

## BAB II

### PROSES PRODUKSI

#### A. Tinjauan Pustaka

##### 1. Bahan Baku

Perusahaan minyak goreng sawit menggunakan kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) sebagai bahan baku utamanya. Buah kelapa sawit ini nantinya akan diolah terlebih dahulu menjadi *crude palm oil*. Sebagian besar perusahaan pengolah minyak goreng sawit, terutama pada perusahaan yang jauh dari daerah perkebunan biasanya akan melakukan produksi dengan bahan baku yang sudah berbentuk *crude palm oil*.

##### a) *Crude Palm Oil*

*Crude palm oil* (CPO) merupakan minyak mentah cenderung berwarna jingga pekat hingga merah yang berasal dari proses ekstraksi *mesocarp* buah kelapa sawit (Japir dkk., 2017). Warna jingga hingga merah pada CPO menurut Martianto dkk. (2018) diakibatkan oleh adanya kandungan pigmen karotenoid, khususnya dalam bentuk  $\beta$ -karoten. CPO terdiri dari dua fraksi utama, yaitu fraksi padat dan fraksi cair. Fraksi padat mengandung asam lemak jenuh (1% miristat, 45% palmitat, dan 4% stearat), sedangkan fraksi cair CPO mengandung asam lemak tidak jenuh (39% oleat, 11% linoleat) (Octaviani dan Pahlawan, 2014).

Proses ekstraksi kelapa sawit menjadi CPO sebagai bahan baku utama pembuatan minyak goreng dan beberapa produk turunannya menurut Barry dkk. (2013) melibatkan serangkaian tahapan, di antaranya adalah sterilisasi melalui perebusan, perontokan untuk memisahkan buah dari tandan yang telah direbus, pelumatan buah, pengempaan untuk mengekstrak minyak dan memisahkan inti sawit, serta klarifikasi untuk memurnikan minyak.

CPO tersusun dari gliserida yang mencakup serangkaian asam lemak dengan komponen utamanya berupa trigliserida dan sejumlah kecil monogliserida serta digliserida. CPO juga mengandung komponen minor berupa asam lemak bebas dan komponen non-gliserida. Komponen non-gliserida ini menyebabkan aroma dan rasa yang tidak sedap pada CPO, memengaruhi warna minyak, dan mempercepat ketengikan minyak (Meliana, 2019).

CPO dalam aplikasinya untuk pembuatan minyak goreng memerlukan proses pemurnian melalui rafinasi dan fraksinasi agar dapat menghasilkan minyak yang memiliki warna kuning pucat, tidak berbau menyengat, sedikit mengandung asam lemak bebas, dan memiliki kandungan logam dan bilangan peroksida yang rendah (Hasibuan, 2021). Keberhasilan dan mutu suatu produk minyak goreng sawit ditentukan oleh kualitas CPO yang digunakan.

Pengujian CPO sebagai bahan baku pembuatan minyak goreng sawit tentunya merupakan hal yang sangat penting dilakukan, karena akan memengaruhi kualitas dan keamanan produk akhir minyak goreng yang dihasilkan. Kualitas CPO secara umum ditentukan oleh beberapa parameter di antaranya adalah kadar asam lemak bebas, *moisture*, nilai iodine, dan DOBI (Azeman dkk., 2014; Hew dkk., 2020). Oleh karena itu, diperlukan standar yang mengatur mengenai kualitas CPO sebagai bahan baku pembuatan minyak, salah satunya adalah peraturan SNI yang terlampir pada Tabel 7.

**Tabel 7.** SNI 01-2901-2006: CPO

No	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan Mutu
1.	Warna	-	Jingga Kemerah-Merahan
2.	Kadar Air dan Kotoran	%, fraksi masa	0,5 maks
3.	Asam Lemak Bebas (Sebagai Asam Palmitat)	%, fraksi masa	0,5 maks
4.	Bilangan Yodium	g Yodium/100 g	50-55

Sumber: Badan Standarisasi Nasional (2006)

## 2. Bahan Penunjang

Bahan penunjang memiliki urgensi yang signifikan dalam meningkatkan efisiensi dalam industri minyak goreng sawit. Penggunaan bahan penunjang dapat membantu mengoptimalkan proses produksi, memfasilitasi campuran bahan dengan lebih efisien, dan mempercepat tahapan pemisahan atau ekstraksi. Oleh karena itu, keberadaan bahan penunjang tidak hanya memastikan keberlanjutan proses produksi, tetapi juga berperan penting dalam meningkatkan efisiensi keseluruhan operasi industri minyak goreng sawit.

### a) **Asam Fosfat**

Asam fosfat merupakan senyawa kimia yang dihasilkan dari unsur fosforus, oksigen, dan hidrogen. Asam fosfat yang umumnya dikenal sebagai asam ortofosfat atau fosfat (V) asam merupakan senyawa mineral anorganik dengan rumus kimia  $H_3PO_4$  yang mampu membentuk ion Hidrogen ( $H^+$ ) dalam air (Zulfalaila dan Ramadhani, 2023). Senyawa ini memiliki sifat asam yang sangat kuat dan larut dalam air membentuk larutan bersifat korosif

CPO memiliki dua jenis fosfatida, yaitu fosfatida yang dapat dihidrasi dan fosfatida yang tidak dapat dihidrasi. Fosfatida yang dapat dihidrasi mudah dipisahkan dengan mudah hanya menggunakan air pada suhu  $40^{\circ}C$  yang berfungsi agar fosfolipid kehilangan sifat lipofiliknya dan berubah menjadi lipofobik yang mudah terpisah dari minyak. Di sisi lain, fosfatida yang tidak dapat dihidrasi (*non-hydratable*) harus diubah menjadi fosfatida *hydratable* terlebih dahulu agar dapat dihidrasi dengan cara menambahkan larutan asam (Ristianingsih dkk., 2012). Asam yang biasa digunakan adalah asam fosfat dan asam sitrat.

Asam fosfat yang ditambahkan pada proses pemurnian CPO terutamanya *degumming* berfungsi untuk mengikat senyawa-senyawa fosfatida agar terpisah dari minyak. Adapun menurut Haykal dkk. (2023), reaksi yang terjadi dari pengikatan fosfatida oleh asam fosfat 85% ini adalah seperti berikut: Fosfolipid +  $H_3PO_4$  -> Gum fosfat +  $CaHPO_4$  yang membutuhkan waktu selama 30 menit untuk mengendap.

### b) **Tanah Pemucat/Bleaching Earth**

*Bleaching earth* (BE) yang juga dikenal sebagai tanah pemucat merupakan material adsorben yang digunakan dalam industri lemak dan minyak untuk proses pemutihan. *Bleaching earth* adalah mineral alami berjenis simnite atau bentonite yang telah mengalami proses pemutihan dan aktivasi, sehingga dapat digunakan untuk membersihkan dan menyerap kotoran yang terdapat dalam CPO atau minyak nabati lainnya (Rahmayanti dkk., 2024).

*Bleaching earth* menurut Hasballah dan Siregar (2021) memiliki bentuk padat seperti tanah liat dengan komposisi utama berupa silika dan alumina yang berguna sebagai adsorben dalam penyerapan warna kemerahan pada CPO dengan penggunaan di skala perusahaan berkisar 0,6 – 1,4%. Berdasarkan

penelitian yang dilakukan Hasballah dan Siregar (2021) menghasilkan bahwa semakin banyak BE yang ditambahkan, maka akan semakin menurun warna merah pada *degummed bleached palm oil* (DBPO).

*Bleaching earth* (BE) merupakan jenis tanah liat yang sangat aktif dimanfaatkan sebagai adsorben dikarenakan sifat adsorpsinya. BE terdiri dari oksida-oksida Si, Al, Fe, Mg, dan K sebagai komponen utamanya (Sriyati dkk., 2022). Kemampuan BE dalam memucatkan minyak sawit disebabkan oleh adanya kemampuan ion  $Al^{3+}$  yang berada pada permukaan adsorben BE untuk menyerap partikel zat warna (Suryani dkk., 2015).

Kemampuan pemutihan dari *bleaching earth* berasal dari keberadaan ion  $Al^{3+}$  pada permukaan partikel adsorben yang mampu mengadsorpsi partikel zat warna. Efektivitas pemutihan ini bergantung pada rasio antara komponen  $SiO_2$  dan  $Al_2O_3$  dalam *bleaching earth*. Adsorben yang terlalu kering kemampuan kombinasinya dengan air akan hilang yang berakibat penurunan daya serap *bleaching earth* terhadap warna (Mulyani dan Surjawanta, 2018).

Penambahan asam dalam proses aktivasi adsorben dapat meningkatkan kemampuan tanah pemutih, karena asam mineralnya akan melarutkan komponen tar, garam Ca, dan garam Mg yang dapat menutupi pori-pori adsorben, sehingga luas permukannya lebih besar. Hal ini diakibatkan oleh adanya pertukaran kation antara garam mineral ( $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$  pada lapisan *interlayer* BE dengan ion  $H^+$  dari asam yang diikuti dengan pelarutan ion  $Al^{3+}$  dan  $Fe^{3+}$  dari lapisan *lattice* tanah pemucat yang berakibat pada tanah pemucat yang bermuatan negatif dan kemampuan penyerapannya meningkat (Suryani dkk., 2015).

### **3. Tahapan Proses**

Industri minyak goreng kelapa sawit secara garis besar dibagi menjadi dua tahapan utama yaitu rafinasi dan fraksinasi.

#### **A. Rafinasi**

Hasibuan (2021) menjelaskan bahwa proses rafinasi di pengolahan minyak goreng sawit diklasifikasikan menjadi rafinasi kimia dan rafinasi fisik. Rafinasi kimia terdiri dari tahapan *degumming*, netralisasi, *bleaching*, dan deodorisasi, sedangkan netralisasi tidak dilakukan pada tahapan rafinasi fisik. Perbedaan

antara kedua jenis rafinasi ini adalah penggunaan bahan kimia pada proses rafinasi kimia di tahapan netralisasi yang tidak dilakukan pada rafinasi fisik.

**a) *Degumming***

Proses *degumming* adalah salah satu tahapan penting dalam pengolahan minyak goreng dengan tujuan untuk menghilangkan *gum* atau kotoran berupa senyawa fosfatida yang terdapat dalam minyak. Selain itu, menurut Hasibuan (2021), proses *degumming* juga digunakan untuk menyerap logam berat dan warna, serta menghilangkan air. Proses ini melibatkan penambahan asam fosfat atau asam sitrat ke dalam minyak untuk mengikat senyawa fosfatida.

Kandungan kotoran seperti *fosfolipid* berperan signifikan dalam proses penurunan kualitas minyak CPO. Hal ini dikarenakan keberadaan kotoran ini dapat memicu reaksi hidrolisis dan oksidasi pada lemak minyak yang menyebabkan minyak menjadi lebih mudah mengalami proses oksidatif yang akhirnya mengakibatkan kerusakan pada minyak dengan lebih cepat (Manurung, 2023). Oleh karena itu, proses *degumming* sangat penting dalam menjaga kualitas produk akhir minyak goreng.

Proses *degumming* CPO dapat dilakukan dengan beberapa metode. *Acid degumming* atau *degumming* asam adalah proses yang paling sering digunakan, karena dianggap lebih efektif dan efisien dibandingkan metode yang lain. *Degumming* asam adalah proses *degumming* yang melibatkan penambahan asam selama proses berlangsung. Hal ini bertujuan untuk mengikat dengan baik fosfolipid yang terkandung dalam CPO dengan cara membentuk gumpala *gum*, sehingga pemisahan *gum* dengan minyak yang terjadi akan lebih mudah (Meliana dkk., 2019).

Proses *degumming* pada CPO menggunakan asam menunjukkan bahwa perpindahan massa dimulai dengan transfer massa dari *gum* yang terikat pada fase minyak menjadi *gum* bebas pada fase asam. Endapan selanjutnya akan terbentuk akibat adanya reaksi antara *gum* dan asam setelah transfer massa *gum* dari fase minyak menjadi fase asam. Proses ini dapat berhasil jika terjadi kontak antara fase minyak dan fase asam yang umumnya terjadi di dalam tangki pengaduk (Ristianingsih dkk., 2012).

Pabrik pengolahan PT XYZ menggunakan teknik acid degumming dengan menambahkan asam fosfat food grade dalam jumlah 0,045%. Fungsi dari penambahan asam fosfat adalah untuk mengikat kotoran, khususnya senyawa phospholipid atau fosfatida pada Crude Palm Oil (CPO), yang merupakan sumber rasa dan warna yang tidak diinginkan dan dapat mempersingkat umur simpan minyak. Penambahan asam fosfat dilakukan dalam tangki mixer berpengaduk sentrifugal pada suhu 90-100°C dengan tujuan untuk meratakan campuran CPO dan asam fosfat. Proses ini memakan waktu sekitar 15-30 menit, dengan laju aliran asam fosfat setara dengan 0,05-1% dari laju aliran CPO (Mahmud, 2019).

Proses *degumming* dipengaruhi oleh beberapa variabel, di antaranya adalah konsentrasi asam, suhu, kecepatan *degumming*, dan durasi *degumming*. Peningkatan konsentrasi asam fosfat dalam minyak akan menyebabkan terjadinya penurunan konsentrasi gum, sedangkan lamanya waktu *degumming* dapat menyebabkan penurunan rendemen pada minyak. Durasi *degumming* yang terlalu berlebihan juga dapat menyebabkan penurunan kualitas minyak, karena asam lemak akan teroksidasi. Di sisi lain, suhu yang semakin tinggi juga akan menyebabkan meningkatnya *gum* yang terambil dari minyak (Estiasih dkk., 2013).

Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan oleh Manurung (2023) menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu *degumming* yang dilakukan, maka semakin kecil konsentrasi *impurities* yang dikandung dalam CPO yang dapat diartikan semakin banyak kotoran yang dapat diikat oleh asam yang ditambahkan, tetapi menyebabkan rendemen yang dihasilkan semakin rendah, seperti yang terlampir pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Nilai Rata-Rata Kotoran CPO Hasil Degumming

Suhu <i>Degumming</i> (°C)	Kadar Kotoran (ppm)	Rendemen (%)
60	67	97,710
65	60	97,559
70	57	97,541
75	50	97,368
80	45	97,042
85	30	96,972

Sumber: Manurung (2023)

**b) Netralisasi**

Netralisasi merupakan bagian dari proses pemurnian minyak yang bertujuan untuk menetralkan asam lemak bebas, mengurangi sisa-sisa *gum*, dan mencegah terjadinya perubahan warna gelap pada minyak. Proses ini melibatkan penggunaan basa alkali yang dianggap lebih efisien dan umum digunakan dalam industri (Ratih dkk., 2016). Menurut Kurniati dan Susanto (2015), netralisasi menggunakan kaustik soda (NaOH) sering digunakan dalam industry disebabkan kinerjanya yang lebih efisien dengan biaya yang lebih ekonomis dibandingkan dengan metode netralisasi lainnya.

Penggunaan kaustik soda membantu mengurangi kandungan pigmen warna dan menghilangkan kotoran berupa lendir dan getah yang terkandung di dalam minyak dengan reaksi penyabunan. Sabun yang dihasilkan memiliki kemampuan untuk memisahkan zat warna, kotoran, fosfatida, dan protein melalui pembentukan emulsi yang nantinya akan dipisahkan dari minyak melalui proses sentrifugasi. Proses pemisahan sabun secara mekanis dibantu dengan hidrasi dengan kaustik soda dapat menghilangkan *gum* dalam minyak yang tidak dapat dihapus dengan metode pemisahan *gum* atau *degumming* (Mulyani dan Sujarwanta, 2018).

Larutan kaustik soda yang terlalu pekat saat ditambahkan dapat bereaksi sebagian dengan trigliserida yang dapat menyebabkan penurunan rendemen minyak dan peningkatan produksi sabun. Oleh karena itu, pemilihan konsentrasi dan jumlah kaustik soda yang digunakan untuk menyabunkan asam lemak dalam minyak harus sesuai, sehingga proses penyabunan trigliserida dan pembentukan emulsi dalam minyak dapat diminimalkan. Dengan demikian, dihasilkan minyak netral dengan kualitas lebih baik, tetapi rendemennya tidak berkurang signifikan (Mulyani dan Surjawanta, 2018).

**c) Bleaching**

Proses *bleaching* merupakan penyerapan atau adsorpsi zat pencemar yang masih ada dalam minyak setelah proses *degumming*, terutama residu *gum* dan kandungan logamnya. Proses *bleaching* bertujuan untuk mengurangi hingga menghilangkan pigmen dalam minyak kelapa sawit mentah atau CPO baik yang terlarut maupun yang terdispersi (Kurniawan dkk., 2023).

Adsorben dibutuhkan dalam suatu proses *bleaching* yang berperan dalam menyerap komponen-komponen dalam *crude palm oil* (CPO). Adsorben merupakan substansi padat yang memiliki kemampuan dalam menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida yang umumnya memiliki pori-pori berukuran sangat kecil, sehingga luas permukaan bagian dalamnya menjadi lebih besar dibandingkan dengan permukaan luar (Kurniawan dkk., 2023). Menurut Ihsan (2015), adsorben yang sering digunakan secara luas dalam proses *bleaching* minyak dan lemak adalah tanah pemucat (*bleaching earth*) dan arang (*carbon*).

Penambahan agen adsorben dilakukan saat minyak mencapai suhu antara 70 - 80°C dengan jumlah agen adsorben yang digunakan berkisar sekitar 1,0 – 1,5% dari berat total minyak. Proses pemucatan minyak dengan adsorben umumnya dilakukan dalam suatu ketel yang dilengkapi dengan pipa uap pada suhu sekitar 105°C dengan lama satu jam. Minyak kemudian dipisahkan dari agen adsorben melalui proses penyaringan dengan menggunakan kain tebal atau dengan pengepresan menggunakan *filter press*. Minyak yang hilang akibat proses tersebut diperkirakan sekitar 0,2 – 0,5% dari berat minyak yang dihasilkan setelah proses pemucatan (Mulyani dan Surjawanta, 2018).

#### **d) Deodorisasi**

Deodorisasi adalah tahap yang dimaksudkan untuk menghapus aroma dan rasa yang tidak diinginkan dalam minyak (Haryanti dan Hidayat, 2017). *Flavor* yang muncul dari minyak atau lemak umumnya timbul disebabkan oleh adanya kerusakan pada trigliserida dalam minyak atau lemak, sehingga menghasilkan senyawa asam lemak bebas, aldehid, keton, dikarbonil, alkohol, dan sejenisnya yang bersifat mudah menguap atau volatile (Ramlah dan Barra, 2018).

Prinsip deodorisasi melibatkan distilasi dengan menggunakan *stripping agent* dalam kondisi vakum dan suhu tinggi (>200°C). Penggunaan *stripping agent* berperan sebagai gas pembawa yang tercampur dengan minyak, sehingga pertukaran massa pada komponen volatil menjadi fase uap dapat dilakukan dengan mudah. Suhu tinggi dan tekanan vakum dapat membantu menguapkan komponen-komponen yang dapat menghasilkan aroma tidak sedap yang selanjutnya komponen-komponen tersebut akan dipisahkan dari minyak (Mahmud, 2019).

*Bleached Palm Oil* (BPO) yang telah melewati proses penyaringan menggunakan *filter bag* akan dialirkan menuju ke *plate heat exchanger* (PHE) dan *shell and tube heat exchanger* (SHE) untuk meningkatkan suhunya dari 103 - 110°C menjadi 240 - 260°C. Tujuan dari pemanasan ini adalah untuk mencapai parameter minyak yang siap untuk tahapan dedorisasi. Komponen-komponen volatil akan dapat lebih mudah menguap dan pigmen karotenoid lebih mudah terurai apabila dilakukan dalam kondisi vakum dengan temperature suhu 240 - 260°C (Mahmud, 2019).

BPO yang telah dipanaskan hingga mencapai suhu 240 - 260°C, selanjutnya dialirkan ke dalam mesin *pre-stripper* untuk mengalami tahap *deodorisasi* awal. Minyak mengalir ke mesin *pre-stripper* melalui disperse dalam *packing coloumn* yang dapat meningkatkan luas permukaan minyak. Penggunaan *packing coloumn* berkontribusi dalam mengurangi konsumsi pelucutan uap. Mesin ini beroperasi dengan prinsip distilasi vakum, yang mana komponen dalam minyak akan dipisahkan berdasarkan titik uapnya pada suhu tinggi dan tekanan vakum. Fokus utama mesin *pre-stripper* adalah menguapkan komponen yang paling mudah menguap di minyak, seperti FFA yang dapat berkurang dari 3 – 5% menjadi di bawah 0,5%. Asam lemak bebas (FFA) dan zat-zat pencemar yang mudah menguap akan diserap dan ditangkap oleh sistem vakum (*scrubber*) yang terletak di bagian atas mesin *pre-stripper*. Uap yang ditangkap oleh *scrubber* akan diubah menjadi produk samping berupa *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD) (Mahmud, 2019).

Proses deodorisasi tahap kedua menggunakan pelucutan dengan uap air. Uap panas yang digunakan merupakan uap berkualitas baik, dengan kisaran sekitar 1 -3 % dari jumlah minyak. Uap ini dihasilkan dari umpan yang telah mengalami proses deaerasi dan perlakuan khusus yang kemudian diinjeksikan ke dalam minyak pada suhu tinggi (252 - 266°C) dan tekanan vakum tinggi (<6 mmHg). Kondisi ini terdapat tiga proses kombinasi, yaitu distilasi uap, deodorisasi, dan pemucatan termal (Mahmud, 2019).

#### e) **Fraksinasi**

RBDPO yang berasal dari tangki penyimpanan disalurkan menuju *crystallizer* melalui proses pemompaan. Pemisahan antara olein (bentuk cair) dan stearin (bentuk padat) dilakukan pada tahapan ini dengan cara mengkristalkan stearin dalam *crystallizer*. *Crystallizer* dilengkapi dengan *coil* dan pengaduk yang didinginkan oleh air pendingin. Proses kristalisasi dilaksanakan dengan menurunkan suhu hingga mencapai 20°C. Kristal hasil dari proses kristalisasi di *crystallizer* disimpan dalam tangki *intermediate* yang selanjutnya akan diarahkan ke proses filtrasi menggunakan *Filter Press* dengan tekanan operasi 1 atm. Tujuan dari proses ini adalah untuk memisahkan olein (bentuk cair) dari stearin (bentuk padat) secara bertahap berdasarkan tekanan. Fraksi padat yang berupa stearin dapat diarahkan ke proses pengemasan produk, sedangkan fraksi cair berupa olein dialirkan ke dalam tangki penyimpanan (Arnanda dkk., 2020).

Proses fraksinasi yang umum dilakukan pada minyak sawit di Indonesia adalah fraksinasi kering yang merupakan proses ramah lingkungan dan hemat biaya. Kristalisasi dapat dilakukan secara lambat atau cepat dengan proses *batch* atau semi kontinu. Minyak yang dikristalisasi dipisahkan menjadi fraksi stearin (berbentuk padat) dan fraksi olein (berbentuk cair) dengan rendemen masing-masing sekitar 20-30% dan 70-80% melalui filtrasi menggunakan filter membran bertekanan (Hasibuan, 2021).

Fraksinasi kering sering kali dilakukan secara semi kontinu dengan menggunakan hasil netralisasi *palm oil* tanpa memerlukan penambahan bahan kimia atau zat tambahan. Suhu dipertahankan pada 70°C agar kristal minyak tidak terbentuk sebelum dimulainya proses kristalisasi. Pembentukan dan pertumbuhan kristal terjadi saat pengadukan dan pendinginan menggunakan sirkulasi *chilled water*. Pengendalian pendinginan dilakukan dengan mengatur perbedaan suhu antara minyak dan *chilled water*. Proses pendinginan dihentikan setelah mencapai suhu yang diinginkan, biasanya berkisar pada 20°C tergantung pada kualitas olein yang diinginkan. Massa yang telah mengkristal siap untuk difiltrasi (Hasibuan, 2021).

Filtrasi adalah suatu metode pemisahan partikel padat dalam aliran fluida dengan melewatkannya melalui suatu medium penyaring. Proses filtrasi terjadi

secara mekanik menggunakan *filter press*. Proses ini dimulai dengan mengambil umpan dari *crystallizer* menggunakan pompa yang selanjutnya dialirkan ke *filter press*. Pada tahap ini, minyak RDBPO yang sudah berbentuk kristal akan mengalami proses penyaringan melalui *filter press* (Desniorita dan Apriani, 2018).

#### **f) Winterisasi**

Winterisasi adalah salah satu tahapan pengolahan minyak yang diterapkan hanya pada beberapa produk seperti minyak jagung, minyak bunga matahari, dan minyak dari beras. Proses winterisasi bertujuan untuk memisahkan asam lemak jenuh dari asam lemak tak jenuh dengan membentuk kristal pada suhu 0-19°C selama sekitar 6 jam. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses winterisasi meliputi agitasi, suhu, dan waktu. Asam lemak jenuh dan monosaturated akan mengkristal, sedangkan PUFA akan tetap berada dalam minyak Chew dan Ali, 2021).

Gharby (2022) menyatakan bahwa winterisasi meliputi tiga tahapan penting yang diawali dengan pemanasan awal *bleached oil* pada suhu 55 °C untuk memastikan minyak dalam kondisi cair. Tahapan kedua adalah pendinginan secara perlahan pada suhu 10 -15 °C yang kemudian didiamkan beberapa saat pada suhu tersebut. Tahapan ketiga meliputi transfer kristal yang telah berbentuk menjadi *cooled oil* pada pompa ke mesin filtrasi untuk memisahkan dua fase.

#### **g). Minyak Goreng**

Fraksi minyak kelapa sawit menghasilkan dua komponen utama yaitu minyak goreng (olein) dalam bentuk cair dan stearin dalam bentuk padat. Minyak goreng merupakan jenis lemak yang digunakan sebagai medium untuk menggoreng. Menurut Mulyani dan Sujarwanta (2018) secara umum terdapat dua jenis minyak goreng yang tersedia di pasaran yaitu minyak goreng nabati dan hewani. Minyak goreng nabati masih menjadi pilihan yang paling umum digunakan di Indonesia hingga saat ini.

Minyak goreng dalam kemasan selalu mengalami dua tahap penyaringan dari tahap produksi hingga menjadi minyak siap pakai, sedangkan minyak goreng curah hanya melewati satu tahap penyaringan, atau bahkan hanya sampai tahap olein, sehingga masih mengandung sebagian fraksi padat minyak. Perbedaan pada proses inilah yang menyebabkan minyak goreng kemasan memiliki

kejernihan yang lebih baik dibandingkan minyak goreng curah, Secara kandungan, minyak goreng curah memiliki kadar lemak dan asam oleat yang lebih tinggi dibandingkan minyak goreng kemasan (Mulyani dan Sujarwanta, 2018).

Minyak goreng berkualitas tinggi harus memenuhi standar mutu yang telah diatur oleh Standar Nasional Indonesia (SNI). Parameter kualitas minyak goreng ini telah dirumuskan dan ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN). Standar mutu tersebut yaitu SNI 01-3741-2013 yang merupakan revisi SNI 01-3741-2002, menetapkan bahwa standar mutu minyak goreng seperti pada Tabel 9.

**Tabel 9.** SNI 01-3741-2013 tentang Standar Mutu Minyak Goreng

Kriteria Uji	Satuan	Syarat
Keadaan bau, warna, dan rasa	-	Normal
Air	% b/b	Maks. 0,30
Asam lemak bebas (dihitung sebagai asam laurat)	% b/b	Maks. 0,30
Bahan makanan tambahan	Sesuai SNI. 0,22-M dan Permenkes No. 722/Menkes/Per/IX/88	
Angka peroksida	% mg o <sub>2</sub> /gr	Maks. 1

\* Dalam kemasan kaleng

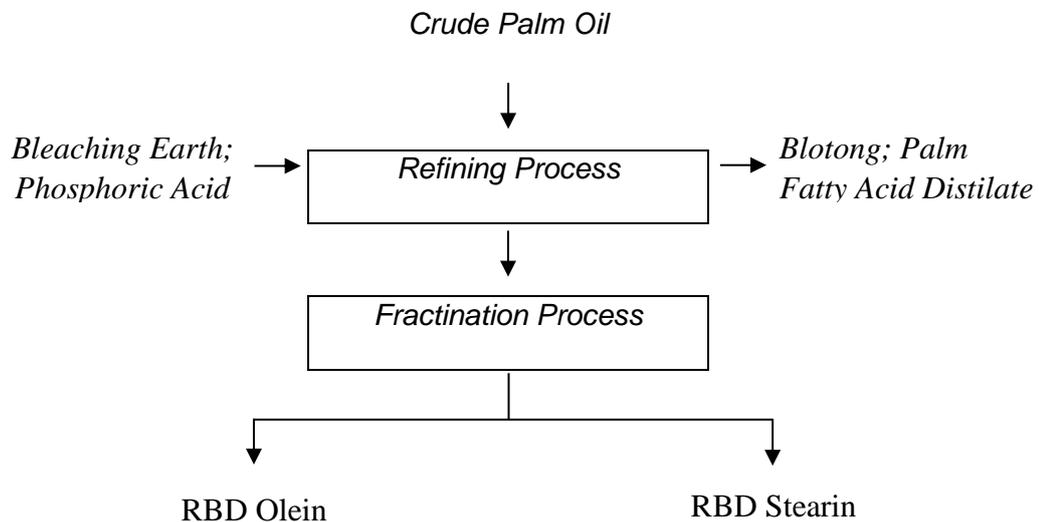
Sumber: Badan Standarisasi Nasional (2013)

## B. Uraian Proses di Perusahaan

PT. SMART Tbk. merupakan perusahaan agribisnis yang bergerak dalam bidang industri kelapa sawit. Kegiatan usaha yang dilakukan oleh perusahaan adalah pengolahan *Crude Palm Oil* (CPO). CPO dikirim dari Perak ke PT. SMART Tbk. Surabaya sekitar 17.000 ton/hari. Dengan metode pengolahan yang tepat, CPO diolah menjadi berbagai macam produk yang dipasarkan secara nasional dan internasional.

Secara singkat, proses pengolahan yang dilakukan yaitu menarik CPO dari *storage tank* menggunakan pompa, diproses, dan produk yang dihasilkan dipompa/ditarik menuju *filling plant*. Proses pengolahan *raw material* menjadi

minyak berkualitas pada PT. SMART Tbk. menerapkan dua proses utama, yaitu proses *refining* dan fraksinasi seperti pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Diagram Alir Pengolahan Minyak Goreng PT SMART Tbk  
Sumber: PT. SMART Tbk. Surabaya (2024)

## 1. Proses Refinery

*Refinery* bertujuan untuk memurnikan *crude palm oil* (CPO) yang nantinya menghasilkan *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* (RBDPO) melalui tahapan *degumming*, *bleaching*, dan *deodorizing*. Proses *degumming* merupakan tahapan penghilangan gum dengan penambahan asam fosfat ( $\text{H}_3\text{PO}_4$  85%) yang akan menghasilkan *Degumming Palm Oil* (DPO). Proses dilanjutkan dengan mengadsorpsi zat warna pada CPO menggunakan *Bleaching Earth* (BE) pada proses *bleaching* dan difilter pada Niagara filter untuk menghasilkan *Degumming Bleached Palm Oil* (DBPO) dengan membuang *spent earth* atau blotong. Proses diakhiri dengan *deodorizing* yang meliputi pemisahan *free fatty acid* (FFA), penghilangan zat-zat penyebab bau, dan pemecahan senyawa karoten secara termal dengan pemanasan pada rentang 255-265 °C. Suhu pemanasan tergantung dari kualitas minyak yang diproduksi.

### a. Degumming

*Degumming* merupakan proses pemisahan getah atau lendir yang terdapat dalam minyak. Kotoran-kotoran yang teruspensi seperti fosfatida, protein, dan kotoran lain yang sukar dipisah dalam kondisi *anhydrous* dapat diendapkan

dengan cara hidrasi yang dapat dilakukan dengan penambahan larutan asam lemah. Zat yang digunakan untuk menarik getah (gum) disebut *degumming agent* berupa asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) sebanyak 0,05% dengan tingkat kemurnian 85%. Penambahan asam fosfat pada proses *degumming* bertujuan untuk mengikat senyawa fosfatid yang mudah terpisah dari minyak, yang menurut Haykal dkk. (2023), terjadi reaksi sebagai berikut: Fosfolipid +  $H_3PO_4 \rightarrow$  Gum fosfat +  $CaHPO_4$ .

Proses *degumming* diawali dengan pemanasan CPO yang tersimpan di silo CPO sampai suhu 40-45°C dengan tekanan 3 bar menuju strauer CPO dengan filter berukuran 20 mesh untuk menyaring kotoran, seperti sisa sabut kelapa sawit. CPO selanjutnya dialirkan menuju ke *economizer* atau *plate heat exchanger* (PHE) yang mana pada proses ini terjadi penyilangan panas antara CPO dan RBDPO. Suhu CPO yang mulanya 45°C akan naik menjadi 80°C, sedangkan RBDPO mengalami penurunan dari suhu 130°C menjadi 90°C. Setelah melewati PHE, CPO menuju ke *heater* untuk disilangkan dengan steam, sehingga terjadi kenaikan suhu CPO hingga 100-110°C yang tekanannya dijaga 3-4 bar.

CPO kemudian dipompa menuju ke *spray dryer* yang bertujuan untuk menguapkan air di dalam CPO agar air tidak bereaksi dengan ion sulfat yang jika bereaksi akan membentuk asam sulfat, sehingga minyak akan gosong ketika dipanaskan. Tekanan vakum dijaga tidak lebih dari 700mmHg. CPO setelah memasuki *spray dryer* selanjutnya menuju ke *dynamic mixer*, tetapi sebelumnya CPO akan diinjeksi dengan *phosphoric acid* (PA) sekitar 0,06 – 0,07%. Penambahan PA berfungsi untuk menggumpalkan gum. CPO yang telah diinjeksi PA selanjutnya akan dilakukan agitasi di *static mixer*. Proses ini menghasilkan produk akhir berupa *Degumming Palm Oil* (DPO).

#### **b. Bleaching**

Tahap kedua pada proses *refinery* adalah *bleaching* atau proses pemucatan yang bertujuan untuk mengurangi zat warna yang tidak dikehendaki dalam CPO. Komponen zat warna yang ada di dalam buah kelapa sawit di antaranya adalah karotenoid yang merupakan pigmen pemberi warna oranye pada buah. Kandungan karotenoid pada CPO adalah 630-700 ppm, sedangkan pada olein berkisar 680-760 ppm dan 380-540 ppm pada stearin (Pujilestari dkk., 2016). Pigmen ini sebenarnya merupakan vitamin, tetapi dikarenakan umumnya

masyarakat Indonesia menyukai minyak goreng yang jernih, sehingga dilakukan proses *bleaching*.

DPO dari *dynamic mixer* selanjutnya akan menuju ke dalam tangki bleacher untuk ditambahkan *bleaching earth* (BE) sebanyak 0,7 – 1,3% dari banyaknya produk yang masuk. BE berfungsi sebagai zat *adsorbitive clearing* yang mana keefektifannya dapat diukur dari penurunan warna produk. DPO yang telah ditambahkan BE selanjutnya menuju ke tangki buffer guna memperpanjang lama kontak antar keduanya, sehingga proses pemucatan berjalan optimal. Proses dilanjutkan dengan mengalirkan DPO ke dalam Niagara filter agar terjadi proses filtrasi. Terdapat 8 Niagara filter pada *refinery plant* yang masing-masing alat dilengkapi dengan 17 keping *leave filter* dari *stainless steel*. Selain itu, alat ini dilengkapi dengan *compressor* yang berfungsi untuk menggetarkan vibrator guna sistem buka-tutup *valve* secara otomatis pada pembuangan blotong.

Penyaringan *slurry* (campuran DPO dan blotong) terjadi setelah tangki Niagara filter terisi penuh, sehingga DPO dan blotong terpisah. DPO yang telah melewati proses *bleaching* disebut dengan *Degummed Bleached Palm Oil* (DBPO) yang akan dialirkan menuju ke *filtrate receiver tank* atau *intermediate tank*, sedangkan blotong akan dibuang melalui *valve* pembuangan yang berada di bagian bawah Niagara filter. DBPO yang tertampung pada *intermediate tank* atau disebut tangki siwang dialirkan menuju *fine filter* dengan bantuan pompa *filtrate receiver*. DBPO mengalami filtrasi di dalam tangki *fine filter* dengan adanya 4 buah *bag filter* berukuran 10 $\mu$ m yang berfungsi untuk menyaring kotoran yang masih terikut.

Sisa DBPO yang kotor pada saat proses filtrasi selesai akan tertinggal di Niagara filter untuk selanjutnya dialirkan menuju menuju *cyclone* guna pemisahan antara DBPO dan *steam* pada proses *steam blowing*. *Steam* akan dibuang ke udara bebas, sedangkan DBPO yang masih kotor akan menuju *slope oil tank* untuk kemudian dialirkan menuju *buffer tank* dan dilakukan proses filtrasi kembali di Niagara filter.

### c. Deodorisasi

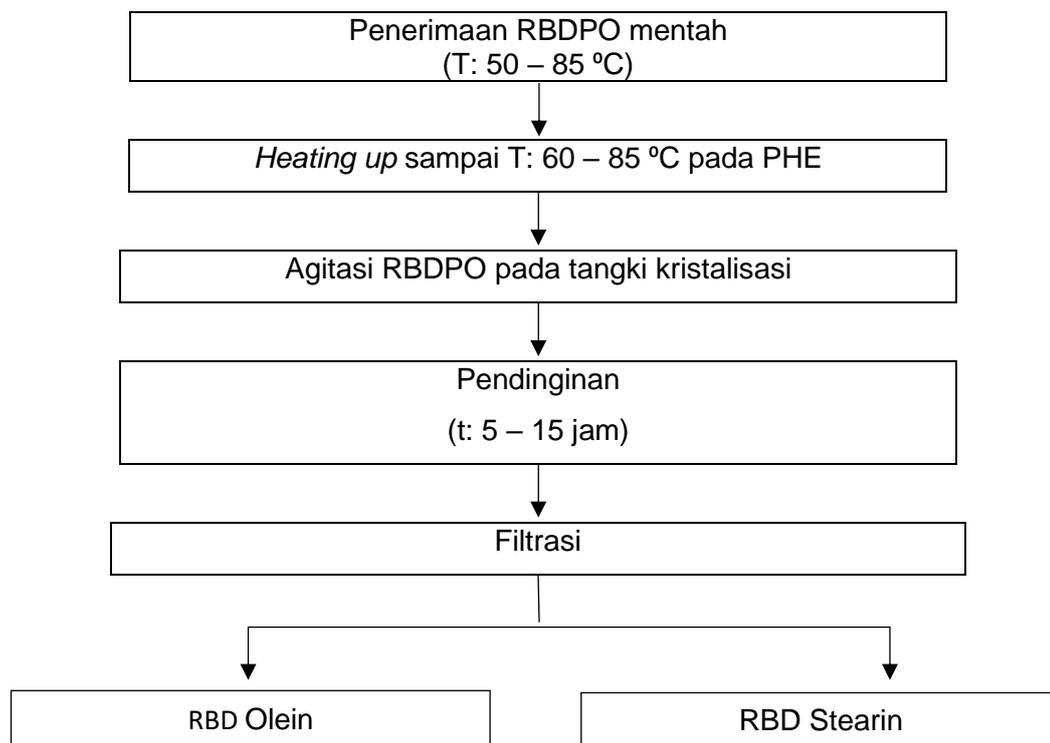
DBPO yang telah melewati proses filtrasi selanjutnya dialirkan menuju tangki deaerator dalam kondisi vakum untuk menghilangkan gas-gas yang tidak dibutuhkan dan mengurangi *moist*. DBPO selanjutnya dialirkan menuju *spiral heat exchanger* untuk disilangkan dengan panas *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* (RBDPO), sehingga DBPO mengalami kenaikan suhu dari 105°C menjadi 215°C, sedangkan RBDPO mengalami penurunan suhu dari 240°C menjadi 115°C. Proses dilanjutkan dengan menyilangkan DBPO dan *steam* di *shell and tube heat exchanger* bertekanan tinggi hingga mencapai 260 – 265 °C. Suhu yang digunakan pada proses deodorisasi beragam sesuai dengan kualitas minyak, yang mana 265 °C untuk kualitas FMCP dan KMCP, sedangkan 260 °C untuk *bulk*. *Steam* bertekanan tinggi dihasilkan dari *high pressure boiler* (HPB).

DPPBO yang telah mengalami kenaikan suhu akan ditampung di *flash vessel* dan kemudian dialirkan ke *packed coloumn* yang dilengkapi dengan 27 shaft *packing material*. Di *packed coloumn* ini terjadi proses pemisahan FFA berupa PFAD yang kemudian disirkulasikan kembali ke *packed coloumn* untuk menangkap uap FFA. *Valve* penampung PFAD akan terbuka otomatis ketika tangki sudah penuh, sehingga PFAD mengalir ke tangki penampung PFAD, sedangkan DBPO akan turun ke bawah dan masuk ke mesin *deodorizer*. Proses *deodorizing* bertujuan untuk menghilangkan bau dan rasa yang tidak diinginkan, sehingga minyak yang dihasilkan tidak serik. Penghilangan bau disebabkan terjadinya penguapan aldehid, keton, dan senyawa aromatik lain dengan menggunakan tekanan vakum.

Hasil produk dari proses *deodorizing* adalah RBDPO yang kemudian dialirkan menuju *spiral heat exchanger* (SHE) untuk proses cooling melalui penyilangan RBDPO dengan DBPO, sehingga terjadi penurunan RBDPO menjadi 130°C. RBDPO selanjutnya menuju ke *economizer* dan disilangkan dengan CPO agar suhunya turun menjadi 90°C. Setelah itu, RBDPO dialirkan menuju ke *cooler* untuk didinginkan dan kemudian dialirkan ke *catridge filter* untuk dilakukan filtrasi agar lebih bersih. RBDPO setelah difiltrasi menuju ke tangki penampung. Tahapan ini sebagai penanda bahwa tahapan *refinery* telah selesai, kemudian RBDPO akan menuju ke *fractionation plant*.

## 2. Proses Fraksinasi

RBDPO setelah melewati proses *refinery* selanjutnya menuju ke proses fraksinasi. Proses ini akan memisahkan komponen RBDPO menjadi olein (fase cair) dan stearin (fase padat). Olein akan diolah menjadi minyak goreng, sedangkan stearin menjadi bahan baku margarin dan *shortening*. Proses fraksinasi secara garis besar dibagi menjadi dua tahap utama yaitu kristalisasi dan filtrasi. Proses fraksinasi secara umum tergambar pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Diagram Alir Proses Fraksinasi

Sumber: PT. SMART Tbk. Surabaya (2024)

### a. Kristalisasi

Kristalisasi merupakan proses yang bertujuan untuk memisahkan olein dari kristal stearin dengan sistem *batch* dengan menggunakan alat *crystallizer*. Alat ini dilengkapi dengan agitator dan *coil* yang berfungsi untuk memanaskan dan mendinginkan RBDPO. Pemanasan dilakukan menggunakan *steam*, sedangkan pendinginan dilakukan menggunakan air dari *cooling tower* dan *chiller*. Kristalisasi terdiri dari proses *filling*, *fast cooling*, *slow cooling* atau *crystallization*, *end cooling*, dan *holding*.

1) *Filling*

RBDPO dari proses *refinery* dialirkan menuju ke *crystallizer*. Suhu RBDPO yang masuk berkisar 50 – 85 °C. *Heating* kemudian dilakukan pada RBDPO di dalam *plate heat exchanger* (PHE) dengan menggunakan air bersuhu minimal 70 °C atau dengan *steam* bertekanan 3 bar. RBDPO kemudian dipanaskan dan diagitasi pada tangki *crystallizer* hingga suhunya mencapai 60 – 85 °C. Suhu RBDPO yang masuk harus di atas titik lelehnya, karena akan ada kristal yang terbentuk terlebih dahulu apabila RBDPO dimasukkan di bawah titik lelehnya. Hal ini menyebabkan pembentukan kristal tidak merata.

2) *Fast Cooling*

Proses pendinginan cepat berfungsi untuk membentuk inti kristal. RBDPO yang telah melalui mesin *crystallizer* akan diturunkan suhunya menggunakan air dengan suhu 30°C yang berasal dari *cooling tower*. Selisih suhu antara minyak dan air pendingin adalah 15°C. Agitasi dilakukan pada tahapan ini dengan level 20 rpm untuk meratakan inti kristal. Waktu dan suhu yang digunakan untuk proses *fast cooling* berbeda-beda, tergantung pada kualitas minyak yang ingin dihasilkan.

3) *Slow Cooling* atau *Crystallization*

Suhu RBDPO pada tahap ini dijaga sekitar 31-32°C, dan penggunaan air pendingin diganti dengan air *chiller* yang bersuhu 5-8°C. Hal ini dikarenakan air pendingin tidak dapat mendinginkan RBDPO pada suhu yang lebih rendah. Pendinginan berlangsung dalam waktu yang relatif lama, karena bertujuan untuk menumbuhkan inti kristal RBD stearin yang sudah terbentuk. Dengan demikian, kristal yang terbentuk akan berukuran lebih besar dan keras.

Pengadukan pada tahap ini berjalan dengan lebih lambat yaitu 7-8 rpm, karena pengadukan yang terlalu cepat akan merusak inti kristal yang terbentuk. Suhu campuran RBD Olein dan Stearin harus dijaga untuk konstan selama beberapa waktu agar kristal yang terbentuk lebih besar dan keras. Kristal akan lebih kecil dan tidak keras (seperti bubuk) apabila suhunya terus menurun.

4) *End Cooling* atau *Final Cooling*

Proses ini bertujuan untuk mengantisipasi agar minyak tidak beku saat disimpan pada suhu yang rendah. Terjadi proses pendinginan pada suhu tertentu tergantung dari kualitas produk tersebut. Kualitas minyak FMCP pada suhu 16,5 –

17 °C, KMCP pada suhu 17 -18 °C, KMSC pada suhu 22 - 24 °C, dan *bulk* pada suhu 26 – 28 °C.

5)  *Holding*

Tahapan yang bertujuan untuk memperkuat dan memperkokoh kristal yang telah terbentuk dengan mempertahankan suhu *end cooling* minyak hingga jangka waktu tertentu. Secara umum, semakin lama waktu yang terbentuk maka semakin baik kualitas yang dihasilkan, karena olein semakin sedikit yang menandakan semakin murni. Lama waktu *holding* disesuaikan dengan kualitas produk yang dihasilkan, yaitu minyak *branded* (FMCP, KMCP, dan KMSC) selama 5 – 15 jam dan minyak *bulk* selama 9 – 10 jam.

6)  *Discharge*

Tahapan untuk menyalurkan RBD Olein dan RBD Stearin dari *crystallizer* menuju *filter press*.

**b. Filtrasi**

Tahapan ini bertujuan untuk memisahkan RBD Olein dan RBD Stearin menggunakan mesin *filter press* yang terdiri dari plate sebagai saluran masuk RBD olein dan stearin dari proses kristalisasi serta mesin *filter cloth* berukuran 250 mikron yang berfungsi sebagai penyaring utama dalam proses filtrasi. PT. SMART Tbk memiliki 4 alat *filter press* yang mana 2 alat di antaranya menggunakan minyak untuk proses *squeezing* dengan kapasitas alat lebih besar, sedangkan 2 alat yang lainnya menggunakan udara kering dengan kapasitas yang lebih kecil.

Prinsip kerja *filter press* adalah menahan stearin pada *filter cloth* dan membran *filter press*, sedangkan olein akan keluar melalui selang dan masuk ke dalam tangki penampung olein sementara. Adapun tahapan pada proses filtrasi di antaranya adalah sebagai berikut.

1.  *Closing*

*Plate filter press* akan menutup satu sama lain dengan cara didorong oleh pompa hidrolik bertekanan 200 bar. Tekanan ini diperlukan untuk mendorong dan menahan filter-filter yang memiliki massa cukup besar. Setelah menutup, tekanan berangsur-angsur menurun sekitar 2 menit.

## 2. *Feeding* atau *Loading*

Proses ini dilakukan dengan memenuhi *filter press* dengan RBDPO. Pengisian campuran olein dan stearin dari *crystallizer* menggunakan pompa menuju *filter press*. Kristal stearin dan olein telah terpisah saat proses *feeding* berlangsung. Kristal stearin akan tertahan oleh *filter cloth* di permukaan, sedangkan cairan olein akan lolos melalui celah-celah *filter cloth* menuju tangki penampungan olein sementara. *Feeding* akan berhenti setelah *pressure* telah mencapai 2 bar yang berlangsung selama 10 menit. Produk selanjutnya menuju ke tahap *squeezing*.

## 3. *Squeezing*

*Squeezing* merupakan tahap pengepresan untuk memisahkan olein dan stearin melalui *plate* yang melapisi tiap membran pada *filter press*. PT. SMART Tbk, Surabaya memiliki dua tipe *filter press* yaitu unit 1 dan 2 serta unit 3 dan 4. Unit 1 dan 2 merupakan jenis *filter press* yang berkapasitas lebih besar dengan jumlah 128 *plates*, sedangkan unit 3 dan 4 hanya memiliki 98 *plates*. Selain itu, perbedaan antara unit-unit ini adalah bahan yang digunakan untuk pengepresan pada unit 1 dan 2 dilakukan dengan mengalirkan olein yang bertekanan 6 bar, sedangkan pada unit 3 dan 4 dilakukan dengan mengalirkan udara kering bertekanan 2,5-3 bar yang mana besaran tekanan juga menyesuaikan terhadap kualitas minyak.

Membran pada *filter press* di tahap *squeezing* ini akan mengembang dan menekan *filter cloth* yang menyebabkan RBD Olein yang masih tererangkap di RBD Stearin dapat lolos menuju ke tangki penampung sementara melalui selang, sedangkan stearin akan tetap terperangkap di *filter*. Tekanan operasi pada proses ini sangat penting untuk diperhatikan, karena tekanan yang terlalu besar dapat mengakibatkan kemurnian olein yang diperoleh rendah yang disebabkan oleh adanya stearin yang kemungkinan masih ikut terbawa oleh olein.

## 4. *Blowing*

Proses ini bertujuan untuk membersihkan jalur RBDPO dan RBD Olein dengan menggunakan udara kering. Proses *blowing* pada PT. SMART Tbk, Surabaya terdiri dari dua jenis, yaitu *core blowing* dan *filtrate blowing*. *Core blowing* merupakan proses pembersihan saluran RBDPO kristal yang dialirkan dari

*crystallizer*. Hasil dari *core blowing* akan dialirkan dan ditampung pada *slope tank* sebelum ditransfer ke tangki penampungan (tangki P). Di sisi lain, *filtrate blowing* merupakan tahapan pembersihan RBD Olein hasil dari proses *filter press* yang masih tertinggal. Hasil dari *filtrate blowing* akan dialirkan dan ditampung pada *olein tank* atau *intermediate olein tank*. Kedua proses ini dilakukan menggunakan udara kering bertekanan 2 bar selama 15 menit. Proses ini sangat dibutuhkan dalam proses pengolahan minyak goreng, dikarenakan tahapan ini bertujuan agar olein yang dihasilkan tidak bercampur kembali dengan RBDPO yang dapat mempengaruhi kemurnian minyak tersebut.

#### 5. *Release and Open*

*Release and Open* merupakan tahapan terbukanya *filter plate* oleh *double shifter* secara otomatis dengan sistem hidrolis, sehingga stearin yang tertahan pada *filter cloth* akan jatuh ke bak penampung di bawah yang mana tahapan ini hanya membutuhkan waktu 2 detik. Stearin yang jatuh akan dialiri oleh *hot water* pada coil dengan suhu 90-95°C.

#### 6. *Washing*

*Washing* atau tahap pencucian dilakukan dengan menggunakan olein bersuhu 70°C. Tahapan ini dilakukan setiap setelah 4 kali proses atau setelah dirasa kristal stearin tidak terbentuk dengan baik. Olein yang digunakan pada proses ini ditampung pada *washing tank* yang mana akan dilakukan penggantian apabila nilai *Cloud Point* (CP) dan *Peroxide Value* (PV) telah mencapai batas maksimalnya. Olein yang sudah melampaui batas tersebut akan dimurnikan kembali pada proses *refinery*.

RBDPO yang dihasilkan dari proses *refining* akan diolah lebih lanjut yang mana RBD Stearin akan diolah menjadi margarin, *shortening*, dan produk turunan lainnya, sedangkan RBD Olein akan diolah menjadi minyak goreng dengan berbagai *grade* yang disediakan oleh PT. SMART Tbk, Surabaya. Adapun seluruh minyak goreng *consumer* yang diproduksi oleh PT. SMART Tbk, Surabaya telah melewati tahapan fortifikasi vitamin A dengan rata-rata kadar penambahannya adalah  $\pm 60$  ppm, dengan minimal 45 ppm.