

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

Kelapa sawit merupakan pohon kehidupan karena semua bagian dapat dimanfaatkan untuk kehidupan makhluk hidup termasuk kita. Salah satu produk dari tanaman tersebut adalah minyak sawit baik yang berasal dari daging buah (CPO) maupun dari daging biji (PKO).

Indonesia merupakan negara produsen CPO tertinggi di dunia, urutan negara yang produksinya di bawah Indonesia adalah Malaysia, Thailand, Columbia, Nigeria. Produksi CPO yang tinggi ini mestinya harus diikuti dengan kualitas yang baik juga. Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI) melaporkan bahwa produksi minyak sawit mentah (CPO) juga terus meningkat tahun 2018 sekitar 43 juta ton, tahun 2019 sebesar 47,18 juta ton, tahun 2020 sebesar 47,41 juta ton dan tahun 2021 diproyeksikan 52,30 juta ton. Direktorat Jenderal Perkebunan (2016), jumlah ekspor minyak sawit pada tahun 2015 sekitar 26,467 juta ton CPO dan minyak inti sawit 1,809 juta ton (sekitar 27,460 juta ton). Perkebunan kelapa sawit di Indonesia pada umumnya di luar Jawa seperti di Kalimantan, Sumatra, Sulawesi, Irian Jaya, namun saat ini di pulau Jawa juga ada, yaitu di daerah Pandeglang Banten Jawa Barat, Blitar Jawa Timur dan Ungaran Jawa Tengah dan tanaman kelapa sawit ini tumbuh dengan baik.

Minyak sawit mentah (CPO) yang dihasilkan tidak hanya produksi tinggi saja tetapi juga dituntut untuk menghasilkan kualitas yang spesifik yaitu berhubungan dengan kandungan asam lemak tidak jenuh yang tinggi, kadar karoten tinggi, bilangan iodin tinggi dan asam lemak bebas yang rendah dan sekarang sudah mulai ada penelitian untuk membuat bibit tanaman sawit yang dapat menghasilkan minyak sawit yang mempunyai karakteristik tersebut.

1. Tandan buah sawit bahan baku pengolahan minyak sawit mentah (CPO)

Proses pengolahan TBS menjadi CPO di pabrik kelapa sawit melalui tahapan proses yang disebut dengan stasiun. Untuk sampai menghasilkan CPO melalui stasiun penerimaan TBS, stasiun sterilisasi, stasiun pemipilan, stasiun digesting & press dan stasiun klarifikasi (Naibaho, 1998).

commit to user

Untuk mendapatkan produk yang baik dipengaruhi oleh bahan baku/*raw material* dan proses pengolahan yang baik juga, apabila salah satu tidak terpenuhi maka hasilnya, baik kualitas maupun kuantitas tidak baik juga. Demikian juga pada pabrik kelapa sawit (PKS) yang mengolah dari *raw material* tandan buah sawit (TBS) menjadi CPO dan tahapan proses di masing-masing stasiun tidak baik maka CPO (*crude palm oil*) yang dihasilkan mutu dan rendemennya juga tidak baik.

Dari saat penyerbukan sampai buah masak membutuhkan waktu kurang lebih 5,5 bulan. Tahapan proses pertumbuhan buah ini dimulai dari pembelahan sel, pembesaran sel, pendewasaan sel/pematangan (*maturasi*), pemasakan (*ripening*), pelayuan (*senescense*), pembusukan. Pemanenan tandan buah sawit (TBS) dapat dimulai pada umur 31 bulan. Untuk melihat tingkat kemasakan, dapat digunakan metode visual yaitu dengan melihat perubahan warna kulit buah, yaitu saat warna kulit buah berubah menjadi merah jingga dan metode fisiologi yaitu dengan mengukur kandungan minyak maksimal dan kandungan asam lemak bebas minimalnya. Untuk melihat tandan kelapa sawit siap panen, dapat juga dilihat dari jumlah brondolan buah sawit yang jatuh di piringan.

Mutu buah panen ditentukan oleh fraksi masak panen. Fraksi panen ini sangat berpengaruh terhadap kadar asam lemak bebas. Adapun batasan/kriteria tentang TBS masak siap panen yaitu setiap 1 kg tandan buah segar terdapat 1-2 brondolan (fraksi kemasakan 1-3) atau tanaman umur < 10 tahun, jumlah brondolan sekitar 10 butir dan tanaman umur >10 tahun, jumlah brondolan sekitar 15-20 butir (Rahayu, 2016). Tandan buah sawit dikatakan siap panen/masak jika sudah ada buah yang lepas dari tandanya (brondolan) sebanyak 1-2 buah/kg tandan buah sawit (Corley and Tinker, 2016).

Sharif *et al.*, (2017) semua kondisi tandan buah sawit di pabrik pengolahan sawit bercampur di loading ramp (tempat penampungan sementara di pabrik kelapa sawit), sehingga formulasi/*performance* kondisi bahan baku (*raw material*) juga berbeda-beda. Krisdiarto dan Sutiarto (2016) bahwa kondisi buah sawit yang memar, penanganan pasca panen dan sistem transportasi akan berpengaruh terhadap kualitas minyak sawit yang ada didalamnya

Lukito dan Sudradjad (2017) mengkaji faktor-faktor yang mempengaruhi mutu CPO menggunakan diagram Ishikawa dan regresi linier. Faktor-faktor yang mempengaruhi mutu CPO adalah buah bermutu buruk, buah terlambat

pengangkutan (*restan* selama 1-14 hari), buah luka, dan kehilangan hasil panen. Hasil analisis menunjukkan bahwa masalah penurunan mutu CPO disebabkan oleh rendahnya rendemen minyak kelapa sawit (CPO) dan tingginya kandungan *Free Fatty Acid* (FFA) dalam CPO. Rendemen minyak yang rendah karena mutu buah yang buruk dan kehilangan hasil panen. Kandungan FFA CPO tinggi karena mutu buah buruk, buah *restan* yang masak (terlambat pengangkutan), dan buah luka.

Pengertian buah *restan* adalah buah yang tertunda pengolahannya, seperti terlambat pengangkutan/transportasi dari kebun ke pabrik, dari dalam kebun ke tempat penampungan hasil sementara (TPH), lama tunggu pengolahan karena menunggu kapasitas olah, menunggu karena ada peralatan yang rusak/sedang di perbaiki. Berdasarkan kenyataan di lapangan waktu *restan* ini bisa samapai 3 hari (24 – 36 jam). Buah yang *restan* akan menyebabkan teksturnya menjadi lunak, perubahan warna ke warna lebih gelap yang menunjukan terjadi kemunduran mutu.

Ali *et.al.*, (2014) bahwa pengaruh TBS yang dipotong/cincang dan disimpan selama 30, 60, 90, 120 menit menunjukkan kadar asam lemak bebas, kadar air, DOBI dan kadar karoten masing-masing berkisar antara $(1,19\% - 2,21) \pm 0,394\%$, $(0,18 - 0,41) \pm 0,097\%$, $(2,74 - 0,85) \pm 0,746$ dan $(430,40 - 326,08) \pm 0,768$ ppm. TBS yang dipotong memiliki efisiensi pemipilan yang lebih baik dibandingkan yang tidak potong. Afshin *et al.*, (2011) selama proses pemasakan setelah pembungaan umur 8-20 minggu pada TBS jenis tenera ada peningkatan minyak di mesokarp dan kernel., termasuk komposisi asam lemaknya dan perubahan fisik lainnya. Dikatakan juga bahwa tingkat kemasakan buah sawit sangat mempengaruhi kandungan minyak, buah yang mentah kandungannya masih sedikit tetapi kandungan *free fatty acid* (FFA) rendah sebaliknya pada buah yang lewat masak maka kandungan FFA tinggi.

Pahan (2012) minyak sawit dapat mengalami kerusakan akibat proses hidrolisis, oksidasi, polimerisasi dan sebagainya. Hidrolisis ini merubah minyak menjadi asam lemak bebas dan gliserol, oksidasi minyak akan menghasilkan aldehid dan keton, perubahan warna. Sedangkan polimerisasi merupakan gabungan satu molekul dengan molekul lain yang lebih besar, polimerisasi ini merupakan kelanjutan rekasi oksidasi dan pemanasan.

Sharif *et al.*, (2017) aktivitas penanganan pascapanen TBS pada 20 sample petani sawit memberikan pengaruh 82,80% penurunan kualitas TBS segar atau *FFB*. Rahayu (2016) bahwa buah sawit yang sudah lewat masa panen optimalnya akan

menghasilkan kadar asam lemak bebas yang tinggi (lebih dari 5%). Sedangkan, buah yang belum sampai sampai masa panen optimal akan menghasilkan rendemen minyak rendah dengan kadar asam lemak bebas yang rendah pula.

2. Tingkat kemasakan tandan buah sawit

Kriteria tingkat kemasakan juga dikaitkan dengan fraksi masak panen, yaitu: dikatakan *buah mentah* jika termasuk golongan; a). fraksi panen sangat mentah (F00 yaitu kondisi TBS tidak ada buah membrondol dan buah berwarna hitam pekat (derajat kemasakannya masih sangat rendah), b). fraksi panen mentah (F0) yaitu kondisi TBS 1-12,5% dari buah luar membrondol, buah berwarna hitam kemerahan derajat kemasakannya masih mentah), c). fraksi kurang masak (F1) yaitu kondisi TBS sebanyak 12,5%-25% buah luar membrondol, buah berwarna kemerahan (kemasakannya tergolong dalam kurang masak). Dikatakan *buah masak* meliputi; a). fraksi masak (F2) yaitu kondisi TBS 25-50% buah luar membrondol, buah berwarna merah mengkilat (derajat kemasakan masak), b). fraksi panen masak (F3), yaitu kondisi TBS sebanyak 50-75% buah luar membrondol, buah berwarna orange (tergolong dalam derajat kemasakan masak). Sedangkan dikatakan *buah lewat masak* adalah yang meliputi; a). fraksi lewat masak (F4) yaitu kondisi TBS sebanyak 75-100% buah luar membrondol, buah berwarna dominan orange, b). fraksi lewat masak (F5) yaitu kondisi TBS buah bagian dalam ikut membrondol (Rahayu, 2016). Fraksi tandan buah sawit masak panen disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Fraksi masak panen pada tanaman kelapa sawit

Fraksi Panen	Kriteria masak panen	Derajat kemasakan
00	Tidak ada buah membrondol, warna buah hitam pekat	Sangat mentah
0	1 – 12,5 % buah luar membrondol, warna buah hitam kemerahan	Mentah
1	12,5 – 25 % buah luar membrondol, warna buah kemerahan	Kurang masak
2	25 – 50 % buah luar membrondol, warna buah merah mengkilat	Masak
3	50 – 75 % buah luar membrondol, warna buah orange	Masak
4	75 – 100 % buah luar membrondol, Warna buah dominan orange	Lewat masak
5	Buah bagian dalam ikut membrondol	Lewat masak

Sumber : (Naibaho, 1998)

commit to user

Pada tandan buah segar yang masih mentah maka warna kulitnya ada yang hijau dan hitam dan sudah mulai ada tanda warna kemerahan dengan kadar minyak rendah dan FFA rendah, buah yang masak kulitnya merah-oranye dengan kadar minyak tinggi dan FFA sedang, sedangkan yang lewat masak warna dominan oranye dengan kadar minyak cukup tinggi dan asam lemak bebas juga tinggi. Pada Fraksi sangat mentah (00), berumur 4 bulan setelah seludang terbuka; keadaan tandan berupa tandan mentah; daging buah kuning kemerahan, pada fraksi mentah (0), berumur 5 bulan setelah seludang terbuka; keadaan tandan berupa tandan masak, daging buah berwarna merah kekuningan.

Tanaman kelapa sawit mulai berbuah pada umur 3 tahun setelah tanam dan semakin tinggi umurnya maka produksinya semakin tinggi, tetapi pada umur tertentu akan mengalami penurunan produksi sampai siap di replanting. Hafiz *et al.*, (2011) setiap jenis tanaman kelapa sawit mempunyai karakteristik fisik dan optik yang berbeda. Korelasi antara bobot dan dimensi linier TBS kelapa sawit ternyata 80%.

Mulai umur 30 bulan setelah ditanam tanaman kelapa sawit mulai produksi. Produktivitasnya mulai meningkat pada umur 3-14 tahun dan terjadi penurunan pada umur 15-25 tahun, dengan komposisi asam lemak yang dominan adalah asam lemak palmitat (C 16:0) sebanyak 44 % dan asam oleat (C 18:1) sebanyak 39,2 % (Pahan, 2012). Ruswanto *et al.*, (2011) bahwa pada sawit tanaman umur 5,7 dan 13 tahun maka kadar minyak tertinggi pada umur tanaman 13 tahun (65,07% dengan jumlah brondolan 15 (67,32 %), kadar ALB terendah umur tanaman 5 tahun (1,68%) dengan jumlah brondolan 5 (1,31%). Bonnie and Choo (2000) komponen utama minyak CPO adalah asam lemak palmitat (C 16:0) 44,00%, oleat (C 18:1) 39,20%, linoleat (C 18:2) 10,10%.

Ramsanjani *et al.*, (2017) semakin tinggi fraksi kemasakan (fraksi 1, 2, 3 dan 4), akan meningkatkan jumlah buah membrondol, asam lemak bebas dan persentase berat buah membrondol dengan berat tandan setelah panen. Semakin tinggi tandan yang dipanen secara nyata meningkatkan jumlah buah membrondol, asam lemak bebas dan persentase berat buah membrondol dengan berat tandan.

Tiap pohon kelapa sawit akan menghasilkan buah sekitar 20-22 tandan per tahun. Semakin tua umur tanaman, jumlah rata-rata produksi buahnya juga semakin menurun yaitu sekitar 12-14 tandan per tahun. Buah sawit yang sudah lewat masa panen optimalnya akan menghasilkan kadar asam lemak bebas yang tinggi (lebih dari

5%). Sedangkan, buah yang belum sampai sampai masa panen optimal akan menghasilkan rendemen minyak rendah dengan kadar asam lemak bebas yang rendah pula (Rahayu, 2016).

Pahan (2012), minyak dalam mesokarp (daging buah) mulai disintesis pada periode 120 has (hari setelah antesis dan mulai berhenti saat buah terlepas dari tangkainya (membrondol). Pada saat dipanen tandan buah kelapa sawit mempunyai kandungan asam lemak bebas (FFA) sekitar 2 % dan akan terus bertambah sejalan dengan bertambahnya waktu dan batasan untuk standar ekspor kadar FFA adalah maksimal 5 %.

Kualitas tandan buah sawit yang masuk ke pabrik kelapa sawit setiap harinya bisa variatif sekali, perbedaan tersebut terjadi dapat disebabkan karena perbedaan tingkat kemasakan (mentah, masak, lewat masak), transportasi, lama tunggu proses, umur tanaman, kotoran yang terikut, terutama tangkai panjang, jenis/klon tanaman. Tandan buah kelapa sawit yang akan diolah menjadi minyak sawit (CPO) harus berkualitas, yaitu yang masak optimal, karena kadar minyaknya tinggi. Krisdiarto *et al.*, (2017) parameter kualitas TBS yang diamati adalah kadar asam lemak bebas (ALB) sebagai metode yang digunakan pada setiap tahap proses penanganan bahan, yaitu pemanenan, pengangkutan di dalam blok kebun, pemuatan ke bak truk, dan pengangkutan ke pabrik minyak kelapa sawit.

Listia *et al.*, (2015) hasil TBS tertinggi 28,5ton TBS/ha/tahun pada penanaman kelapa sawit di ketinggian 368 m dpl., rendemen minyak tertinggi 25,9% dicapai pada ketinggian tempat 50 m dpl. Untuk kadar karoten tertinggi 590,8 ppm, nilai indeks panen tertinggi 0,39 dicapai pada ketinggian 368 m dpl. Prayogi *et al.*, (2016) bahwa umur tanaman kelapa sawit 6, 7 dan 9 tahun berpengaruh terhadap peningkatan berat segar buah, tetapi tidak berpengaruh terhadap tebal mesokarp buah, kadar air buah, rendemen minyak buah dan asam lemak bebas buah kelapa sawit.

3. Tandan buah sawit *Restan* (penundaan pengolahan tandan buah sawit)

Zu *et al.*, (2012) lama penyimpanan 6 dan 15 hari buah kelapa sawit sebelum diolah, tidak berpengaruh signifikan terhadap tingkat ekstraksi minyak yaitu 13,5 dan 25,5%, tetapi lama penyimpanan berpengaruh signifikan ($P < 0,05$) terhadap kualitas produksi minyak sawit mentah yang dihasilkan. Ali *et al.*, (2014) bahwa pengaruh pembelahan/pemotongan TBS dan waktu penyimpanan 30 – 120 menit akan

memberikan perubahan asam lemak bebas 1,19 – 2,21%, kadar air 0,18 – 0,41%, DOBI 2,74 – 0,85 %, kandungan karoten 430,402 – 326,081 ppm, tetapi tidak memberikan pengaruh terhadap proses pemipilan di drum striper.

Sutan *et al.*, (2016) ada pengaruh penundaan waktu proses terhadap jumlah total karoten pada buah kelapa sawit serta hubungan antara indeks warna. Adanya pengaruh proses penundaan waktu/inap (selama 1-5 hari) terhadap kandungan total karoten pada buah sawit, semakin lama penundaan maka kandungan karoten semakin rendah. Pola hubungan antara indeks warna terhadap kandungan karoten didapatkan trend hubungan terbaik adalah naik secara eksponensial. Ebongue *et al.*, (2011) bahwa waktu penyimpanan tandan buah sawit (2-5 hari) dan metode pengolahan (dipipil manual dan mesin) di Kamerun, menunjukkan, angka peroksida dan asam lemak bebas secara signifikan meningkat dan tidak sesuai standar.

Tan *et al.*, (2017) bahwa ada perubahan indeks oksidasi asam lemak bebas minyak sawit mentah setelah disimpan di ambien ($28 \pm 1^\circ\text{C}$) dan 60°C selama 77 hari. Perubahan angka peroksida, asam lemak bebas, *extinction coefficient* pada 233 dan 269 nm (K_{233} dan K_{269}), *deterioration of bleachability index* (DOBI), karoten vitamin E, angka peroksida, asam lemak bebas di amati. Hasil nilai karoten dan vitamin E menurun. Pada akhir periode penyimpanan pada 60°C , kadar karoten minyak sawit mentah adalah 4,24 ppm. Kondisi penyimpanan menyebabkan vitamin E turun, pengurangan nilai DOBI yang disimpan pada suhu kamar. Adanya formulasi kondisi tandan buah sawit yang berbeda maka dapat menyebabkan komposisi kimia minyak sawitnya akan berbeda. Ulfah *et al.*, (2016) pada 2 macam minyak yang dicampur dengan perbandingan yang berbeda-beda maka sifat dan komposisi hasilnya juga berpengaruh.

4. Sifat dan kerusakan minyak

Minyak dan lemak secara umum trigliseridanya sama, yang berbeda dalam bentuk wujudnya. Minyak bentuknya cair dan lemak berbentuk padat. Trigliserida adalah senyawa kimia yang terdiri dari ikatan gliserol dengan 3 molekul asam lemak. Sifat trigliserida tergantung pada perbedaan asam lemak yang membentuk trigliserida. Naibaho (1998); Ketaren (2008) bahwa dalam minyak sawit (CPO) kandungan asam lemak penyusunnya pada umumnya terdiri dari: C12:0 (laurat) sebanyak 0,2%, C14:0 (miristat) 1,1%, C16:0 (palmitat) 44,0%, C18:0 (stearat) 4,5%, C18:1 (oleat) 39,2%, C18:2 (linoleat) 10,1% dan lainnya 0,9%.

Kerusakan minyak sawit dapat terjadi karena hidrolisis yaitu minyak dihidrolisis menjadi asam lemak bebas, terjadi karena adanya air/kelembaban tinggi dan temperatur tinggi mempercepat hidrolisa serta bantuan enzim lipase menghasilkan 3 molekul asam lemak dan 1 molekul gliserol. Reaksi lainnya oksidasi, disebabkan *poly-unsaturated* asam lemak dan *mono-unsaturated* oleat (monoethenoid) membentuk asam lemak yang berat molekulnya lebih rendah dalam minyak kelapa sawit, aldehid dan keton. Senyawa senyawa ini menimbulkan bau dan rasa yang tidak diinginkan/bau tengik (Ketaren, 2008; Pahan, 2012). Hidrolisis minyak juga dapat terjadi pada proses sterilisasi/ perebusan dan pada penyimpanan minyak mentah karena masih adanya air. Oksidasi minyak terjadi karena adanya oksigen. Namun adanya tokoferol dalam minyak sawit dapat bersifat sebagai antioksidan yang dapat menghambat oksidasi minyak.

Sedangkan kerusakan yang terjadi pada minyak dapat disebabkan beberapa faktor:

- a. Absorpsi bau dan kontaminasi. Hal ini terjadi karena minyak dapat mengabsorpsi zat menguap atau bereaksi dengan bahan lain sehingga kualitasnya turun dan timbul bau tengik.
- b. Aktifitas enzim. Secara alami bahan berminyak mengandung enzim (lipase) yang dapat menghidrolisis minyak menjadi asam lemak dan gliserol. Asam lemak bebas yang tinggi menyebabkan minyak bau tengik dan rasa tidak enak serta warna minyak menjadi gelap. Untuk mengurangi aktivitas enzim, minyak disimpan pada suhu panas, minimal 50°C.
- c. Reaksi kimia, yaitu hidrolisis, oksidasi, polimerisasi. Reaksi hidrolisis mengubah minyak menjadi asam lemak bebas dan gliserol, menyebabkan bau tengik. Reaksi oksidasi minyak sawit menghasilkan aldehid dan keton, menimbulkan ketengikan. Oksidasi juga menyebabkan kerusakan pigmen warna. Reaksi polimerisasi merupakan penggabungan satu molekul dengan molekul lain membentuk molekul besar. Polimerisasi pada minyak merupakan kelanjutan dari reaksi oksidasi dan pemanasan (Naibaho, 1998; Corley and Tinker, 2016).

5. Proses Sterilisasi Tandan Buah Sawit.

Dalam proses sterilisasi tandan buah sawit di pabrik kelapa sawit menggunakan steam (uap panas) dengan tekanan yang berbeda beda dan lama waktu yang bervariasi juga. Hal ini tergantung dari jenis sterilizer, sistemnya dan kondisi tingkat kemasakan

dari tandan buah sawit yang akan di olah. Klasifikasi sterilizer dikelompokkan berdasarkan sistemnya ada sterilizer kontinyu dan sistem *batch*, berdasarkan bentuknya/posisi ada sterilizer vertikal, horisontal, miring (*oblique*), berdasarkan operasionalnya ada yang otomatis, manual, gabungannya.

Sivasothy *et al.*, (2002) bahwa penggunaan sterilizer kontinyu keunggulannya dibanding *batch* dengan hasil minyak kualitas baik dan *oil losses* rendah, efisiensi steam dan asap hitam sedikit, kebersihan pabrik. Sivasothy *et al.*, (2005) bahwa sterilisasi kontinyu yang digunakan untuk sterilisasi tandan buah segar kelapa sawit dilengkapi *bunch crusher* untuk memudahkan penetrasi steam pada tekanan atmosfer sampai tingkat yang cukup. Hasilnya dengan sterilizer kontinyu lebih baik dibanding sistem *batch*, dasar penilaian dari parameter yang diamati yaitu PV, DOBI, FFA, karoten. kadar besi dan proses perontokan, pemisahan daging buah.

Sivasothy *et al.*, (2006) penggunaan sterilisasi kontinyu untuk konsep perbaikan desain pabrik kelapa sawit karena mengurangi jumlah operator proses, menurunkan biaya operasi dan perawatan, dan menyederhanakan operasi pabrik. Pabrik yang menggunakan proses ini bisa lebih mudah diawasi dan otomatis. Dengan menghindari penggunaan bejana bertekanan untuk sterilisasi, lori, crane, lebih aman bagi operator serta meminimalkan kehilangan minyak dan lebih bersih.

Noerhidajat *et al.*, (2016) bahwa efek variasi tekanan sterilisasi 40 dan 70 psi (*pounds per square inch*) buah sawit. Hasilnya *fruitlets* yang disterilkan pada 70 psi lebih banyak kandungan gula dalam kondensat karena lebih banyak makanan terhidrolisa, sterilisasi pada tekanan tinggi menyebabkan kehilangan minyak di kondensat dan penggunaan steam lebih banyak. Owolarafe *et al.*, (2008) bahwa pengaruh lama sterilisasi TBS 30, 60 dan 90 menit, lama pelumatan buah 3, 5, dan 10 menit, tekanan pres hidrolik 0,5; 1 dan 1,5 MPa waktu pressing 5 menit, hasilnya bahwa semakin lama sterilisasi, waktu pelumatan dan tekanan 0,5 sampai 1,5 MPa meningkatkan hasil minyak dan hasil minyak tertinggi 35% pada waktu sterilisasi 60 menit, waktu pelumatan 10 menit dan tekanan pres 1 MPa.

Jusoh *et al.* (2013) bahwa proses sterilisasi skala laboratorium buah sawit pada tingkat kemasakan yang berbeda; kurang masak, masak, lewat masak dan buah sangat lewat masak, dengan kondisi proses bervariasi, hasilnya bahwa suhu dan waktu sterilisasi berpengaruh terhadap DOBI minyak sawit yang dihasilkan dan waktu sterilisasi memberikan pengaruh yang lebih besar dibandingkan suhu dengan

menggunakan metode optimasi numerik, kondisi sterilisasi optimal didasarkan DOBI. Aziz (2003) penetrasi panas pada minyak sawit dapat digunakan untuk mengukur kandungan minyak pada buah sawit selama proses sterilisasi tandan buah kelapa sawit segar. Sarah dan Taib (2013) penggunaan mikrowave untuk sterilisasi buah sawit dapat mengurangi waktu sterilisasi dan melindungi kualitas minyak sawit dari aktivitas lipase. tetapi meningkatkan degradasi karoten, vitamin E, selain itu kadar asam lemak bebas (FFA), karoten di bawah persyaratan standard.

Sarah (2015) bahwa sterilisasi tandan buah sawit menggunakan mikrowave iradiasi dapat melindungi kualitas minyak sawit dan memudahkan pelepasan buah dari tandannya (74 dan 81 %). Selain itu penyinaran gelombang mikro mengurangi waktu dan suhu pada proses sterilisasi yang didasarkan inaktivasi lipase dibanding cara konvensional. Untuk inaktivasi 90% lipase (D-value) D-value yang diperoleh di antara 8 hingga 17 menit, masing-masing pada suhu 82 dan 70°C, z-value adalah di antara 21 hingga suhu 27°C. Waktu dan suhu yang optimum sterilisasi kelapa sawit 9,7 menit dengan suhu 80,5°C, kualitas minyak sawit didasarkan pada parameter FFA, karoten, vitamin E dan komposisi asam lemak memenuhi standard Lembaga Kelapa Sawit Malaysia (MPOB).

Subiyanto (2013) bahwa untuk menganalisis penetapan prioritas (*priority setting*) dalam pemilihan teknologi rebusan TBS dapat dengan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP), karena mudah dipahami dan mampu menyederhanakan persoalan, hasilnya menunjukkan bahwa urutan prioritasnya adalah sterilizer model vertikal dengan tingkat prioritas 0,366, kemudian diikuti dengan model horisontal (0,335) dan model kontinyu (0,299). Shamsudin *et al.*, (2012) perlakuan awal dengan pemberian steam selama 15- 60 menit pada janjang kosong, hasilnya dapat meningkatkan produksi gula sebagai bahan untuk bioetanol

Menurut Kumaradevan *et al.*, (2015) bahwa kemasakan TBS, lama tunda proses, dan jumlah puncak tekanan proses sterilisasi telah di teliti, hasilnya menunjukkan bahwa tingkat kemasakan mempengaruhi kualitas CPO. Kesegaran dinilai berdasarkan warna buah dan adanya buah lewat masak FFA lebih tinggi dan kehilangan minyak lebih tinggi di kondensat. Reaksi spontan menyebabkan FFA yang lebih tinggi. Kehilangan minyak dapat dikurangi dengan sterilisasi dua puncak, Secara keseluruhan, solusi yang dihasilkan meningkatkan kualitas dan hasil CPO. Sitepu (2011) bahwa kebutuhan uap berbeda-beda berdasarkan perbandingan kualitas

uap. Jenis sterilizer yang digunakan adalah sterilizer horizontal dengan tekanan uap antara $2,5 \text{ kg/cm}^2$ s/d $4,0 \text{ kg/cm}^2$ dan temperatur uap antara 120°C s/d 140°C . Sterilizer ini menggunakan sistem perebusan *triple peak* atau sistem tiga puncak perebusan dengan waktu perebusan TBS selama 90 menit. Analisa kebutuhan uap dilakukan dengan kandungan uap pada air kondensat: 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%. Simarani *et al.*, (2009) pengaruh sterilisasi pada tandan kosong terhadap sifat fisik, kimia dan enzim.

6. Optimasi Proses Pengolahan

Dalam proses pengolahan pangan ataupun non pangan pengendalian proses ataupun pengendalian mutu dan optimasi proses sangat diperlukan untuk mendapatkan hasil produk yang terbaik. Gaspersz (1998) salah satu metode untuk pengendalian proses adalah peta kontrol yang merupakan alat yang ampuh untuk pengendalian proses, karena dapat digunakan untuk menentukan apakah suatu proses dalam pengendalian statistikal. Analisis pengendalian mutu CPO dengan diagram histogram, grafik kendali, dan diagram sebab akibat, dimana hasilnya dibandingkan dengan standar pengendalian mutu yang ditetapkan BSN melalui SNI 01-29012006 dan standard mutu yang ditetapkan oleh konsumen. Berdasarkan hasil analisis diagram sebab akibat ada lima faktor yang mempengaruhi pengendalian mutu CPO yaitu bahan baku, lingkungan kerja, mesin, bahan baku, manusia, dan metode kerjanya (Wulan, 2014).

Namun untuk menentukan proses yang terbaik dari variasi perlakuan pengolahan diperlukan metode optimasi. Untuk metode optimasi proses pengolahan dapat menggunakan *response surface methodology* (RSM). Metode permukaan respon (*response surface methodology*) merupakan sekumpulan teknik matematika dan statistika yang berguna untuk menganalisis permasalahan dimana beberapa variabel independen mempengaruhi variabel respon dan tujuan akhirnya adalah untuk mengoptimalkan respon. Ide dasar metode ini adalah memanfaatkan desain eksperimen berbantuan statistika untuk mencari nilai optimal dari suatu respon (Oramahi, 2016).

Mat *et al.*, (2013) bahwa untuk optimasi proses waktu dan suhu sterilisasi pada tingkat kemasakan tandan buah sawit dapat ditentukan dengan Metodologi Respon Permukaan (RSM) yang didasarkan pada nilai DOBI. Hasil lainnya waktu sterilisasi ternyata memberikan pengaruh yang lebih besar dibandingkan suhu. Bachtiyar

(2011) bahwa metode respon permukaan telah digunakan untuk menentukan kondisi operasi optimum mesin digester dan press pada temperatur digester 93, 98, 103°C dan tekanan hidrolik 30, 40, 50 bar untuk percobaan orde pertama dan menggunakan skema *central composite design* (CCD) pada percobaan orde kedua. Hasil penelitian menunjukkan temperatur digester dan tekanan hidrolik berpengaruh terhadap kualitas parameter yang dikontrol dan hasil optimal diperoleh pada saat temperatur digester 96,9°C dan tekanan hidrolik 39,3 bar dengan respon *broken nut* sebesar 13,75% dan kandungan minyak sebesar 7,01% berat kering.

Jusoh *et al.*, (2013) bahwa penggunaan *response surface methodology* (RSM) untuk optimalisasi proses sterilisasi tandan buah segar pada tingkat kematangan yang berbeda (yaitu masak, masak, lewat masak) dan brondolan berdasarkan interaksi antara suhu proses (X1; 100 sampai 120°C) dan waktu (X2; 20 sampai 80 menit) terhadap nilai DOBI maka untuk buah belum masak suhu optimum pada 109°C waktu 20 menit dengan DOBI sebesar 3,61, buah masak suhu 100°C waktu 20 menit DOBI=3,05, lewat masak suhu 100°C waktu 69 menit DOBI=4,46, pada brondolan suhu 100°C waktu 80 menit DOBI= 2,49.

Jusoh *et al.*, (2015) bahwa penggunaan *response surface methodology* (RSM) untuk optimalisasi proses sterilisasi tandan buah segar (TBS) pada tingkat kematangan yang berbeda belum masak, masak, lewat masak dan brondolan berdasarkan interaksi antara suhu proses 100 - 120°C dan waktu 20 - 80 menit, pada indikator kadar *free fatty acid* (FFA). Hasilnya masing-masing kondisi optimum suhu dan waktu sterilisasi pada TBS belum masak pada suhu yaitu 100°C waktunya 20 menit, pada TBS masak suhunya 100°C waktu 80 menit, TBS lewat masak dan brondolan kondisi optimumnya sama yaitu 120°C waktu 20 menit. dengan hasil kadar FFA secara berurutan sebagai berikut 0,62%, 1,05%, 1,75% dan 3,16%. Renta (2015), bahwa optimalisasi pengadaan TBS dengan konsep pemrograman linear (LP) dapat juga dilakukan melalui pendekatan *optimal EOQ* pembelian TBS luar, hasilnya selama tahun 2014 masih dibawah standard optimal sehingga PMKS Sei Kandang seharusnya melakukan kebijakan kombinasi pengadaan bahan baku TBS dari kebun sendiri dan pembelian TBS luar.

Penggunaan metode RSM lainnya, Santoso *et al.*, (2002) bahwa telah digunakan metode RSM untuk optimasi proses *dekafeinasi* menggunakan kitosan dari kulit udang, perlakuannya penggunaan variasi konsentrasi kitosan 50, 60, 70, 80, 90,

100mg/100ml; temperatur 28, 40, 60, 80, 90 dan 100°C dengan waktu proses 15, 30, 60, 90 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan program RSM didapatkan kondisi optimum proses dekafeinasi dalam sistem model larutan kafein 1000 ppm adalah konsentrasi kitosan 69,52 mg/100 ml; suhu 89,71°C dan waktu proses 14,88 menit, pada kondisi tersebut dapat menurunkan kadar kafein dalam sistem sebanyak 79,56 %.

Sigit *et al.*, (2009) bahwa penggunaan *response surface methodology* (RSM) untuk menentukan kondisi proses yang optimum terhadap persentase penurunan kadar β -karoten pada pembuatan tepung ubi jalar oranye oleh pengaruh suhu dan waktu pengeringan. Penelitian ini terdapat dua faktor yaitu suhu pengeringan yang dinyatakan sebagai variabel X1 dan waktu pengeringan sebagai variabel X2. Suhu pengeringan yang digunakan adalah suhu 50°C, 60°C dan 70°C, dan waktu pengeringan yang dilakukan adalah 6, 7, dan 8 jam. Hasil optimasi menggunakan *response surface methodology* (RSM) menunjukkan bahwa kondisi proses yang optimal pada pembuatan tepung ubi jalar oranye adalah pada suhu pengeringan 58°C dengan waktu pengeringan 7,1 jam.

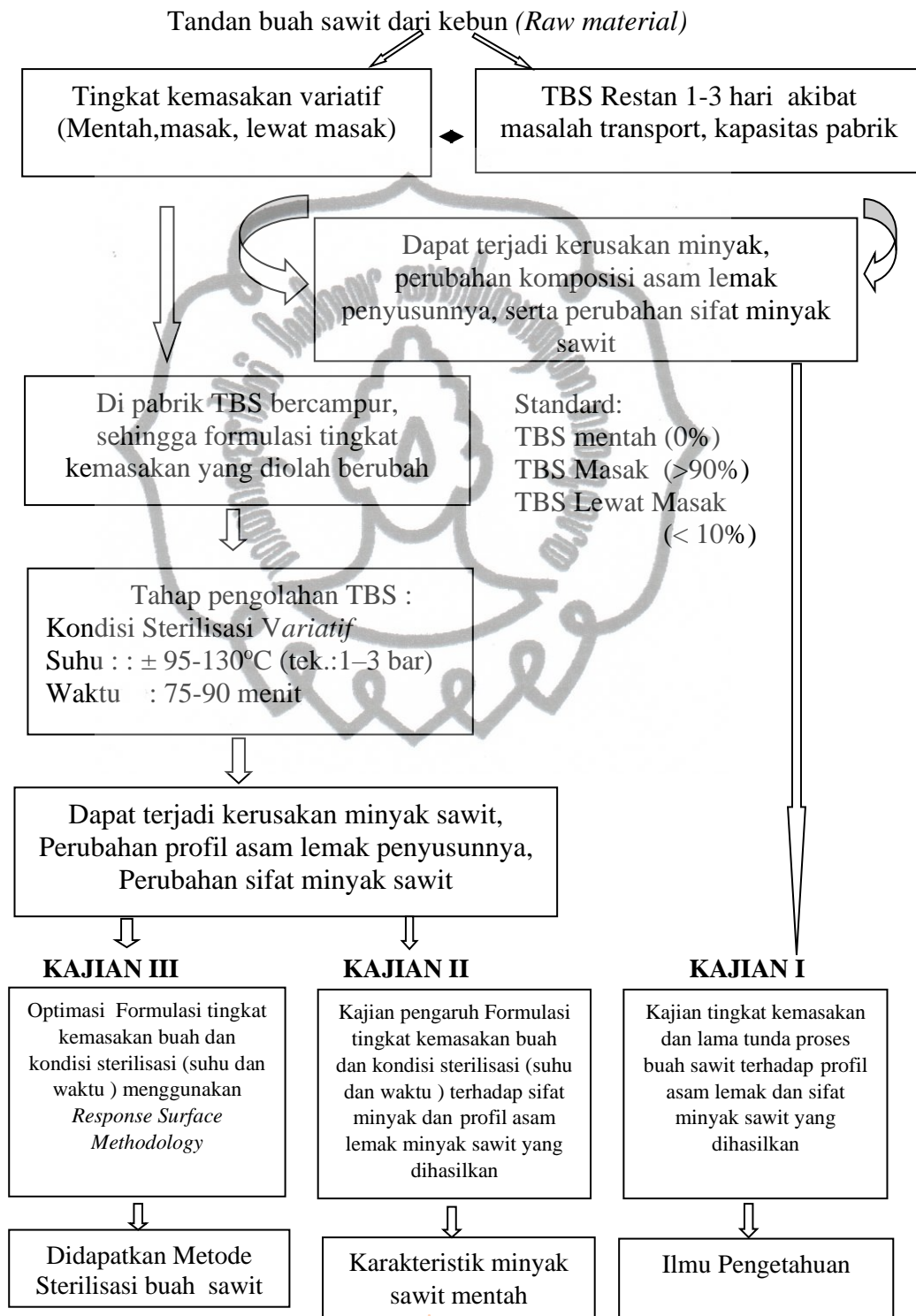
Ferdiansyah *et al.*, (2017) bahwa kondisi optimum sintesis CMC dari selulosa pelepah kelapa sawit pada konsentrasi NaOH 10%, berat NaCMC A 4,57 g, suhu reaksi 46,59 °C dan hasil perhitungan menggunakan *response surface methodology* nilai DS (derajat substitusi) sebesar 0,83, sedangkan uji verifikasi menunjukkan nilai DS 0,75. Oramahi (2008) beberapa penelitian yang menggunakan RSM adalah optimasi komponen/kadar asam pada asap cair, optimasi sintesa poliester, pengaruh suhu, pH, NaCl dan NaNO₂ terhadap pertumbuhan dan populasi bakteri asam laktat.

Untuk itu dalam penelitian ini, akan digunakan metode *response surface methodology* (RSM) ini untuk optimasi proses variasi tingkat kemasakan tandan buah sawit, variasi suhu dan lama waktu sterilisasi untuk mendapatkan hasil minyak sawit yang terbaik.

B. Kerangka Berpikir

Kenyataan di lapangan bahwa tandan buah sawit (TBS) sebagai *raw material* hasil dari panen kebun sawit yang akan diolah menjadi minyak sawit kasar (CPO) di pabrik kelapa sawit tingkat kemasakan dan waktu tunggu proses (*restan* akibat transport, menginap) bervariasi, sehingga dapat mempengaruhi komposisi kimia

didalamnya termasuk kadar minyak, komposisi asam lemak, asam lemak bebas, angka peroksida, kadar air, karoten, angka iodin, DOBI, potensi rendemen. Untuk mendapatkan kualitas dan kuantitas yang dikehendaki pada suatu proses produksi diperlukan optimasi proses. Adapun kerangka berfikir penelitian yang akan dilaksanakan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka berfikir dan Out-line Penelitian

Batasan pengertian/istilah :

1. Tandan buah sawit *mentah* adalah tandan buah yang belum membrondol, warna buah hitam atau hijau dan atau sebagian mulai berubah merah (F00 – F1).
2. Tandan buah sawit *masak* adalah tandan buah yang tiap 1kg TBS membrondol 1-2 buah, warna buah berubah menjadi oranye (F2 – F3).
3. Tandan buah sawit *lewat masak* adalah tandan buah yang tiap 1kg TBS membrondol lebih dari 2 buah, warna buah berubah menjadi dominan oranye (F4 – F5).
4. *Restan* adalah kondisi tandan buah sawit yang tidak segera dilakukan pengolahan (maksimal 24 jam setelah dipanen).

C. Hipotesis

1. Tingkat kemasakan dan lama tunda pengolahan (*restan*) buah sawit mempengaruhi karakteristik minyak sawit dan perubahan profil asam lemak minyak sawit.
2. Formulasi tingkat kemasakan buah sawit dan kondisi proses sterilisasi (variasi suhu dan waktu proses) mempengaruhi karakteristik minyak sawit dan perubahan profil asam lemak minyak sawit yang dihasilkan.
3. Optimasi proses pada formulasi tingkat kemasakan buah sawit dan kondisi proses sterilisasi (suhu dan waktu) menggunakan *response surface methodology* (RSM) akan didapatkan berdasarkan karakteristik minyak sawit yaitu pada persentase buah masak yang maksimal dan kondisi sterilisasi pada suhu dan waktu yang rendah.

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengkaji pengaruh tingkat kemasakan tandan buah sawit dan lama penundaan proses terhadap karakteristik minyak sawit yang terdiri dari angka iodin, asam lemak bebas, DOBI, angka peroksida, kadar karoten, kadar minyak, kadar air, potensi rendemen serta profil asam lemak.
2. Mengkaji pengaruh formulasi tingkat kemasakan buah sawit, suhu sterilisasi dan waktu sterilisasi terhadap karakteristik minyak sawit yang dihasilkan terdiri dari

angka iodin, asam lemak bebas, DOBI, angka peroksida, kadar karoten, kadar minyak, kadar air, potensi rendemen, profil asam lemak.

3. Mengkaji optimasi proses sterilisasi pada suhu, waktu dan formulasi tingkat kemasakan buah sawit menggunakan *response surface methodology* (RSM).

E. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan dalam industri pengolahan kelapa sawit menjadi CPO khususnya untuk mendapatkan kualitas yang mempunyai karakteristik produk CPO yang baik didukung dengan kuantitas yang tinggi.



