandungan fosfatida dalam minyak pada suhu tinggi atau rendah sehingga kelarutannya dalam minyak berkurang. Proses *degumming* yang paling sederhana adalah *water degumming*. Penambahan asam kuat (asam sitrat atau fosfat) dapat mempercepat proses *degumming*, terlebih bagi pemisahan kandungan *Non-Hydratable Phosphatides(NHP)* dalam minyak. Dalam proses *degumming* pada kisaran suhu 60-90°C digunakan *treatment* khusus bagi pemisahan *NHP*, dengan kecepatan pengadukan yang tinggi pula^[8].

Deodorisasi adalah proses yang bertujuan untuk menghilangkan bau dan rasa yang tidak enak dalam minyak^[2]. Bau yang tidak enak itu berasal dari *unsaturated (cyclic) hydrocarbons*, kandungan *FFA*, dan asam lemak yang teroksidasi, *sterols*, sisa-sisa protein, dan zat nitrogen, aldehyd dan keton, fosfatida, *terpenes*, peroksida dan pigmen karotenoid. Komponen-komponen ini tidak hanya terdekomposisi menjadi substansi yang berbau, tetapi mungkin juga bertindak sebagai katalis dan inhibitor yang membuat busuk lemak atau minyak^[9].

Bleaching adalah proses penghilangan warna yang tidak disukai oleh konsumen.

Bleaching bertujuan memucatkan warna dan mengurangi kandungan zat-zat lain dalam minyak yang tidak diinginkan, seperti sabun, logam, fosfolipida, senyawa-senyawa hasil oksidasi, dan senyawa poli aromatik. Penghilangan senyawa-senyawa tersebut akan meningkatkan kualitas dan kestabilan minyak yang dihasilkan^[8]. Metode *bleaching* minyak ada dua jenis, yaitu secara kimia dan secara fisika. *Bleaching* secara kimia memiliki keuntungan yaitu penggunaan bahan kimia sebagai bahan pemucat adalah hilangnya sebagian minyak dapat dihindarkan dan zat warna dapat diubah menjadi zat tidak berwarna yang dapat tetap tinggal dalam minyak. Hal ini disebabkan karena proses oksidasi mengubah pigmen menjadi material tak berwarna atau berwarna pucat. Sedangkan kerugiannya adalah karena kemungkinan terjadinya reaksi antara bahan kimia dan trigliserida yang mempengaruhi bau dan rasa minyak. *Bleaching* ini biasanya terdiri atas dua cara yaitu secara oksidasi dan secara reduksi^[8].

Pada proses *bleaching* dengan cara adsorpsi, jumlah adsorben yang ditambahkan untuk menghilangkan warna minyak tergantung dari jenis senyawa berwarna dalam minyak dan sampai seberapa jauh warna tersebut akan dihilangkan. Selama proses *bleaching* minyak berlangsung, peroksida akan didegradasi dan dihilangkan, komponen Fe dan Cu dihilangkan, fosfolipida diserap, ketengikan minyak diturunkan, serta terjadi proses hidrolisis parsial dari minyak^[10].

Pengaruh parameter proses pada *bleaching*^[11]:

Pengaruh suhu. Umumnya, proses *bleaching* dengan menggunakan *bleaching earth* dilakukan pada suhu terendah yang masih mungkin, tetapi suhu ini harus cukup tinggi untuk mendapatkan viskositas minyak yang rendah. Hal ini dilakukan karena pada suhu tinggi kesetimbangan adsorpsi mengarah pada desorpsi. Suhu yang cukup tinggi akan menjamin proses difusi yang cukup cepat dengan waktu pengolahan yang singkat, sehingga reaksi samping yang tidak diinginkan bisa dihindari untuk mendapatkan kualitas minyak yang bagus dan tahan lama. Kebanyakan minyak diolah pada kisaran suhu 90-100°C. Untuk minyak yang sulit di-*bleaching*, suhu dapat dinaikkan sampai 120 °C^[11].

Pengaruh waktu. Semakin tinggi suhu, semakin baik kualitas warna dari produk yang

didapatkan. Akan tetapi ketika waktu *bleaching* ditambah, kualitas warna semakin turun. Waktu mempengaruhi *decolourisation* pada minyak dan berdasarkan penelitian terdahulu serta pengalaman di bidang industri menunjukkan bahwa lama *bleaching* untuk sebagian besar minyak adalah berkisar 20-30 menit. Waktu *bleaching* yang terlalu lama justru dapat menyebabkan fiksasi warna yang tidak diinginkan.

Pengaruh tekanan. Semakin tinggi aktivitas katalitik, maka semakin besar *PV* yang dihasilkan. Akan tetapi *bleaching earth* dapat mempercepat proses oksidasi akibat luas permukaan dan aktivitas katalitik yang tinggi. Maka *bleaching* seharusnya dilaksanakan dalam kondisi *vacuum*.

Pengaruh jumlah *bleaching earth*. Dengan peningkatan jumlah adsorben, maka semakin banyak pengotor yang dapat dipisahkan. Namun, masih terdapat kesukaran untuk menentukan jumlah minimum adsorben yang dibutuhkan karena kandungan pengotor yang berbeda-beda pada setiap *treatment* minyak. Kandungan *gum* dan pengotor yang banyak dapat menyebabkan penyumbatan pada adsorben, sehingga perlu dilakukan penambahan adsorben ke dalam proses.

Proses *bleaching* mampu mengurangi kandungan *FFA* sekitar 25% dan juga menyebabkan *PV* meningkat sekitar 36%. Selain itu, proses *bleaching* mengurangi kandungan warna sekitar 86%. Proses *bleaching* menyebabkan kadar sabun berkurang sampai batas kisaran 5-10 ppm, sedangkan kadar asam lemak bebas bertambah secara lambat. Kadar logam berkurang walaupun proses berjalan lambat. Umumnya, proses *bleaching* dapat mengurangi jumlah logam berkisar 0,001-0,1 ppm. Pembentukan peroksida hasil oksidasi minyak dan lemak juga berkurang selama proses *bleaching*. Pada karya ilmiah yang ditulis Nurhida Pasaribu tentang minyak kelapa sawit, dinyatakan bahwa umumnya penggunaan adsorben pada proses *bleaching* adalah 1-5% dari berat minyak dengan pemanasan pada suhu 120°C selama 1 jam. Proses *bleaching* dengan *bleaching earth* biasanya dilakukan pada suhu 80-120°C selama berkisar 15-30 menit dan sebaiknya dilakukan dalam keadaan vakum^[12].

Adsorben yang sering digunakan adalah *bleaching earth* dan karbon aktif. Karbon aktif sangat baik digunakan sebagai adsorben pada larutan yang mengandung gugus karboksil,

fenol, karbonil, normal lakton, dan asam karboksilat anhidrida^[12].

Kemampuan adsorben untuk mengadsorpsi *solute* dari suatu larutan tergantung dari faktor-faktor sebagai berikut:

Sifat adsorben. Sifat adsorben yang berpengaruh terhadap proses adsorpsi adalah porositas, luas permukaan, dan polaritas. Luas permukaan adsorben yang tersedia untuk molekul *solute* tergantung dari ukuran pori-pori adsorben.

Konsentrasi larutan. Semakin besar konsentrasi larutan, maka jumlah adsorbat yang menempel pada permukaan adsorben juga akan semakin banyak, tetapi pada suatu saat jumlah adsorbat akan tetap karena seluruh permukaan adsorben sudah tertutup oleh adsorbat, sehingga adsorbat tidak dapat lagi menempel pada permukaan adsorben.

Suhu. Tinggi rendahnya suhu yang digunakan sangat mempengaruhi proses adsorpsi. Pada proses adsorpsi yang *reversible*, kenaikan suhu operasi akan mengakibatkan adsorbat terlepas atau didesorpsi dari adsorben, sehingga jumlah adsorbat yang menempel pada permukaan adsorben akan berkurang. Sedangkan pada proses adsorpsi yang *irreversible*, kenaikan suhu operasi akan mengakibatkan semakin banyaknya adsorbat yang menempel pada adsorben, sampai pada suatu saat seluruh permukaan adsorben akan tertutup oleh adsorbat, sehingga adsorbat tidak mungkin dapat menempel lagi pada permukaan adsorben. Contoh proses adsorpsi yang *reversible*, yaitu adsorpsi asam stearat dalam benzene dengan menggunakan serbuk logam. Sedangkan contoh proses adsorpsi yang *irreversible*, yaitu adsorpsi asam palmitat dalam benzene dengan menggunakan adsorben platina.

Waktu kontak. Semakin lama waktu kontak antara larutan dengan adsorben menyebabkan semakin banyaknya adsorbat yang menempel pada permukaan adsorben. Akan tetapi waktu kontak yang digunakan tidak perlu terlalu lama sebab pada suatu saat seluruh permukaan adsorben akan tertutup oleh adsorbat, sehingga adsorbat tidak mungkin dapat menempel lagi pada permukaan adsorben.

Afinitas. Kemungkinan adsorben untuk menyerap *solute* atau *solvent* tergantung pada afinitas antara *solute* atau *solvent* terhadap adsorben. Jika afinitas *solvent* terhadap adsorben lebih kuat, maka *solvent* cenderung diadsorpsi oleh adsorben sehingga menyebabkan konsentrasi *solute* di dalam larutan akan lebih besar daripada sebelum

diadsorpsi. Sebaliknya, bila afinitas *solute* terhadap adsorben yang lebih kuat, maka *solute* cenderung diadsorpsi oleh adsorben sehingga konsentrasi *solute* di dalam larutan akan lebih kecil daripada sebelum diadsorpsi.

Bleaching earth merupakan sejenis tanah liat dengan komponen utama terdiri dari SiO_2 , Al_2O_3 , air terikat serta ion kalsium, magnesium oksida, dan besi oksida.

Bleaching clay pertama kali ditemukan pada abad ke 19 di Inggris dan Amerika. Dalam perdagangan *bleaching clay* mempunyai nama dan komposisi yang berbeda-beda. Sebagai contoh *bleaching clay* dari Amerika dikenal dengan nama *floridin*, sedangkan yang dari Rusia, Kanada dan Jepang dikenal dengan nama *gluchower kaolin*.

Daya pemucat *bleaching clay* disebabkan karena ion Al^{3+} pada permukaan partikel adsorben dapat mengadsorpsi zat warna. Daya pemucat tergantung dari perbandingan komponen SiO_2 dan Al_2O_3 dalam *bleaching clay*. Adsorben yang terlalu kering menyebabkan daya kombinasinya dengan air telah hilang, sehingga mengurangi daya penyerapan terhadap zat warna.

Aktivitas adsorben dengan asam mineral misalnya: HCl atau H_2SO_4 akan mempertinggi daya pemucat karena asam mineral tersebut melarutkan atau bereaksi dengan komponen berupa *tar*, garam Ca dan Mg yang menutupi pori-pori adsorben^[9].

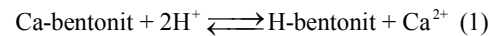
Bleaching earth alami adalah *bleaching earth* yang tidak diaktivasi terlebih dahulu sebelum digunakan. *Bleaching earth* ini terdiri dari beberapa lapisan silikat seperti: bentonit, *palygorskite*, *hectorite*, atau *sepiolite*. Mineral ini memiliki kapasitas tinggi dalam adsorpsi karena luas permukaan spesifiknya yang besar. Sebelum digunakan *bleaching earth* ini hanya dapat diproses secara fisika seperti *drying*, *calcining* dan *milling*.

Bleaching earth secara umum dapat diaktivasi dengan cara pemanasan, tetapi walaupun luas permukaan spesifiknya relatif besar yaitu berkisar $40\text{-}120\text{ m}^2/\text{g}$, kemampuan adsorpsi dari *bleaching earth* ini terbatas karena memiliki kandungan logam yang tinggi. *Bleaching earth* biasanya diaktivasi menggunakan asam H_2SO_4 dan HCl . *Bleaching earth* yang diaktivasi menggunakan asam ini memiliki luas permukaan spesifik yang besar yaitu berkisar antara $1300\text{-}1500\text{ m}^2/\text{g}$ dan memiliki kandungan logam yang rendah. Dibandingkan dengan *bleaching earth* yang tidak diaktivasi, *bleaching earth* yang telah diaktivasi memiliki aktivitas yang tinggi^[13].

Perbedaan yang mendasar dari kedua *bleaching earth* ini adalah pada pH. Pada *bleaching earth* yang tidak diaktivasi akan didapatkan pH yang kurang asam atau bahkan netral, sedangkan pada *bleaching earth* yang telah diaktivasi akan didapatkan pH yang sangat asam. Selain itu, dapat dilihat juga dari luas permukaan spesifik keduanya, pada *bleaching earth* yang tidak diaktivasi yaitu berkisar $40\text{-}160\text{ m}^2/\text{g}$, sedangkan pada *bleaching earth* yang telah diaktivasi berkisar $150\text{-}350\text{ m}^2/\text{g}$.

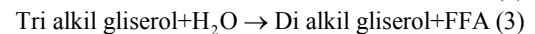
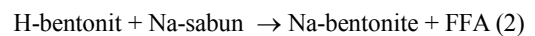
Perbedaan yang lainnya adalah pada densitas *bulk*-nya bahwa pada *bleaching earth* yang tidak diaktivasi densitasnya lebih tinggi daripada *bleaching earth* yang telah diaktivasi. Selain itu, *bleaching earth* yang tidak diaktivasi terdiri atas berbagai mineral seperti: bentonit dan *palygorskite*, sedangkan pada *bleaching earth* yang telah diaktivasi mengandung kalsium bentonit.

Reaksi yang terjadi pada *bleaching earth* yang diaktivasi menggunakan *acid pretreatment* adalah sebagai berikut:



Reaksi ini dapat terjadi secara alami pada *bleaching earth* yang belum diaktivasi meskipun reaksinya berjalan lambat^[11].

Sifat katalitik dari *bleaching earth* yang telah diaktivasi adalah sifat asamnya yang dapat meningkatkan kadar *FFA* pada proses *bleaching*. Reaksinya adalah sebagai berikut:



Reaksi yang terakhir dapat dibatasi dengan cara mengurangi kadar air dalam minyak dan *bleaching earth*. Kandungan air yang terkandung pada *bleaching earth* yang telah diaktivasi biasanya berkisar $10\text{-}20\%$, tetapi kandungan ini dapat lebih tinggi apabila tidak *bleaching earth* disimpan dengan baik.

Karbon aktif merupakan karbon yang telah diaktivasi untuk memperbesar luas permukaan dengan membuka pori-pori yang tertutup, sehingga memperbesar kapasitas adsorpsi terhadap zat warna. Pori-pori biasanya terisi oleh *tar*, hidrokarbon dan zat-zat organik lainnya. Karbon aktif terdiri dari *fixed carbon*, abu, dan air. Sebagai bahan pengaktif yang dapat digunakan adalah HNO_3 , H_3PO_4 , sianida, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$, NaOH , Na_2SO_4 , SO_2 , ZnCl_2 , Na_2CO_3 , dan uap air pada suhu tinggi.

Unsur-unsur kimia yang ditambahkan pada arang akan meresap ke dalam arang dan membuka permukaan yang mula-mula tertutup oleh komponen kimia, sehingga luas permukaan yang aktif bertambah besar. Persenyawaan hidrokarbon yang menutupi pori-pori dari karbon dapat dihilangkan dengan cara oksidasi menggunakan oksidator lemah seperti CO₂ yang disertai dengan uap air. Dengan cara tersebut atom karbon tidak mengalami proses oksidasi. Kualitas dari karbon aktif yang diperoleh tergantung dari luas permukaan partikel, ukuran partikel, volume dan luas penampang kapiler, sifat kimia permukaan arang, sifat arang secara alamiah, jenis bahan pengaktif yang digunakan dan kadar air^[9]. Karbon aktif terdiri dari dua jenis yaitu karbon aktif berbentuk bubuk *Powder Activated Carbon (PAC)* dan karbon aktif berbentuk *Granular Activated Carbon (GAC)*. PAC memiliki diameter berkisar antara 15-25 mm, memiliki luas permukaan yang besar dengan jarak difusi yang kecil. PAC dibuat dari partikel karbon yang dihancurkan, dan dilanjutkan dengan proses pengayakan. GAC memiliki ukuran yang relatif besar dibandingkan dengan PAC, namun luas permukaannya lebih kecil.

Proses adsorpsi menggunakan karbon aktif berlangsung melewati 3 tahap sebagai berikut:

- Transpor makro yaitu pergerakan material organik melalui sistem makro-porus karbon aktif (makro-porus >50 nm);
- Transpor mikro yaitu pergerakan material organik melalui sistem meso-porus dan mikro-porus karbon aktif (mikro-porus <2 nm dan meso-porus berkisar 2-50 nm);
- Sorpsi adalah keterikatan fisik dari material organik pada permukaan sistem mikro-porus dan meso-porus karbon aktif.

Kualitas minyak yang berasal dari tumbuh-tumbuhan (*vegetable oil*) ditentukan oleh beberapa parameter, antara lain bilangan penyabunan, bilangan asam (*Free Fatty Acid*), *Iodine Value*, *Peroxide Value*, *Specific Gravity*, Indeks Bias, warna, dan lain-lainnya. Pada penelitian ini dibahas tentang warna, *Free Fatty Acid (FFA)*, dan *Peroxide Value (PV)*. Zat warna dalam minyak terdiri atas 2 golongan, yaitu zat warna alamiah dan warna hasil degradasi zat warna alamiah. Zat warna alamiah (*Natural Coloring Matter*) antara lain berupa: β -karoten, xanthofil, klorofil, dan anthosianin. Zat warna inilah yang menyebabkan minyak berwarna kuning, kuning kecokelatan, kehijau-hijauan, dan kemerah-merahan. Pigmen berwarna merah jingga atau

kuning disebabkan oleh karotenoid yang bersifat larut dalam minyak. Karotenoid merupakan persenyawaan hidrokarbon tidak jenuh, dan jika minyak dihidrogenasi, maka karoten tersebut juga ikut terhidrogenasi sehingga intensitas warna kuning berkurang. Karotenoid bersifat tidak stabil pada suhu tinggi. Karotenoid tersebut tidak dapat dihilangkan dengan proses oksidasi. Beberapa warna yang terbentuk akibat oksidasi dan degradasi komponen kimia yang terdapat dalam minyak adalah sebagai berikut:

- Warna Gelap. Warna gelap dalam minyak disebabkan oleh proses oksidasi terhadap tokoferol (Vitamin E). Jika minyak bersumber dari tanaman hijau, maka zat klorofil yang berwarna hijau turut terekstrak bersama minyak, dan klorofil tersebut sulit dipisahkan dari minyak.
- Warna Coklat. Pigmen coklat biasanya hanya terdapat pada minyak atau lemak yang berasal dari bahan yang telah busuk atau memar. Hal itu dapat pula terjadi karena reaksi molekul karbohidrat dengan gugus pereduksi seperti aldehid serta gugus amin dari molekul protein dan yang disebabkan oleh karena aktivitas enzim-enzim seperti: fenol oksidase, polifenol oksidase dan sebagainya.
- Warna Kuning. Hubungan yang erat antara proses adsorpsi dan timbulnya warna kuning dalam minyak terutama terjadi dalam minyak atau lemak tidak jenuh. Warna itu timbul selama penyimpanan dan intensitas warna bervariasi dari kuning sampai ungu kemerah-merahan. Warna kuning dalam lemak pangan disebabkan oleh kombinasi antara senyawa nitrogen dengan lemak teroksidasi.

Free Fatty Acid (FFA) adalah asam lemak bebas yang terbentuk karena reaksi hidrolisis minyak dengan air. Kadar FFA yang besar menunjukkan bahwa jumlah asam lemak bebas juga tinggi, yang selain berasal dari reaksi hidrolisis minyak bisa juga karena proses pengolahan yang kurang baik. Makin tinggi FFA menunjukkan semakin rendah kualitas minyak. Nilai FFA mempunyai pengaruh terhadap rasa atau *flavor* dari minyak, walaupun FFA tersebut berada pada jumlah yang kecil tetapi dapat mengakibatkan rasa yang tidak lezat.

Peroxide Value (PV) adalah angka yang menyatakan jumlah miligram ekuivalen hidrogen peroksida yang terdapat dalam 1 kilogram

minyak. *Peroxide Value* dapat digunakan untuk menentukan derajat kerusakan pada minyak atau lemak. Asam lemak tidak jenuh dapat mengikat oksigen pada ikatan rangkapnya sehingga membentuk peroksida.

Kualitas dari *edible oil* bergantung secara langsung pada kuantitas dari oksigen yang diserap. *Peroxide Value* mengindikasikan kadar peroksida yang terbentuk dalam minyak. Kadar *PV* yang tinggi ($PV > 10$) merupakan ciri minyak dengan tingkat oksidasi yang tinggi.

Warna pada minyak juga perlu diamati, karena ternyata warna pada minyak berbahaya bagi kesehatan manusia saat dikonsumsi. Untuk itu parameter warna perlu diperhatikan. Selain itu tujuan utama dalam proses *bleaching* adalah mengurangi sebagian besar pigmen warna yang terdapat pada minyak.

METODE PENELITIAN

Bahan baku utama adalah minyak biji kapuk mentah yang belum di-*treatment* berasal dari CV. Subali Makmur, Semarang. Adsorben yang digunakan adalah *activated carbon* (AC) dan *activated bentonite* (AB). Sebelum dilakukan proses *bleaching*, dilakukan proses *degumming* terlebih dahulu dengan menggunakan asam fosfat (H_3PO_4) 60% sebanyak 0,2% berat minyak dan diaduk selama 30 menit pada suhu konstan 90°C.

Pada penelitian ini terdapat 2 variabel yaitu variabel tetap dan variabel berubah. Variabel tetap meliputi: volume minyak sebanyak 100 mL, waktu *bleaching* selama 30 menit, kecepatan pengadukan sebesar 500 rpm, jenis adsorben yang digunakan *activated carbon* (AC) dan *activated bentonite* (AB), rasio massa adsorben sebanyak 5 gr/100 mL minyak, dan tekanan vacuum berkisar 30-50 mmHg. Kemudian variabel berubah meliputi, ratio massa adsorben *activated carbon* terhadap *activated bentonite* yaitu 0%AC(100%AB), 5%AC, 10% AC, 15% AC, 20% AC, dan 100% AC, dan suhu *bleaching* yaitu 50, 60, 70, 80, dan 90°C.

Rancangan percobaan terdiri dari 3 tahap yaitu persiapan adsorben (proses aktivasi bentonit), *degumming* minyak, dan proses *bleaching*. Proses aktivasi bentonit dilakukan dengan mencampurkan bentonit sebanyak 25 gram dengan 250 mL HCl 5N ke dalam erlenmeyer dengan perbandingan (1 gram bentonit: 10 mL HCl 5N). Kemudian campuran tersebut dipanaskan menggunakan *hot plate* selama 2 jam pada suhu 70°C sambil diaduk. Setelah 2 jam, bentonit disaring dan dicuci dengan air panas untuk membersihkan sisa HCl

dalam bentonit. Setelah pencucian bentonit dimasukkan ke dalam oven dengan pemanasan pada suhu 105°C, hingga beratnya konstan. Bentonit yang telah kering dan konstan beratnya siap digunakan sebagai adsorben.

Kemudian pada tahap *degumming* minyak dicampur dengan asam fosfat (H_3PO_4) 60% sebanyak 0,2% berat minyak dan diaduk selama 30 menit pada suhu konstan 90°C. Setelah itu, minyak disaring dan dianalisis warna, *FFA*, dan *PV*. Minyak yang telah diproses *degumming* dapat digunakan pada proses *bleaching*.

Proses *bleaching* dilakukan menggunakan labu leher tiga dan kondisi *vaccum* dengan menggunakan *vacuum pump*. *Bleaching* dilakukan dengan memanaskan minyak pada suhu tertentu (50, 60, 70, 80, dan 90°C), kemudian setelah suhu tertentu dimasukkan adsorben dengan rasio tertentu (0%AC(100%AB), 5%AC, 10% AC, 15% AC, 20% AC, dan 100% AC). Minyak kemudian diproses *bleaching* selama 30 menit dan setelah itu disaring dengan corong *buchner*. Minyak yang telah disaring selanjutnya dianalisis: warna, *FFA*, dan *PV*-nya.

Analisis dilakukan dengan menggunakan alat Lovibond tintometer. *Grade* warna minyak biji kapuk terdiri dari *red*(R), dan *yellow*(Y). Kemudian untuk analisis *FFA* dalam minyak digunakan KOH di mana sampel minyak ditimbang seberat 10 gram dan dilarutkan dalam alkohol netral yang kemudian dititrasi dengan KOH. Nilai *FFA* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\%FFA = \frac{\text{mL KOH} \times N \text{ KOH} \times \text{BM asam lemak}}{\text{Berat sampel (gram)} \times 1000} \times 100\% \quad (4)$$

Analisis *PV* dalam minyak dilakukan dengan mencampur minyak seberat 5 gr dengan rasio asam asetat terhadap kloroform (18mL:12mL), dan juga larutan KI jenuh sebanyak 0,5 mL dan kemudian dititrasi dengan $Na_2S_2O_3$. Nilai *PV* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$PV(\text{meq/kg minyak}) = \frac{\text{mL } Na_2S_2O_3 \times N \text{ } Na_2S_2O_3 \times 1000}{\text{Berat sampel (gram)}} \quad (5)$$

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, setelah melalui proses *degumming*, minyak biji kapuk di-*bleaching* pada berbagai variasi suhu dan komposisi adsorben. Adsorben yang digunakan

terdiri dari *activated carbón (AC)* dan *activated bentonite (AB)*. Dalam Tabel 1 ditunjukkan bahwa karakteristik minyak biji kapuk mentah dan minyak hasil *degumming* meliputi warna, kadar *FFA*, dan *PV*.

Tabel 1. Karakteristik Minyak Mentah dan Minyak Hasil *Degumming*

Jenis Minyak	Warna		FFA (%)	Peroxide Value (Meq O ₂ /kg minyak)
	R [*]	Y [*]		
Minyak biji kapuk mentah	5	50	11,32	27,5
Minyak biji kapuk setelah <i>degumming</i>	4,5	40	11,82	31,6

*R= *grade* warna merah (*red*) pada skala lovibond

*Y= *grade* warna kuning (*yellow*) pada skala lovi-bond

Dalam Tabel 1 ditunjukkan bahwa proses *degumming* berperan pula dalam mengurangi warna minyak biji kapuk meskipun berdampak pada peningkatan *PV*, dan juga *FFA* yang terkandung dalam minyak biji kapuk mentah. *Degumming* sebagai langkah pertama dalam *bleaching* bertujuan untuk memisahkan kandungan fosfatida dalam minyak, yang biasanya berperan sebagai emulsifier, yang mengikat molekul-molekul minyak dan menyebabkan peningkatan viskositas^[14]. Untuk *degumming*, dapat digunakan air panas (*water degumming*) ataupun asam (*acid degumming*). Namun, *water degumming* hanya dapat memisahkan *hydratable phosphatides*. Pada penelitian ini dipilih metode *acid degumming* dengan H₃PO₄ yang dapat memisahkan, baik *Hydratable Phosphatides (HP)* dan *Non-Hydratable Phosphatides (NHP)*. *Non-Hydratable Phosphatides* biasanya berupa garam kalsium atau magnesium dari *phosphatidic acid (PA)* dan *ethanolamine (PE)*. *Hydratable Phosphatides (HP)* dapat terpisahkan hanya dengan pencampuran sejumlah air, sedangkan *NHP* harus didekomposisi dahulu oleh larutan asam menjadi *oil-insoluble metal salts, PA*, dan *PE*^[8]. Minyak yang telah mengalami proses *degumming* digunakan sebagai bahan baku pada penelitian *bleaching*. Setelah proses *bleaching* selesai dilakukan, terhadap minyak juga dianalisis warna, kadar *FFA*, dan *PV*.

Menurut Rossi(2002), peningkatan *FFA* yang terjadi selama proses *degumming* disebabkan oleh sifat asam dari H₃PO₄ yang belum ternetralisir yang dapat mengkatalisis

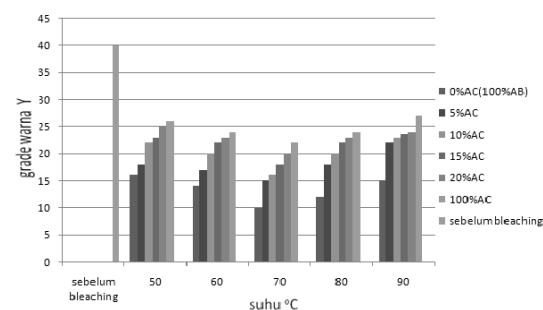
reaksi hidrolisis minyak^[10]. Kandungan air yang tersisa dalam minyak menyebabkan terjadinya reaksi hidrolisis terhadap trigliserida^[15]. Sedangkan peningkatan *PV* disebabkan oleh teroksidasinya molekul trigliserida dalam minyak menjadi *primary oxidation product* berupa hidrogen peroksida^[16]. Asam, suhu, dan *moisture* dapat memicu terjadinya reaksi oksidasi minyak^[6].

Carotenoid merupakan senyawa yang memberikan warna merah dan kuning pada minyak biji kapuk^[17]. Pigmen tersebut tidak stabil terhadap panas maupun oksidasi. Carotenoid mudah terdegradasi, karena peruraian pigmen dan carotenoid akibat asam dan oksidasi itulah yang menyebabkan *grade* warna minyak setelah proses *degumming* menjadi berkurang^[16].

Warna

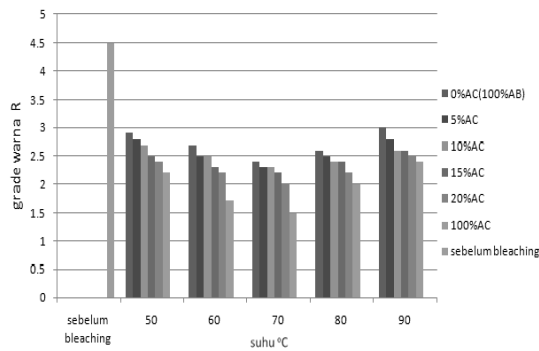
Kandungan warna pada minyak disebabkan oleh adanya beberapa zat warna antara lain: α dan β karoten, xanthofil, klorofil, dan anthosianin. Zat warna tersebut menyebabkan minyak berwarna kuning, kuning kecoklatan, kehijau-hijauan dan kemerah-merahan. Zat warna yang termasuk golongan ini terdapat secara alamiah di dalam bahan yang mengandung minyak dan ikut terekstrak bersama minyak pada proses ekstraksi^[2].

Grade warna kuning (*Y*) dan merah (*R*) minyak biji kapuk sebelum dan setelah proses *bleaching* pada berbagai variasi suhu disajikan pada Gambar 1 dan 2 sebagai berikut.



Gambar 1. *Grade* Warna *Y* Pada Minyak Sebelum dan Sesudah *Bleaching* Dengan Berbagai Variasi Rasio Adsorben (*AC/AB*)

Dari Gambar 1 dan 2 dapat dilihat bahwa *grade* warna *Y* dan *R* minyak biji kapuk awal mengalami penurunan yang signifikan dengan adanya proses *bleaching* menggunakan (*AC*) dalam kisaran komposisi adsorben yang dipelajari pada penelitian ini. Hal ini dikarenakan *AB* dan *AC* mengadsorpsi zat warna



Gambar 2. Grade Warna R Pada Minyak Sebelum dan Sesudah Bleaching Dengan Berbagai Variasi Rasio Adsorben (AC/AB)

dalam minyak. *Bleaching* menggunakan AB saja (0% AC) menghasilkan minyak biji kapuk yang memiliki warna kuning (Y) paling rendah dan warna merah (R) paling tinggi dibandingkan dengan variasi komposisi adsorben yang lain. Semakin tinggi % AC, maka *grade* warna Y akan semakin tinggi, tetapi sebaliknya *grade* warna R semakin rendah. Hal ini disebabkan *activated carbón* (AC) lebih aktif mengadsorp warna merah, sedangkan *activated bentonite* (AB) lebih aktif mengadsorp warna kuning^[7].

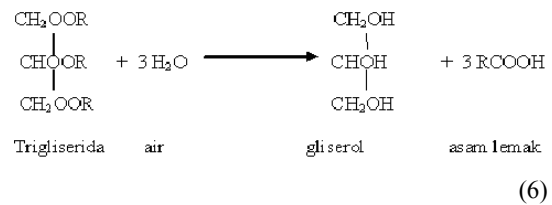
Dalam Gambar 1 dan 2 pada suhu 70°C ditunjukkan bahwa *grade* warna R dan Y lebih rendah bila dibandingkan pada suhu 50 °C dan 60°C maupun suhu 80°C dan 90°C ini berarti bahwa adsorben dapat menyerap zat warna paling banyak pada suhu 70 °C. Hal ini dapat ditinjau dari kinetika proses adsorpsi. Seperti halnya reaksi kimia agar dapat berlangsung, proses adsorpsi memerlukan energi aktivasi yang diperlukan untuk membangkitkan reaksi yang dapat diperoleh antara lain dengan cara pemanasan. Oleh karena itu apabila suhu dinaikkan, maka kecepatan adsorpsi juga akan meningkat atau jumlah warna yang terserap juga meningkat. Selain itu, adsorpsi masih dapat terjadi karena pada adsorben masih tersedia rongga untuk menampung adsorbat^[18].

Pada suhu di atas 70°C terjadi peningkatan *grade* warna. Hal ini dapat dipahami dengan meninjau kesetimbangan proses adsorpsi. Pada prinsipnya proses adsorpsi adalah reaksi bolak-balik. Reaksi ke kanan adalah adsorpsi yang bersifat eksotermis, sedangkan reaksi ke kiri adalah desorpsi yang bersifat endotermis^[19]. Akibatnya jika suhu dinaikkan, maka kesetimbangan termodinamika akan bergeser ke kiri atau terjadinya desorpsi. Hal ini menyebabkan sebagian molekul yang telah terserap akan larut kembali ke dalam minyak. Sebenarnya ditinjau dari sisi kinetika,

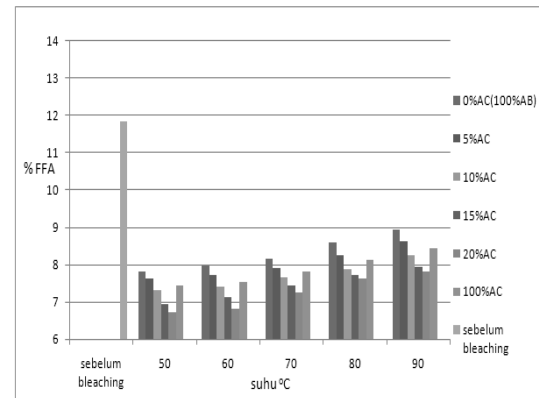
kenaikan suhu ini akan meningkatkan kecepatan adsorpsi sehingga seharusnya semakin tinggi suhu jumlah *grade* warna dalam minyak semakin berkurang. Akan tetapi kenaikan suhu tersebut tidak mampu mengimbangi besarnya pergeseran kesetimbangan ke kiri.

FFA

Free Fatty Acid (FFA) atau asam lemak bebas terbentuk oleh karena adanya reaksi hidrolisis, yaitu reaksi antara minyak dengan air yang terdapat dalam minyak tersebut. Reaksi tersebut berlangsung menurut persamaan sebagai berikut:



Asam lemak bebas dari hasil reaksi hidrolisis inilah yang menyebabkan kenaikan %FFA^[2]. Kadar FFA minyak biji kapuk sebelum dan sesudah proses *bleaching* menggunakan berbagai variasi komposisi adsorben dapat disajikan pada Gambar 3 sebagai berikut.



Gambar 3. FFA Pada Minyak Sebelum dan Sesudah Bleaching Dengan Berbagai Variasi Rasio Adsorben (AC/AB)

Pada Gambar 3 ditunjukkan bahwa nilai FFA minyak awal mengalami penurunan yang cukup banyak pada proses *bleaching* dengan semua ratio massa adsorben. Hal ini menunjukkan bahwa FFA pada minyak dapat diadsorp oleh adsorben AC maupun AB. Nilai FFA pada *bleaching* menggunakan AB saja (0% AC) lebih tinggi daripada nilai FFA pada *bleaching* menggunakan 100% AC. Rasio massa AC/AB yang semakin besar

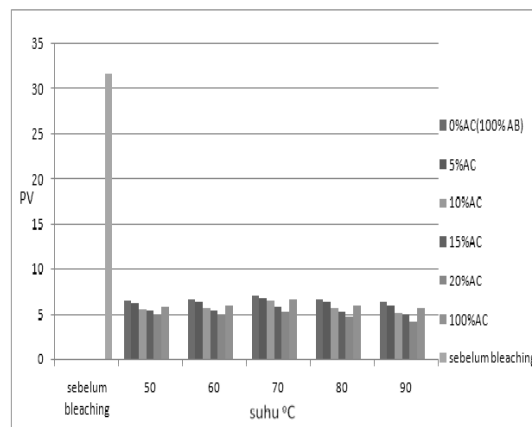
menghasilkan *FFA* yang makin kecil. *AB* yang digunakan pada penelitian ini adalah bentonit yang telah diaktivasi dengan asam dengan demikian *AB* bersifat asam. Sifat asam dari *AB* berfungsi dalam mengkatalisis reaksi hidrolisis minyak, sehingga *FFA* yang terbentuk dari reaksi hidrolisis semakin banyak^[10]. Minyak mengandung berbagai macam komponen seperti: asam lemak, lipid kompleks, sterol, senyawa hidrokarbon, dan sabun^[7]. Sabun yang ada dalam minyak juga dapat bereaksi dengan ion H^+ dalam *AB* membentuk asam lemak dengan persamaan reaksi sebagaimana ditunjukkan dalam tinjauan pustaka di atas^[2]. Dalam reaksi tersebut juga dapat menyebabkan *FFA* dalam minyak yang di-*bleaching* dengan adsorben *AB* lebih besar daripada yang di-*bleaching* menggunakan adsorben *AC*. Dari Gambar 3 dapat juga dilihat dengan adsorben 100% *AC* didapatkan nilai *FFA* yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan ratio adsorben 10-20% *AC*. Hal ini disebabkan kemampuan adsorben *AC* dalam mengadsorp *FFA* lebih kecil jika dibandingkan dengan kemampuan adsorben *AB*. Kemampuan adsorpsi yang lebih kecil ini kemungkinan disebabkan karena ukuran partikel *AC* yang lebih besar dibandingkan *AB*. Salah satu faktor yang mempengaruhi adsorpsi adalah ukuran partikel adsorben, semakin kecil ukuran partikel, maka kecepatan difusi molekul-molekul *solute* ke pori-pori adsorben semakin besar^[18]. Partikel adsorben *AC* berbentuk *granular* dan partikel adsorben *AB* berbentuk *powder*.

Dalam penelitian ini kadar *FFA* minyak biji kapuk setelah *bleaching* pada saat kondisi optimum yaitu sebesar 8,153% lebih rendah jika dibandingkan kadar *FFA* minyak biji kapuk pada penelitian yang dilakukan oleh Wahyu dan Andre^[1] yaitu sebesar 11,2%. Kadar *FFA* yang lebih rendah ini dikarenakan penggunaan adsorben *AB*. Adsorben *AB* memiliki kemampuan mengadsorp yang lebih besar jika dibandingkan dengan bentonit yang belum diaktivasi. Kemampuan mengadsorp yang besar dipengaruhi oleh luas permukaan spesifik adsorben yang besar^[7]. Proses aktivasi berperan dalam memperbesar luas permukaan spesifik dari bentonit.

Peroxide Value(PV)

Minyak mengandung hidrogen peroksida yang dihasilkan dari reaksi oksidasi spontan terhadap minyak. Reaksi oksidasi ini terjadi antara asam lemak tidak jenuh yang terkandung dalam minyak dan oksigen dari udara^[2]. Hubungan antara suhu dan nilai *PV* pada

minyak setelah di-*bleaching* disajikan pada Gambar 4 sebagai berikut.



Gambar 4. Hubungan Antara Suhu Terhadap Nilai *PV* Dalam Minyak Sebelum dan Sesudah *Bleaching* Pada Berbagai Variasi Rasio Adsorben (*AC/AB*)

Dari Gambar 4, pada setiap ratio massa adsorben dapat dilihat bahwa nilai *PV* mengalami penurunan yang tinggi bila dibandingkan dengan *PV* mula-mula yang terkandung dalam minyak. Hal ini disebabkan adsorben menyerap *PV* yang terkandung dalam minyak. Selain itu, dalam penelitian ini proses *bleaching* dilakukan pada kondisi *vacuum*, sehingga pembentukan peroksida dalam minyak akibat reaksi oksidasi spontan minyak dengan O_2 dapat diminimalkan.

Nilai *PV* tertinggi didapatkan pada minyak yang di-*bleaching* menggunakan adsorben *AB* (0% *AC*). Semakin tinggi % *AC*, maka semakin rendah nilai *PV* minyak hasil *bleaching*. Hal ini terjadi karena *AB* memiliki aktifitas katalitik yang dapat mempercepat reaksi oksidasi spontan minyak dengan O_2 ^[11].

Reaksi oksidasi spontan dari asam lemak tidak jenuh dan oksigen dalam udara akan membentuk senyawa hidroperoksida. Hidroperoksida yang dihasilkan dari reaksi oksidasi spontan minyak bersifat tidak stabil dan akan mudah mengalami dekomposisi oleh proses isomerisasi atau polimerisasi menjadi senyawa aldehid, keton, dan senyawa lainnya. Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa nilai *PV* akan cenderung meningkat sampai suhu 70°C. Hal ini disebabkan pada suhu yang lebih rendah daripada 70°C, senyawa hidroperoksida belum mendapatkan cukup panas untuk terdegradasi, sehingga cenderung terjadi reaksi pembentukan peroksida. Kemudian pada suhu yang lebih tinggi daripada 70°C nilai *PV* dalam minyak akan semakin turun. Hal ini dikarenakan pada suhu tinggi senyawa hidroperoksida akan mengalami dekomposisi menjadi senyawa lain

(produk sekunder)^[16]. Dengan kata lain produk primer adalah persenyawaan hidroperoksida yang terbentuk dari hasil reaksi antara lemak tidak jenuh dengan oksigen, sedangkan produk sekunder dihasilkan dari proses degradasi hidroperoksida. Hasil degradasi hidroperoksida ini terdiri dari aldehida, keton, asam-asam, alkohol, hidrokarbon, dan komponen lainnya^[2].

Dalam penelitian ini nilai *PV* minyak biji kapuk setelah *bleaching* saat kondisi optimum yaitu sebesar 7 (meq H₂O₂/kg minyak) yang lebih rendah jika dibandingkan nilai *PV* minyak biji kapuk pada penelitian Wahyu dan Andre^[1] yaitu sebesar 9,67 (meq H₂O₂/kg minyak). Nilai *PV* yang lebih rendah ini disebabkan proses *bleaching* dilakukan pada kondisi *vacuum*, sehingga pembentukan peroksida dalam minyak akibat reaksi oksidasi spontan minyak dengan O₂ dapat diminimalkan.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Suhu berpengaruh pada penurunan warna minyak, kadar *FFA*, dan *PV*. Begitu pula rasio massa adsorben juga mempunyai pengaruh pada warna minyak, kadar *FFA*, dan *PV*;
2. Kondisi proses terbaik didapat pada suhu 70°C dengan rasio 0% *AC* (hanya *AB*, tidak ada *AC*). Pada kondisi ini minyak memiliki *grade* warna *R*= 2,4 dan *Y*=10, kadar *FFA*= 7,952 %, dan *PV*= 7 meq/kg minyak.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Wahyu, P. dan Andre, *Bleaching Minyak Biji Kapuk*, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Katolik Widya Mandala, Surabaya, 2007

[2] National Kapokseed Products Association, *Kapokseed and Its Product*, <http://www.cottonseed.com/publications/cottonseedanditsproducts.asp>, 2002

[3] Battacharjee, P., Singhal, R.S. dan Tiwari, S.R., "Supercritical Carbon Dioxide Extraction of Cottonseed Oil", *Journal of Food Engineering*, Vol.79, hlm. 892-898, 2007

[4] Sudarmadji, S., Haryono, B., dan Suhardi, "Analisa Bahan Makanan dan Pertanian", Hlm. 96-114, Penerbit Andi Yogyakarta Bekerja Sama Dengan Pusat Antar Pangan dan Gizi Universitas Gajah Mada, Yogyakarta, 1989

[5] Kaynak, G., Ersoz, M., dan Kara, H., "Investigation of the Properties of Oil at the

Bleaching Unit of An Oil Refinery", *Colloid and Interface Science*, Vol.280, Hlm. 131-138

[6] Hassenhuettl, G.L., "Fats and Fatty Oils", *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, John Wiley Interscience, New York, 2005

[7] SBP Consultants and Engineers Pvt. Ltd., *SBP Handbook of Oil Seeds, Oils, Fats and Derivatives*, Everest Press, Okhla: New Delhi, 1998

[8] Hamm, W., dan Hamilton, J., *Edible Oil Processing*, Sheffield Academic Press., London, 2000

[9] Ketaren, S., *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*, Edisi 1, Cetakan 1, Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press): Jakarta, 1986

[10] Rossi, M., M. Gianazza, dan Kawan-kawan, "The Role of Bleaching Clays and Synthetic Silica in Palm Oil Physical Refining", *Food Chemistry*, Vol. 82, Hlm. 291-296, 2003

[11] Study Group, "Bleaching of Edible Fats and Oils", *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, Hlm. 103, 2001

[12] Pasaribu, N., *Minyak Buah Kelapa Sawit*, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara, <http://library.usu.ac.id/download/fmipa/kimia-nurhaida.pdf>, Medan, 2004, Diakses 18 Februari 2008

[13] Anonim, *Filter Kimia*, <http://ofish.com/Filter/Roll>, Diakses 3 September 2008.

[14] Iwuoha, C.I., Ubbanou, C.N., Ugwo, R.C. dan Okereke, N.U., "Chemical and Physical Characteristic of Palm, Palm Kernel and Groundnut Oils as Affected by Degumming", *Food Chemistry*, Vol. 55, Hlm. 29-34, 1996

[15] Omar, G. dan Kawan-kawan, "Carbonaceous Material from Hull for Bleaching of Vegetable Oils", *Food Research International*, Vol. 36, Hlm. 11-17, 2003

[16] Choe, E dan Min, B.D., "Mechanism and Factors for Edible Oil Oxidation", *Reviews in Food Science and Food Safety*, Vol. 5, Hlm. 169-186, 2006

[17] Oboh, A. O., and Aworh, O.C., "Laboratory Trials on Bleaching Palm Oil with Selected Acid Activated Nigerian Clays", *Food Chemistry*, Vol. 27, Hlm. 311-317, 1988

- [18] Treyball, R.E., *Mass Transfer Operations*, Edisi Ketiga, Hlm. 573-574, 581-582, McGraw-Hill Book Co., Singapore, 1981
- [19] Srasra, E., F Bergaya, dan Kawan-kawan, "Surface Properties of an Activated Bentonite Decolorisation of Rape Seed Oil", *Applied Clay Science*, Vol. 4, Hlm. 411-421, 1989