

4. PEMBAHASAN

4.1. Uji Pendahuluan

4.1.1. Pemanasan Minyak

Penggorengan dapat menghasilkan karakteristik makanan dengan warna dan tekstur yang sangat disukai orang (krispi) sehingga membuat makanan ini sangat populer (Sunita & Almatsier, 2004). Pada penelitian ini digunakan *Deep fat frying* sebagai alat untuk pemanasan berulang. *Deep fat frying* merupakan proses pemasakan dan pengeringan yang terjadi melalui kontak dengan minyak panas, meliputi perpindahan panas dan massa secara simultan. Minyak memiliki fungsi ganda dalam penyiapan makanan karena minyak berfungsi sebagai media transfer panas dan pemberi kontribusi pada tekstur dan cita rasa bahan gorengan. Kecepatan dan efisiensi proses penggorengan tergantung pada suhu dan kualitas minyak goreng. Suhu minyak yang biasa dipergunakan adalah 150- 190°C (Moreiraa, 1999;2004; Dunford, 2006).

4.2. Penelitian Utama

4.2.1. Uji Asam Lemak Bebas

Asam lemak bebas dalam konsentrasi tinggi yang terkandung dalam minyak goreng sangat merugikan. Tingginya asam lemak bebas ini mengakibatkan rendemen minyak turun. Metode yang digunakan untuk menganalisis asam lemak bebas adalah titrasi asam basa dengan indikator untuk melihat titik akhir titrasi (Ketaren, 2008). Analisa kuantitatif dengan metode alkalimetri yaitu menggunakan indikator fenolftalein dengan pH 8,0 sampai 9,6. Alkohol dengan kadar 95% digunakan sebagai pelarut karena minyak dan lemak dapat larut dalam pelarut organik yang memiliki kecenderungan non polar, misalnya etanol, alkohol, ether maupun kloroform dan ketidak larutannya dalam air (Ade, 2017).

Dapat dilihat pada Tabel 6, pada perlakuan segar rata-rata asam lemak bebas 0,14%, pemanasan 1 0,16%, pemanasan 2 0,18%, pemanasan 3 0,22%, pemanasan 4 0,27% dan pemanasan 5 sebesar 0,31%. Semakin banyak pengulangan pemanasan pada minyak goreng maka nilai asam lemak bebas semakin tinggi. Salah satu fenomena yang dihadapi dalam proses penggorengan adalah menurunnya kualitas minyak setelah digunakan secara berulang pada suhu yang relatif tinggi yaitu 160-180°C.

Berdasarkan standar mutu minyak goreng di Indonesia yang diatur dalam SNI 7709:2012 bahwa standard asam lemak bebas untuk minyak goreng adalah maksimal 0,30%. Hal ini

menunjukkan bahwa minyak goreng merek C pada pemanasan ke 5 sudah mengalami kerusakan karena memiliki nilai asam lemak bebas lebih dari yang dianjurkan oleh SNI yakni 0,31%.

Menurut Kulkarni dan Dalai (2006) uap air yang dihasilkan pada saat proses penggorengan menyebabkan terjadinya hidrolisis terhadap trigliserida, menghasilkan asam lemak bebas, digliserida, monogliserida, dan gliserol yang diindikasikan dari angka asam. Hal ini sesuai karena pada saat pemanasan berulang menggunakan *deep fat frayer* tidak memiliki penutup sehingga minyak terpapar oleh udara.

Menurut Sulieman *et al*, (2001) kenaikan kadar asam lemak bebas disebabkan karena pada saat penggorengan pertama, kadar air dalam minyak belum terlalu banyak, tetapi pada proses penggorengan selanjutnya kadar air pada minyak semakin bertambah. Keberadaan air pada minyak yang berasal dari bahan baku mempercepat proses hidrolisis dari minyak goreng. Hasil yang didapatkan pada pengujian pemanasan berulang ini sesuai dengan teori (Lalas, 2009) yang menyatakan bahwa asam lemak bebas memiliki kecenderungan naik seiring dengan semakin lamanya pemanasan. Teori ini didukung oleh penelitian serupa dengan sampel minyak kedelai dan minyak vanaspati (Vasishta, 1996) serta sampel biji kelor (Abdulkarim *et al*, 2007). Kedua peneliti tersebut mengemukakan bahwa terdapat peningkatan asam lemak bebas seiring dengan semakin lamanya waktu penggorengan.

Minyak yang digunakan dalam proses penggorengan memiliki resiko besar dalam terbentuknya asam lemak bebas karena adanya perlakuan panas dengan temperatur yang tinggi yang menyebabkan meningkatnya kandungan asam lemak bebas. Pemanasan minyak goreng yang berulang kali (lebih dari 2 kali) pada suhu tinggi (160°C sampai dengan 180°C) akan mengakibatkan hidrolisis lemak menjadi asam lemak bebas yang mudah teroksidasi, sehingga minyak menjadi tengik dan membentuk asam lemak trans yang dapat mengakibatkan gangguan kesehatan. Oksidasi minyak akan menghasilkan senyawa aldehida, keton, hidrokarbon, alkohol, lakton serta senyawa aromatis yang tidak enak, pembentukan senyawa polimer selama proses menggoreng terjadi karena reaksi polimerisasi, adisi dari asam lemak tidak jenuh, hal ini terbukti dengan terbentuknya bahan menyerupai gum (gelembung) yang mengendap didasar tempat penggorengan (Ketaren, 1986). Minyak yang dipanaskan secara berulang akan menyebabkan kualitas minyak menurun karena saat dipanaskan, peristiwa hidrolisa akan menyebabkan kerusakan pada

minyak karena terdapat sejumlah air dalam minyak dan peristiwa oksidasi akan menyebabkan bau tengik pada minyak tersebut. Pada proses ini terjadi pemutusan rantai triglesirida menjadi asam lemak bebas dan gliserol.

Penggunaan minyak goreng berulang atau jelantah tidak baik bagi kesehatan karena minyak sudah mengalami kerusakan setelah dipanaskan berkali-kali. Penggunaan minyak jelantah yang berkelanjutan oleh manusia dapat menyebabkan berbagai macam penyakit diantaranya penyakit kanker, dapat mengurangi kecerdasan generasi berikutnya, dan pengendapan lemak dan pembuluh darah. Selain itu, selama penggorengan akan terbentuk senyawa akrolein yang bersifat racun dan menimbulkan gatal pada tenggorokan (Winarno, 2004).

4.2.2. Uji Bilangan Peroksida

Suhu yang digunakan dalam pemanasan ini juga sesuai yang dikatakan oleh (Sunita, Almatsier. 2004), bahwa salah satu fenomena yang dihadapi dalam proses penggorengan adalah menurunnya kualitas minyak setelah digunakan secara berulang pada suhu yang relatif tinggi yaitu 160-180°C.

Dapat dilihat pada Tabel 2, hasil bilangan peroksida minyak goreng merek C setelah dipanaskan berulang sebanyak 5 kali pada suhu 175-180°C. Pada perlakuan segar rata-rata bilangan peroksida 1,089 meq O₂/kg, pemanasan 1 1,378 meq O₂/kg, pemanasan 2 1,455 meq O₂/kg, pemanasan 3 2,073 meq O₂/kg, pemanasan 4 2,637 meq O₂/kg dan pemanasan 5 sebesar 3,4700. Semakin banyak pengulangan pemanasan pada minyak goreng maka nilai bilangan peroksida semakin tinggi.

Hasil pada perlakuan segar rata-rata PV 1,089 meq O₂/kg, pemanasan 1 1,378 meq O₂/kg, pemanasan 2 1,455 meq O₂/kg, pemanasan 3 2,073 meq O₂/kg, pemanasan 4 2,637 meq O₂/kg dan pemanasan 5 sebesar 3,4700. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh (Siti, 2010) bahwa terjadinya peningkatan bilangan peroksida pada minyak disebabkan oleh semakin banyaknya pengulangan pemanasan, pernyataan (Siti, 2010) juga didukung dengan penelitian yang dilakukan oleh (Ayu, 2010) yang mengatakan bahwa seiring peningkatan bilangan peroksida dapat dilihat minyak yang teroksidasi membentuk senyawa peroksida akibat frekuensi dan lamanya pemanasan. Menurut (Gunawan, 2003) terjadinya peningkatan bilangan peroksida disebabkan oleh minyak yang bereaksi dengan oksigen pada ikatan rangkap dan terjadi reaksi berantai yang terus menerus sehingga

radikal bebas menghasilkan peroksida lebih lanjut, selain itu adanya pemanasan asam lemak tidak jenuh terurai akibat permukaan minyak yang panas dan kontak langsung dengan udara dan rantai karbon dalam ikatan rangkap terputus sehingga peroksida minyak juga bertambah.

Pada penelitian ini hasil bilangan peroksida dengan 5 kali pemanasan masih dibawah standar SNI, karena menurut SNI 7709:2012 batas bilangan peroksida adalah 10 meq O_2/kg , hal ini sesuai dengan penelitian (Siti, 2010) bahwa pada pemanasan 1 hingga ke 5 masih didapatkan nilai bilangan peroksida dibawah rata-rata, selain itu menurut beberapa peneliti pengukuran bilangan peroksida termasuk dalam analisis yang cukup sulit karena banyaknya faktor yang menyebabkan munculnya kesalahan. Menurut (Lalas, 2009) bilangan peroksida seringkali menghasilkan data dengan standar deviasi yang besar, hal ini terjadi karena peroksida merupakan senyawa hasil oksidasi yang tidak stabil. (Warner 2009) juga mengutarakan bahwa hidroperoksid merupakan senyawa yang mengalami pembentukan dan diuraikan kembali dalam waktu yang cepat, sehingga menurut Guillen dan Cabo, 2012 hal ini menyebabkan sulitnya menghasilkan pengukuran bilangan peroksida yang reproducible.

4.2.3. Uji FTIR

Sampel minyak yang telah dilakukan pemanasan berulang kemudian dikarakterisasi dengan FTIR. Karakterisasi ini berfungsi untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam tiga sampel kontrol dan enam sampel uji nanokomposit hidroksiapatit/kitosan (nHA/CS). Seluruh spektra diukur pada bilangan gelombang $4000- 500\text{ cm}^{-1}$ 32 scan dengan resolusi 1 cm^{-1} . Spektra dari sampel minyak akan menghasilkan nilai % transmitansi .

Dari hasil pengukuran spektrum absorbansi FTIR, puncak-puncak yang signifikan pada *batch* 1 berada di kisaran bilangan gelombang 3400 cm^{-1} dan 1100 cm^{-1} sedangkan pada *batch* 2 2300 cm^{-1} .

Minyak kelapa sawit sendiri memiliki kandungan asam lemak tidak jenuh yang cukup besar. Menurut Khosla (2006), kandungan asam lemak tidak jenuh pada minyak kelapa sawit sebanding dengan kandungan asam lemak jenuhnya. Jumlah asam lemak tidak jenuhnya mencapai 50% dari total asam lemak. Dari jumlah ini, sekitar 80%-nya terdiri atas asam lemak oleat dan sisanya terdiri atas asam lemak linoleat.

Bilangan gelombang di daerah 1700 cm^{-1} yang muncul pada pemanasan ke-0 sampai dengan pemanasan ke-4 pada *batch* I menunjukkan adanya gugus asam karboksilat, hal ini juga sesuai dengan yang dikemukakan oleh Ismal et al (1994) yang mengatakan bahwa pada panjang gelombang 1700 terbentuk asam karboksilat yang berasal dari hidrolisis lemak yang membentuk asam lemak bebas, asam lemak bebas akan meningkat seiring berjalanya waktu dan pemanasan, namun dalam waktu tertentu hidrolisis akan berubah menjadi reaksi oksidasi. Shih Yeh Lim *et al*, (2018) juga menambahkan karena adanya perubahan hidrolisis menjadi peroksida maka tidak terbentuk lagi puncak atau gugus baru. Hal ini sesuai dengan pemanasan ke-0 sampai dengan pemanasan ke-4 bahwa pada pemanasan ke-5 sudah tidak terbentuk lagi puncak karena terjadinya perubahan hidrolisis menjadi peroksida.

Bilangan gelombang di daerah 3400 cm^{-1} yang muncul pada pemanasan ke-2 menunjukkan adanya gugus O-H pada alkohol. Munculnya gugus O-H disebabkan oleh jumlah alkohol yang signifikan atau hasil oksidasi sekunder yang terbentuk dari oksidasi termal serta pembentukan O-H kelompok fungsional (Shih Yeh Lim *et al*, 2018). Panjang gelombang tersebut sesuai dengan penelitian sebelumnya, bahwa panjang gelombang di dekat 3442 cm^{-1} ditemukan dalam minyak nabati yang teroksidasi karena dipanaskan pada suhu $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 14-21 hari atau pada suhu $230\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 200 menit (Cabo *et al*, 2002; Cabo *et al*, 2000; dan Navarra, 2010). Menurut Cabo *et al* (2002 dan 2000) dan Ismail *et al* (1994) hidroperoksida tidak stabil pada suhu pemanasan. Dengan demikian hasil bilangan peroksida minyak goreng segar sampai dengan pemanasan 5 pada penelitian ini meningkat, karena adanya gugus hidroperoksida.

Bilangan gelombang di daerah 2300 cm^{-1} merupakan bilangan gelombang yang spesifik karena muncul pada pemanasan ke-1 hingga pemanasan ke-5, pada kisaran panjang gelombang di daerah 2300 cm^{-1} menunjukkan sebuah gugus C-O pada ester (Wibowo 2011). Panjang gelombang 2300 cm^{-1} ini menunjukkan adanya gliserol yang masih berikatan dengan asam lemak. Ikatan jenis ini banyak ditemui pada monogliserida, digliserida, dan trigliserida. Menurut Basiron (2005), trigliserida merupakan komponen yang paling banyak terkandung di dalam minyak kelapa sawit sementara monogliserida dan digliserida hanya terdapat dalam jumlah yang sedikit saja. Sundram (2004) menyatakan bahwa sekitar 95% dari minyak kelapa sawit tersusun atas komponen trigliserida dan sisanya

monogliserida dan digliserida. Menurut Sundram (2004), perbedaan antara trigliserida terletak pada asam lemak yang menyusunnya. Sekitar 7-10% dari total trigliserida tersusun atas trigliserida jenuh seluruhnya yang sebagian besar merupakan tripalmitat. Sementara sekitar 6-12% tersusun atas trigliserida tidak jenuh seluruhnya.

Pada penelitian ini minyak yang dipanaskan dari Pemanasan 1 hingga pemanasan 5 mengalami peningkatan bilangan oksidasi hal ini sesuai dengan yang telah di nyatakan oleh (Khafi, 2012) bahwa gugus tersebut merupakan daerah yang paling dipegaruhi oleh oksidasi, selain itu didukung dengan pernyataan Lerma-garcia *et al* (2011) yang menyebutkan bahwa gugus fungsi rangkap dua *trans* dan *cis* C=C serta ester C-O merupakan gugus-gugus yang terdeteksi di dalam pengukuran FTIR dan mudah dipengaruhi oleh reaksi oksidasi. Peningkatan bilangan oksidasi ini sesuai dengan pernyataan (Rohman *et all*, 2011) bahwa oksidasi minyak mengalami peningkatan intensitas seiring berjalanya pemanasan.

Keberadaan asam lemak *trans* di dalam minyak goreng dapat disebabkan karena adanya proses pemanasan dalam pengolahan minyak (*refinery*). Asam lemak *trans* juga dapat terbentuk selama proses penggorengan pada suhu tinggi. Menurut Sartika (2007), proses menggoreng dengan cara *deep frying* akan menyebabkan perubahan asam lemak tidak jenuh bentuk *cis* menjadi bentuk *trans*. Peningkatan asam lemak tidak jenuh *trans* ini sebanding dengan penurunan asam lemak tidak jenuh *cis* (asam oleat). Fennema (1996) menyebutkan bahwa oksidasi terhadap asam oleat (C18:1 *cis*) akan menghasilkan asam lemak *trans* elaidat. Sedangkan hasil reaksi oksidasi asam linoleat (C18:2 *cis*) adalah campuran konjugasi antara 9- dan 13-hidroperoksida diena yang mengalami isomerisasi geometrik membentuk *trans* isomer yaitu asam linolelaidat (C18:2 *trans*).

Penelitian yang dilakukan oleh Sartika (2009) menunjukkan bahwa terjadi pembentukan asam lemak *trans* pada minyak goreng komersil yang digunakan untuk menggoreng singkong dan daging sapi. Menurutnya, jumlah asam lemak *trans* yang dihasilkan berfluktuasi terhadap jumlah penggorengan dikarenakan adanya interaksi antara minyak goreng dengan sampel yang digoreng. Meskipun demikian, penelitian kali ini tidak mempelajari lebih lanjut seberapa besar kandungan asam lemak *trans* yang terdapat di dalam sampel minyak goreng. Terdeteksinya asam lemak *trans* saja tidak cukup untuk menyatakan bahwa sampel minyak goreng sudah tidak aman untuk dikonsumsi. Menurut