

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Minyak Sawit

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) merupakan salah satu komoditas perkebunan yang memiliki potensi besar dalam mendorong pertumbuhan ekonomi, karena mampu menghasilkan minyak kelapa sawit mentah (CPO) serta inti kelapa sawit (kernel). CPO memiliki karakteristik semi padat karena komposisi trigliseridanya yang bervariasi, dengan panjang rantai asam lemak antara 14 hingga 20 atom karbon (Rofiqi et al., 2016). Minyak ini banyak dimanfaatkan dalam industri pangan, kosmetik, farmasi, dan lainnya, baik dalam bentuk bermerek maupun sebagai minyak goreng curah yang masih mengandung fraksi padat (*soft stearin*) (Kasmudjiastuti et al., 2018).

Kelapa sawit menghasilkan dua jenis minyak utama: CPO dari bagian daging buah dan PKO dari bagian inti. Kedua jenis minyak ini memiliki komposisi berbeda; CPO memiliki keseimbangan antara asam lemak jenuh dan tidak jenuh (Andana et al., 2020), dengan kandungan asam palmitat yang cukup tinggi (44,3%), yang berfungsi memberikan kekerasan dan busa stabil dalam produk sabun (Widyasanti et al., 2016). Asam lemak jenuh dalam CPO meliputi asam palmitat (44%), asam stearat (5%), dan sedikit asam miristat, sementara kandungan asam lemak tidak jenuhnya terdiri atas 40% asam oleat dan 10% asam linoleat serta linolenat. Adapun PKO mengandung sekitar 50% asam laurat (Sujadi et al., 2016)

Minyak sawit memiliki komposisi seimbang antara asam lemak jenuh dan tidak jenuh, dengan angka iodin sekitar 53. Dalam pemrosesan lanjutan minyak sawit sebagai bahan baku industri makanan, minyak kelapa sawit mentah (CPO) yang telah diekstraksi akan melalui tahapan refinery dan fraksinasi. Proses ini bertujuan untuk memisahkan fraksi olein dan stearin yang terkandung dalam CPO. Fraksi olein umumnya diperkaya dengan vitamin A dan diproses menjadi minyak goreng, sedangkan fraksi stearin digunakan sebagai bahan dasar untuk pembuatan produk turunan seperti margarin dan *shortening* (Kanagaratnam et al., 2020).

2.2 Margarin

Margarin adalah produk pangan berbentuk emulsi tipe air dalam minyak (*water in oil*) dengan tekstur plastis. Umumnya digunakan dalam pembuatan produk roti dan kue seperti cake, roti, dan biskuit, margarin juga sering dijadikan

alternatif minyak goreng untuk menumis atau menggoreng makanan dalam jumlah minyak yang sedikit. Komposisi margarin terdiri dari sekitar 80% lemak dan 15–16% air, serta ditambahkan bahan tambahan seperti pewarna, perisa, pengemulsi, vitamin, dan lainnya (Sitorus et al., 2023).

Pada awalnya, bahan utama dalam pembuatan margarin berasal dari lemak hewani, seperti lemak sapi dan babi. Namun, seiring perkembangan teknologi pangan dan pertimbangan fungsionalitas, bahan dasar margarin beralih ke penggunaan lemak atau minyak nabati, antara lain minyak sawit, minyak kedelai, minyak biji kapas, dan minyak jagung. Pergantian ini dilakukan karena minyak nabati memiliki kestabilan yang lebih baik serta titik leleh yang lebih sesuai untuk aplikasi pangan (Firmansyah et al., 2020).

Margarin memiliki karakteristik khas, yaitu tekstur padat dan plastis pada suhu ruang, berwarna kuning terang, mudah dioleskan, cepat mencair di mulut, namun relatif tidak mudah meleleh dibandingkan dengan mentega. Dalam bidang industri pangan, margarin telah banyak dimanfaatkan, khususnya dalam pembuatan produk *bakery* dan cookies. Penggunaan margarin dalam produk tersebut berfungsi untuk membantu pengembangan adonan, memberikan tekstur yang lebih lembut, serta meningkatkan cita rasa. Selain itu, margarin juga digunakan sebagai media penggorengan dan penumis karena kemampuannya dalam mendistribusikan panas secara merata (Firmansyah et al., 2020).

Margarin komersial umumnya difortifikasi dengan nutrisi dan mineral seperti vitamin A dan vitamin E (Hasibuan dkk., 2009; Hasibuan dan Hardika, 2015), sementara *shortening* untuk produk *bakery* (*baking shortening*) umumnya tidak mengandung bahan tambahan selain lemak. Dalam proses pembuatannya, bahan baku yang digunakan berupa fraksi-fraksi minyak sawit seperti palm oil (RBDPO), stearin (RBDPS), dan olein (RBDP Olein). Ketiga jenis lemak ini mengandung kadar karoten dan vitamin E yang lebih rendah dibandingkan dengan minyak sawit mentah (*crude palm oil/CPO*) (Hasibuan et al., 2018).

Minyak nabati yang digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan margarin harus memenuhi beberapa kriteria tertentu agar menghasilkan produk yang berkualitas (Rahmawati, 2022). Kriteria tersebut antara lain memiliki bilangan iod yang rendah, warna minyak yang berwarna kuning muda, serta flavor atau cita rasa minyak yang baik. Selain itu, minyak tersebut harus memiliki titik beku dan titik cair yang berada di sekitar suhu kamar, mengandung asam lemak yang stabil,

serta berasal dari jenis minyak yang ketersediaannya melimpah di suatu daerah guna mendukung keberlanjutan produksi.

2.3 Shortening

Shortening atau mentega putih merupakan lemak padat yang memiliki sifat plastis dan kestabilan tertentu yang tersusun dari campuran asam lemak jenuh dan tidak jenuh, yang berperan penting dalam memberikan tekstur lembut dan empuk pada produk-produk *bakery*. *Shortening* berfungsi sebagai bahan pengempuk dan penstabil struktur adonan, sehingga banyak digunakan dalam pembuatan kue, roti, dan biskuit. Proses pembuatan *shortening* dapat dilakukan melalui beberapa metode, antara lain metode pencampuran (*blending*), interesterifikasi secara kimiawi, serta interesterifikasi enzimatis yang memanfaatkan enzim lipase sebagai katalisator (Sumartini & Amalia, 2022)

Shortening merupakan produk lemak yang dibuat dari campuran lemak padat dan lemak cair, terdiri atas asam lemak jenuh dan tidak jenuh. Fraksi lemak padat umumnya diperoleh dari sumber asam lemak jenuh seperti *palm stearin*, sedangkan fraksi cair berasal dari berbagai jenis minyak nabati, antara lain minyak biji karet (Sumartini & Hasibuan, 2021), minyak kemiri (Putri, 2015), minyak biji bunga matahari (Purbaya et al., 2015), minyak sawit merah (Hasibuan et al., 2019), dan berbagai minyak nabati lainnya.

Kualitas *shortening* dapat ditentukan melalui karakteristik titik lelehnya. Untuk *bakery shortening*, titik leleh ideal berada pada kisaran 38–40°C. Formulasi rasio lemak padat dan cair yang tepat menjadi kunci dalam menghasilkan *shortening* berkualitas tinggi, yang sesuai dengan kebutuhan tekstur dan performa dalam aplikasi produk *baked* seperti roti, kue, dan biskuit (Sumartini & Amalia, 2022).

Minyak kelapa sawit merupakan bahan utama yang ideal untuk produksi margarin dan *shortening* karena sifat alaminya yang semi-padat dan kemampuannya untuk dimodifikasi melalui berbagai proses, seperti fraksionasi, interesterifikasi, hidrogenasi, dan pencampuran. Proses hidrogenasi merupakan metode yang digunakan untuk mengubah minyak tak jenuh menjadi bentuk yang lebih padat dengan menambahkan atom hidrogen. Namun, proses ini menghasilkan lemak trans, yang telah diketahui berbahaya bagi kesehatan. Lemak trans hasil hidrogenasi dikaitkan dengan berbagai risiko kesehatan serius, termasuk aterosklerosis, penyakit jantung koroner, kanker payudara pasca

menopause, gangguan penglihatan dan sistem saraf, diabetes tipe II, serta obesitas (Bihola et al., 2024).

Sebagai alternatif yang lebih sehat, industri kini banyak menggunakan metode interesterifikasi, yang mereorganisasi posisi asam lemak pada gliserol tanpa menghasilkan lemak trans. Metode ini dapat dilakukan secara kimiawi atau enzimatis, dan tidak mengubah komposisi asam lemak (Ebrahimi et al., 2017).

Selain itu, fraksionasi memisahkan fraksi lemak padat dan cair melalui pendinginan berdasarkan perbedaan titik leleh, sehingga memungkinkan pengembangan lemak fungsional tanpa pembentukan lemak trans. Proses pencampuran (*blending*) juga penting untuk menyesuaikan tekstur, titik leleh, dan kandungan lemak padat (solid fat content/SFC), serta mendukung formulasi produk lemak yang lebih plastis dan sesuai kebutuhan industri (Campioni et al., 2021).

2.4 Bahan Baku

1. Minyak RBDPO

Refined, Bleached and Deodorized Palm Oil (RBDPO) merupakan minyak sawit yang telah melalui proses penyulingan untuk menghilangkan asam lemak bebas, proses penjernihan untuk mengurangi warna, serta penghilangan bau melalui tahap deodorisasi. Pengolahan minyak goreng sawit diawali dari pengolahan tandan buah segar kelapa sawit menjadi *crude palm oil* (CPO), yang kemudian dilanjutkan dengan proses pemurnian (*refining*) dan pemisahan fraksi (*fractionation*) untuk menghasilkan RBDPO. Tahapan pemurnian terdiri atas proses *degumming* (penghilangan gum), *bleaching* (pemucatan), dan *deodorization* (penghilangan bau), sementara tahap pemisahan dilakukan melalui kristalisasi dan pemisahan fraksi (Pahan, 2008). Berdasarkan Ramadhani (2015), RBDPO memiliki sifat fisik dan kimia antara lain densitas 0,8896–0,8910 g/ml pada suhu 50°C, indeks bias 1,4544–1,4550 nD 50, angka penyabunan sebesar 190–202 mg KOH/g minyak, serta tingkat kemurnian mencapai 98,5%.

2. Stearin

Minyak kelapa sawit mentah (CPO) pada dasarnya terdiri atas dua fraksi utama, yaitu stearin sebagai fraksi padat dan olein sebagai fraksi cair. Melalui proses fraksinasi di pabrik kelapa sawit, diperoleh sekitar 70% olein yang digunakan sebagai minyak makan, dan sekitar 30% stearin. Stearin yang dihasilkan di Indonesia umumnya berbentuk pasta, yang menandakan bahwa kandungan oleinnya masih cukup tinggi, yakni sekitar 40%. Stearin (tristearin atau

gliseril tristearat) adalah senyawa kimia dengan rumus molekul $C_{57}H_{110}O_6$ yang berbentuk serbuk putih dan memiliki titik leleh sekitar 55°C . Senyawa ini juga dapat disintesis melalui reaksi antara asam stearat dan gliserol dalam kondisi tertentu. Stearin termasuk dalam kelompok gliserida dengan titik leleh yang tinggi, sehingga pada suhu ruang senyawa ini berada dalam bentuk pasta hingga padat (Aisyah et al., 2020).

Stearin memiliki slip melting point sekitar $44,5\text{--}56,2^{\circ}\text{C}$, sedangkan olein memiliki titik leleh yang jauh lebih rendah, yaitu sekitar $13\text{--}23^{\circ}\text{C}$. Perbedaan ini menunjukkan bahwa stearin, dengan titik leleh yang lebih tinggi, akan tetap berada dalam bentuk padat pada suhu kamar, sementara olein cenderung berada dalam bentuk cair. Karakteristik ini menjadikan stearin cocok untuk aplikasi produk seperti margarin dan *shortening* yang memerlukan struktur padat (Adha & Rizky, 2022).

3. CNO

Crude Coconut Oil (CNO) atau minyak kelapa mentah merupakan hasil utama dari proses ekstraksi minyak yang dilakukan pada kopra atau daging kelapa segar yang telah dikeringkan. Proses pembuatannya melibatkan serangkaian tahapan, mulai dari penghancuran bahan baku menggunakan mesin, pemanasan, pemerasan, hingga tahap penyaringan yang bertujuan untuk menghilangkan kotoran yang tidak diinginkan dari minyak yang dihasilkan (Mayanti, 2021).

Namun, setelah proses penyaringan tersebut, CNO yang diperoleh masih belum layak untuk dikonsumsi secara langsung karena kandungan asam lemak bebasnya masih tinggi, yakni melebihi 0,1 persen. Oleh karena itu, diperlukan proses pemurnian lanjutan dan pengolahan yang tepat agar minyak kelapa tersebut dapat diubah menjadi produk akhir yang aman dan siap dikonsumsi oleh masyarakat. CNO sendiri memiliki potensi yang sangat baik sebagai bahan baku dalam berbagai industri, baik industri pangan maupun non-pangan (Mayanti, 2021).

2.5 Bahan Baku Tambahan

1. Garam

Garam yang ditambahkan tidak hanya berfungsi untuk memperbaiki cita rasa, tetapi juga dapat mempengaruhi tekstur dan stabilitas emulsi margarin. Rasa asin pada margarin sangat dipengaruhi oleh kadar garam yang ditambahkan serta kehalusan emulsinya; semakin halus emulsi, rasa asinnya akan semakin terasa merata (Sitorus et al., 2022).

2. Emulsifier

Proses pembuatan margarin memerlukan penambahan zat pengemulsi untuk menjaga konsistensi dan bentuk produk. Emulsifier berperan penting dalam mempertahankan kestabilan emulsi antara minyak dan air. Umumnya, kadar emulsifier yang ditambahkan dalam margarin berkisar antara 0,1–0,5%. Semakin tinggi konsentrasi emulsifier, maka semakin stabil tekstur margarin yang dihasilkan, karena zat ini mampu menurunkan tegangan permukaan antara dua fase yang tidak saling larut. Salah satu jenis emulsifier yang sering digunakan dalam produksi margarin adalah lesitin. Lesitin secara alami dapat diperoleh dari bahan seperti kedelai dan kuning telur. Dengan nilai HLB (*Hydrophilic-Lipophilic Balance*) sekitar 4, lesitin sangat efektif untuk sistem emulsi tipe water in oil (w/o), yang merupakan karakteristik margarin. Selain itu, lesitin juga merupakan komponen alami dari membran sel dan dapat dicerna sepenuhnya oleh tubuh, sehingga penggunaannya aman untuk konsumsi manusia (Masruroh, 2018).

3. Flavour

Flavor atau perisa adalah bahan tambahan pangan (BTP) yang ditambahkan ke produk makanan atau minuman untuk memberikan atau memperkuat cita rasa tertentu, selain rasa asin, manis, dan asam. Flavor tidak dikonsumsi langsung dan bukan bahan pangan utama. Perisa dapat berupa zat alami, identik alami (hasil sintesis kimiawi yang menyerupai senyawa alami), atau sintetis murni (tidak ditemukan di alam) (PerBPOM, 2020).

Penggunaan flavor bertujuan meningkatkan daya tarik produk, menstabilkan rasa, memperkuat rasa yang lemah, mengganti rasa yang hilang saat pengolahan, serta menutupi rasa yang tidak diinginkan. Sebagai BTP, penggunaan flavor harus mengikuti regulasi keamanan pangan nasional seperti Permenkes No. 722/Menkes/Per/IX/88 dan SNI, untuk menghindari dampak negatif akibat penggunaan berlebihan atau tidak sesuai.

4. Pewarna

Pewarna makanan merupakan bahan tambahan pangan yang ditambahkan untuk memperbaiki atau memberi warna pada makanan sehingga makanan tersebut lebih menarik, menyeragamkan dan menstabilkan warna, serta menutupi perubahan warna akibat proses pengolahan dan penyimpanan. Golongan BTP pewarna dibagi menjadi 2 yaitu pewarna alami dan pewarna sintetis. Pewarna alami dibuat dengan cara mengekstrak tumbuhan, sedangkan pewarna sintetis dibuat dengan proses sintesis kimia buatan atau ekstraksi bahan alami secara kimiawi. (PerBPOM, 2013)

5. Vitamin

Dalam pembuatan margarin, vitamin dimaksudkan sebagai bahan tambahan dalam margarin. Menurut Standar Nasional Indonesia tentang margarin telah dengan tegas mensyaratkan penambahan vitamin A dan D ke dalam margarin khususnya untuk margarin meja. Kadar vitamin A yang diharuskan pada mentega dan margarin 1.400-3.500 IU per 100 gram, sedangkan kadar vitamin D 250-350 IU per 100 gram (SNI, 2014).

6. Antioksidan

Antioksidan adalah senyawa yang berfungsi untuk melawan atau menetralkan efek merusak dari radikal bebas dalam tubuh. Radikal bebas adalah molekul yang tidak stabil yang dapat menyebabkan kerusakan sel dan berkontribusi pada berbagai penyakit degeneratif, seperti kanker, diabetes, dan penyakit kardiovaskular. antioksidan ditemukan secara alami dalam buah-buahan, sayuran, rempah-rempah, dan beberapa makanan lainnya, serta dapat ditambahkan secara sintetis dalam makanan olahan. antioksidan memiliki peran penting dalam menjaga kesehatan dengan mencegah oksidasi di dalam tubuh, yang dapat menyebabkan stres oksidatif dan kerusakan sel. Selain itu, mereka juga membantu memperbaiki kerusakan sel, meningkatkan sistem kekebalan tubuh, dan mendukung proses metabolisme (Poljsak et al., 2021).

BPOM menetapkan batas maksimum penggunaannya dalam produk lemak dan minyak, serta menyertakan rekomendasi batas konsumsi harian berdasarkan berat badan konsumen. BHT (*butylated hydroxytoluene*) batas maksimum sekitar 0,02% (200 mg/kg); ADI 0-0,3 mg/kg berat badan per hari. BHA (*butylated hydroxyanisole*) batas maksimum sekitar 0,02% (200 mg/kg); ADI 0-0,5 mg/kg berat badan per hari. Dan, TBHQ (*terbutylhydroquinone*) batas maksimum sekitar 0,02% (200 mg/kg) dalam minyak dan lemak; ADI 0-0,7 mg/kg berat badan per hari (PerBPOM No. 11 Tahun 2019).

2.6 Proses Produksi Margarin Secara Umum

Menurut Hasibuan dan Hardika (2015), proses pembuatan margarin melibatkan pencampuran dua fase utama, yaitu fase minyak dan fase air. Dalam tahap awal, emulsifier, antioksidan, dan flavor ditambahkan ke dalam fase minyak, sedangkan garam dimasukkan ke dalam fase air. Campuran fase minyak kemudian dipanaskan sebelum ditambahkan dengan fase air, dan keduanya diaduk hingga homogen. Campuran ini selanjutnya dimasukkan ke dalam reaktor teksturisasi dan didinginkan untuk menghasilkan struktur margarin yang plastis.

Lebih lanjut, proses pembuatan margarin secara umum mencakup tahapan formulasi lemak atau minyak, pencampuran kedua fase, proses pendinginan untuk kristalisasi lemak, serta proses tempering untuk memperbaiki sifat fisik margarin (Noraini dan Teh, 1994; Hasibuan, 2009 dalam Hasibuan dan Hardika, 2015).

Proses emulsifikasi bertujuan untuk membentuk emulsi stabil antara minyak dan air, yang dicapai dengan penambahan emulsifier pada kedua fase pada suhu sekitar 80°C dengan tekanan 1 atm (Lebaz & Sheibat, 2022). Emulsifikasi ini terdiri dari dua tahap, yaitu pencampuran emulsifier yang larut dalam fase minyak dan pencampuran emulsifier dalam fase cair. Emulsifier fase minyak berfungsi mencegah pemisahan antara air dan minyak dalam emulsi, terutama selama penyimpanan. Contoh emulsifier jenis ini meliputi lesitin, β -karoten, serta vitamin A dan D, yang selain sebagai penstabil juga berfungsi untuk pewarna dan fortifikasi gizi. Sementara itu, emulsifier fase cair seperti garam tidak larut dalam minyak, namun ditambahkan untuk meningkatkan cita rasa serta melindungi produk dari kerusakan akibat oksidasi.

Setelah kedua fase berhasil dicampur dan membentuk emulsi, campuran dilewatkan melalui alat pendingin seperti *chilling unit perfector* atau *kombinator* yang menggunakan amonia cair bertekanan tinggi sebagai bahan pendingin. Pendinginan ini menyebabkan suhu campuran menurun drastis hingga di bawah 0°C saat melewati tabung pendingin, sehingga terjadi proses kristalisasi lemak. Kristalisasi ini berlangsung secara bertahap, dimulai dari pembentukan kristal alfa, kemudian berubah menjadi bentuk beta, dan akhirnya menjadi kristal beta-prime yang paling diinginkan (Sabry et al., 2020). Kristal beta-prime memiliki struktur yang halus dan lembut, yang sangat penting dalam menciptakan tekstur margarin yang enak di mulut. Struktur kristal ini juga berperan penting dalam aplikasi margarin sebagai bahan baku pembuatan roti dan kue, karena dapat menghasilkan produk akhir dengan tekstur yang lembut dan menyenangkan saat dikonsumsi (Liu et al., 2018). Untuk menghasilkan kristal beta-prime yang optimal, diperlukan proses pendinginan yang sempurna sehingga terbentuk kristal homogen berukuran kecil dan merata.

Tahap selanjutnya adalah tempering, yaitu proses penyimpanan margarin pada suhu terkendali selama beberapa jam hingga beberapa hari dengan tujuan mengatur struktur kristal lemak agar margarin menjadi lebih plastis dan mudah dibentuk. Gao et al. (2022) menyatakan bahwa suhu tempering yang terlalu rendah (10–15°C) cenderung menghasilkan margarin yang keras, sementara suhu yang

terlalu tinggi (30°C) menurunkan plastisitas. Suhu optimal tempering berkisar antara 20–25°C, yang menghasilkan margarin dengan sifat kelenturan dan daya sebar yang terbaik. Selain memperbaiki struktur kristal, proses tempering juga meningkatkan performa margarin dalam aplikasi pengolahan pangan seperti *baking*. Di samping itu, penyimpanan margarin pada suhu rendah, seperti di lemari es (sekitar 4°C), terbukti dapat memperlambat laju oksidasi lemak yang menyebabkan ketengikan dan penurunan kualitas flavor. Kerusakan akibat oksidasi ini biasanya ditandai oleh meningkatnya nilai peroksida dan kadar asam lemak bebas, yang mencerminkan terjadinya reaksi oksidatif dan hidrolitik pada lemak (Silva et al., 2021).

2.7 Proses Produksi *Shortening* Secara Umum

Pembuatan *shortening* melibatkan serangkaian tahapan penting yang bertujuan untuk menghasilkan produk lemak padat atau semi-padat dengan karakteristik plastisitas, stabilitas, dan umur simpan yang optimal. Tahap awal proses ini adalah hidrogenasi, yaitu reaksi penambahan atom hidrogen pada ikatan rangkap dua dalam rantai asam lemak tidak jenuh. Proses ini bertujuan mengubah minyak cair menjadi lemak jenuh atau semi-padat serta meningkatkan stabilitas oksidatif minyak (Ratri, 2019). Hidrogenasi dilakukan pada suhu tinggi (sekitar 140–225°C) dan tekanan gas hidrogen sekitar 60 psig, dengan menggunakan katalis logam. Reaksi ini bersifat eksoterm, sehingga menghasilkan panas akibat pemutusan ikatan rangkap pada asam lemak. Untuk meningkatkan efisiensi reaksi, dilakukan pengadukan guna mempercepat pelarutan hidrogen ke dalam minyak dan mendistribusikannya secara merata (Sari et al., 2015).

Produk yang dihasilkan dari proses hidrogenasi berupa minyak terhidrogenasi yang memiliki molekul lemak kaku dan plastis, serta menunjukkan stabilitas oksidatif yang lebih tinggi dibandingkan minyak tidak jenuh. Pada suhu kamar, minyak ini umumnya berada dalam fase semi-padat dan memiliki umur simpan yang relatif panjang, sehingga cocok digunakan dalam produksi *shortening* (Sari et al., 2015).

Tahapan berikutnya adalah pelelehan (*melt oil/fat*), yaitu proses pemanasan minyak atau lemak pada suhu sekitar 70°C untuk memastikan seluruh fraksi lemak, termasuk bagian padat seperti stearin (pada minyak sawit), berada dalam fase cair. Pelelehan ini penting untuk mempersiapkan proses pencampuran bahan-bahan secara homogen (Sari et al., 2015).

Setelah minyak berada dalam fase cair, dilakukan blending atau pencampuran. Proses ini melibatkan pencampuran satu atau beberapa jenis minyak atau lemak dengan bahan tambahan seperti plasticizer, emulsifier, dan antioksidan. Penambahan aditif ini bersifat opsional dan disesuaikan dengan tujuan aplikasi *shortening*. Seluruh aditif yang digunakan harus larut dalam lemak dan umumnya ditambahkan dalam jumlah kecil untuk meningkatkan tekstur, stabilitas, dan performa produk akhir (Sari et al., 2015).

Tahap selanjutnya adalah pra-kristalisasi dan kristalisasi, yaitu proses pendinginan minyak hingga suhu tertentu untuk membentuk kristal lemak. Kecepatan dan intensitas pengadukan memegang peranan penting dalam menentukan distribusi dan ukuran kristal yang terbentuk. Pengadukan yang terlalu lambat akan menyebabkan kristal terbentuk tidak merata, sedangkan pengadukan yang terlalu cepat dapat mengganggu struktur kristal. Kombinasi antara pendinginan cepat dan pengadukan yang optimal (dynamic-crystallization) mampu mencegah transformasi polimorfik yang tidak diinginkan dan menghasilkan tekstur *shortening* yang diinginkan (Nguyen et al., 2020). Kristalisasi ini membentuk berbagai jenis kristal, mulai dari alfa, beta-prime (β'), hingga beta (β). Kristal β' yang kecil dan seragam menghasilkan *shortening* dengan tekstur halus, plastisitas tinggi, ketahanan panas yang baik, serta kemampuan creaming yang optimal. Sebaliknya, kristal β yang lebih besar dan kasar menghasilkan tekstur yang kurang halus, tetapi cocok digunakan pada produk seperti minyak goreng dan pie crust (Sari et al., 2015).

Setelah proses kristalisasi, dilakukan tahap tempering yang berfungsi menstabilkan struktur kristal lemak agar *shortening* tidak mudah meleleh ketika mengalami perubahan suhu selama distribusi. Proses tempering dilakukan pada suhu 75–85°F selama 24 hingga 48 jam di ruangan khusus sebelum produk dikemas (Sari et al., 2015; Ratri, 2019). Dalam beberapa kasus, proses tempering dapat digantikan dengan metode alternatif melalui pemanasan dan pendinginan terkendali di bawah titik kristalisasi trigliserida. Di tingkat industri, proses ini dilakukan dalam unit Votator untuk pendinginan hingga suhu 60–65°F, kemudian dipanaskan kembali dalam unit B hingga suhu 75–85°F untuk memastikan kestabilan bentuk kristal (Sari et al., 2015).

Tahapan akhir dalam proses pembuatan *shortening* adalah pengemasan dan pengiriman (*shipment*). Seiring dengan meningkatnya permintaan *shortening* secara global, diperlukan sistem pengemasan yang mampu menjaga kualitas

produk selama proses distribusi, termasuk ke pasar internasional. Penentuan tanggal kadaluarsa juga harus diperhatikan agar produk yang sampai ke tangan konsumen masih dalam kondisi layak konsumsi dan kualitasnya tetap terjaga (Ratri, 2019).

Tinjauan Pustaka Tugas Khusus

Shortening merupakan produk yang terbuat dari campuran asam lemak jenuh dan tidak jenuh yang berfungsi untuk melembutkan dan mengempukkan tekstur produk-produk *bakery*. Penggunaan *shortening* dalam industri pangan, khususnya *bakery*, sangat penting karena dapat meningkatkan volume, kelembutan, serta memperpanjang daya simpan produk. Aplikasinya dapat ditemukan dalam berbagai produk seperti bolu kukus, bolu panggang, dan donat, di mana keberadaan *shortening* membantu menghasilkan tekstur yang lembut, pori-pori halus, serta sensasi leleh di mulut saat dikonsumsi (Sumartini & Hasibuan, 2021).

Sifat ketidakstabilan asam lemak tidak jenuh pada fraksi cair minyak dan lemak membuatnya cepat mengalami hidrolisis dan oksidasi sehingga akan meningkatkan nilai peroksidanya. proses oksidasi dapat terjadi pada suhu kamar, dan selama proses pengolahan menggunakan suhu tinggi. Hasil oksidasi lemak dalam bahan pangan tidak hanya mengakibatkan rasa dan bau tidak enak, tetapi juga dapat menurunkan nilai gizi, karena kerusakan vitamin dan asam lemak esensial lemak (Sumartini & Amalia, 2022).

Bilangan peroksida menunjukkan tingkat oksidasi awal dalam minyak, yang biasanya disebabkan oleh reaksi antara asam lemak tak jenuh ganda dengan oksigen membentuk senyawa peroksida. Nilai bilangan peroksida yang tinggi mengindikasikan bahwa minyak telah mengalami oksidasi dan mulai rusak, yang dapat mempengaruhi mutu, rasa, bau, dan kestabilan produk akhir. Oleh karena itu, pengujian bilangan peroksida penting dilakukan sebagai parameter untuk menentukan kesegaran dan kualitas minyak dalam industri pangan (Widodo *et al.*, 2020).

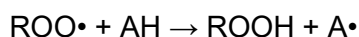
Menurut Rantau dan Arifin (2024), proses oksidasi lemak berlangsung dalam tiga tahap, yaitu inisiasi, propagasi, dan terminasi. Pada tahap inisiasi, asam lemak tak jenuh menyerap energi dari panas atau cahaya, yang menyebabkan terlepasnya atom hidrogen dan membentuk radikal bebas ($R\cdot$). Radikal bebas ini kemudian bereaksi dengan oksigen (O_2) membentuk radikal peroksil ($ROO\cdot$). Selanjutnya, pada tahap propagasi, radikal peroksil akan menyerang molekul

asam lemak lainnya (RH), menghasilkan hidroperoksida (ROOH) dan membentuk radikal baru ($R\cdot$) sehingga reaksi terus berlanjut secara berantai dan mempercepat proses oksidasi, yang pada akhirnya menurunkan kualitas produk. Proses ini akan berhenti pada tahap terminasi, yaitu ketika dua radikal bebas bergabung dan membentuk senyawa stabil non-radikal.

Antioksidan adalah senyawa yang berfungsi untuk melawan atau menetralkan efek merusak dari radikal bebas dalam tubuh. Radikal bebas adalah molekul yang tidak stabil yang dapat menyebabkan kerusakan sel dan berkontribusi pada berbagai penyakit degeneratif, seperti kanker, diabetes, dan penyakit kardiovaskular. antioksidan ditemukan secara alami dalam buah-buahan, sayuran, rempah-rempah, dan beberapa makanan lainnya, serta dapat ditambahkan secara sintetis dalam makanan olahan. antioksidan memiliki peran penting dalam menjaga kesehatan dengan mencegah oksidasi di dalam tubuh, yang dapat menyebabkan stres oksidatif dan kerusakan sel. Selain itu, mereka juga membantu memperbaiki kerusakan sel, meningkatkan sistem kekebalan tubuh, dan mendukung proses metabolisme (Poljsak et al., 2021).

Antioksidan bekerja dengan cara menghentikan reaksi berantai oksidasi lemak (autooksidasi) dengan mendonorkan atom hidrogen (H) kepada radikal bebas lipida ($R\cdot$) atau radikal peroksida ($ROO\cdot$). Proses ini menghasilkan senyawa radikal baru dari antioksidan ($A\cdot$), yang umumnya lebih stabil dan tidak reaktif dibandingkan radikal lemak yang terbentuk selama proses oksidasi.

Reaksi yang terjadi dapat digambarkan secara umum sebagai berikut:



Dimana:

- $ROO\cdot$ = radikal peroksida dari lemak
- AH = antioksidan
- ROOH = hidroperoksida (produk non-radikal)
- $A\cdot$ = radikal antioksidan yang stabil

Karena radikal antioksidan ($A\cdot$) ini jauh lebih stabil dan tidak melanjutkan reaksi berantai, maka proses oksidasi dapat dihentikan atau diperlambat secara signifikan (Nurlela, 2020)

Pada penelitian ini digunakan antioksidan BHA dan TBHQ, dengan batas maksimum penggunaannya masing-masing sebesar 200 mg/kg untuk BHA dan 180 mg/kg untuk TBHQ, sesuai regulasi dari BPOM RI (2019).