

## IV. PENELITIAN KAJIAN II

### A. Pendahuluan

Dalam proses pengolahan hasil pertanian/perkebunan untuk menghasilkan produk yang baik sangat dipengaruhi oleh dua faktor utama yaitu bahan baku (*raw material*) dan tahapan proses produksinya. Demikian pula pada unit pabrik kelapa sawit (PKS) yang mengolah tandan buah sawit (TBS) menjadi CPO (*crude palm oil*), bahan baku TBS yang berasal dari kebun kualitasnya sangat bervariasi termasuk tingkat kemasakannya sehingga dapat berpengaruh terhadap kualitas dan kuantitas CPO yang dihasilkan. Di pabrik kelapa sawit Indonesia bahwa bahan baku TBS yang akan diolah kondisi sangat variatif, hal ini terjadi karena ada perbedaan dari beberapa faktor yaitu; tingkat kemasakan, lama tunggu proses (*restan*), umur tanaman, iklim tempat pertumbuhan, kotoran yang terikut (tangcai), jenis/klon tanaman, sistem transportasi dan campuran dari masing-masing kondisi TBS yang akan di proses.

Tanaman kelapa sawit mulai berbuah pada umur 3 tahun setelah tanam dan semakin tinggi umurnya maka produksinya semakin tinggi juga baik beratnya maupun kandungan minyaknya, tetapi pada umur tertentu akan mengalami penurunan produksi sampai umur sekitar 25 tahun untuk siap di replanting. Buah kelapa sawit yang akan diolah menjadi minyak sawit (CPO) harus berkualitas, yaitu yang masak optimal, karena kadar minyaknya tinggi. Krisdiarto *et al.*, (2017) bahwa perubahan kualitas TBS (berdasar kadar asam lemak bebasnya) sangat dipengaruhi tahap proses penanganan bahan, mulai dari pemanenan, pengangkutan dan pemuatan ke bak truk serta pengangkutan ke pabrik minyak kelapa sawit.

Hubungannya dengan kualitas tandan buah sawit yang akan diolah untuk menghasilkan minyak sawit (CPO) yang baik secara kuantitas dan kualitas, maka pabrik kelapa sawit mempunyai parameter tingkat kemasakan TBS yang akan di olah yaitu yang masak sekitar 90 %, yang mentah 0% dan yang lewat masak 5-10%. Namun ada perusahaan targetnya yang masak 90-95 %, mentah maksimal 5 %, lewat masak maksimal 5 %, namun kenyataan di lapangan masih variatif. Berdasar peraturan menteri pertanian tentang pedoman penetapan harga dan pembelian tandan buah segar kelapa sawit dari petani, buah yang mentah 0%, masak minimal 95 %, lewat masak maksimal 5 % (Departemen Pertanian Republik Indonesia, 2018).

Adanya tingkat kematangan buah sangat mempengaruhi komponen kimia yang terkandung di dalamnya termasuk sifat dan kandungan minyaknya. Afshin *et al.*, (2011) selama proses pemasakan tandan buah sawit, setelah pembungaan umur 8, 12, 16, 20 minggu ada peningkatan minyak di daging buah dan kernel. Sharif *et al.*, (2017) bahwa aktivitas penanganan pascapanen tandan buah sawit memberikan pengaruh 82,80% terhadap penurunan kualitas tandan buah sawit. Penanganan tersebut diantaranya keterlambatan pengangkutan, keterlambatan pengolahan atau sering disebut restan.

Pembentukan FFA terbanyak adalah saat di lapangan atau sebelum mulai diolah di pabrik kelapa sawit (PKS), karena pada saat pengolahan di PKS kenaikan FFA hanya 0.1% atau paling tinggi 0,3-0,5% pada PKS yang kurang terkendali pengawasannya. Kenaikan FFA saat penimbunan dan pengapalan hingga sampai di tangan konsumen juga relatif rendah (Mangoensoekarjo dan Semangun, 2003). Lamanya penundaan buah dapat meningkatkan kandungan FFA CPO sebesar 0,94% setiap bertambahnya umur tunda 1 hari atau 24 jam pada buah yang sudah membrondol (Lukito dan Sudradjat, 2017).

Buah sawit yang mentah kandungan minyaknya masih sedikit, asam lemak bebasnya rendah, sebaliknya pada buah yang lewat masak maka kandungan asam lemak bebasnya (FFA) tinggi (indikator tingkat kerusakan minyak akibat hidrolisis). Komposisi asam lemak yang utama dalam buah sawit adalah asam lemak palmitat, asam lemak oleat, asam lemak linoleat, asam lemak linolenat, asam lemak miristat (Afshin *et al.*, 2011). Parameter kualitas minyak sawit meliputi FFA, kadar air, DOBI, karoten. Namun adanya tingkat kematangan berbeda dan buah restan dapat mempengaruhi komposisi asam lemak, kandungan minyak, kerusakan minyak, kandungan karoten (Ali *et.al.*, 2014).

Pada saat tandan buah sawit berada di *loading ramp* (tempat penerimaan TBS di pabrik), maka akan terjadi pencampuran TBS dengan jenis yang berbeda-beda, sehingga berpengaruh pada formulasi TBS yang akan diolah akibatnya sifat dan kandungan minyak secara keseluruhan juga berpengaruh. Ulfah *et.al.*, (2016) pencampuran dari 2 jenis minyak sawit dengan perbandingan yang berbeda-beda maka sifat dan komposisi hasilnya juga berpengaruh. 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%.

Penurunan mutu CPO disebabkan tingginya kandungan asam lemak bebas (FFA) dalam CPO. Minyak yang rendah karena mutu buah yang buruk dan kehilangan hasil panen. Kandungan ALB CPO tinggi disebabkan mutu buah rendah, buah restan dan buah luka (Lukito dan Sudrajad, 2017). Berdasar uraian di atas belum ada kajian perubahan profil asam lemak dan sifat minyak formulasi tingkat pemasakan buah.

Pada proses pengolahan tandan sawit menjadi CPO tahapannya adalah proses sterilisasi, perontokan, digesting & pres dan pengjernihan, sedangkan 60 % produk CPO dipengaruhi oleh sterilisasi/perebusan. Dalam proses sterilisasi dengan sterilizer sistem kontinyu suhu yang digunakan sekitar 95-100°C (tekanan sekitar 1 bar), sedangkan sterilizer sistem batch dengan *triple peak* suhu yang digunakan sekitar 130°C dengan tekanan 1,5 sampai 3,0 bar dengan waktu sekitar 80-90 menit. Adanya tekanan dan waktu yang bervariasi ini tentunya akan berpengaruh terhadap sifat minyak dan kandungan minyak serta profil asam lemaknya. Kandiah *et al.*, (2006); Sivasothy (2005); Halim and Basiron (2005) menyatakan bahwa penggunaan sterilizer kontinyu untuk pengolahan TBS memberikan pengaruh yang lebih baik di banding sistem batch berdasarkan nilai asam lemak bebas, angka peroksida, DOBI, kadar karoten dan kemudahan proses perontokan serta pemisahan daging buahnya tetapi belum mengkaji profil asam lemaknya.

Berdasarkan pengamatan dilapangan *raw material* untuk produksi CPO adalah tandan buah sawit (TBS), namun tidak menutup kemungkinan suatu saat ada perubahan bahwa untuk raw materialnya dalam bentuk brondolan, terutama dari kebun petani dengan berbagai alasan, karena sampai saat ini TBS dari petani di jual ke perusahaan besar yang harganya terkadang tidak menentu/cenderung rendah.

Disisi lain dari tahap proses pengolahan khususnya sterilisasi, penggunaan sterilizer sistem batch dan kontinyu telah lama dipakai oleh beberapa perusahaan/PKS di berbagai tempat. Pemilihan sistem sterilizer tersebut dengan pertimbangan biaya pemeliharaan dan perbaikan, jumlah pekerja, kualitas dan rendemen, kebersihan, penggunaan suhu dan tekanan. Jika sistem kontiynu lebih rendah (suhu 95°C, tekanan sekitar 1 bar) dibanding sistem batch (tekanan sekitar 1,8-3 bar dan suhu sekitar 135°C serta menggunakan *triple peak* (tiga puncak).

Berdasarkan data sekunder di salah satu PKS di Kalimantan Tengah pada bulan Januari–Nopember tahun 2018 penggunaan sterilizer kontinyu rendemennya (21,13)

lebih tinggi dibanding sistem batch (21,03%), tetapi kualitasnya didasarkan kadar asam lemak bebas yang menggunakan sterilizer kontinyu lebih jelek (ALB= 4,14 %) dibanding sistem batch (ALB= 3,74 %). Untuk standar kadar ALB produksi (di PKS) maksimal 3 % namun untuk pasar dan refinari maksimal 5 %.

Jusoh *et al.*, (2015) bahwa penggunaan sterilizer pada buah mentah, masak, lewat masak berpengaruh terhadap DOBI. Jusoh *et.al.*, (2013) menyatakan bahwa waktu proses sterilisasi antara 20 – 80 menit dan suhu 100-120°C menunjukkan kondisi optimum yang berbeda pada TBS kurang masak, masak, lewat masak dan sangat lewat masak (busuk) didasarkan pada kadar asam lemak bebasnya. Menurut standar operasi prosedur salah satu perusahaan kelapa sawit di Indonesia bahwa untuk penggunaan sterilizer sistem kontinyu suhu yang digunakan sekitar 95°C (tekanan hampir 1 bar), sedangkan sterilizer sistem batch dengan *triple peak* suhu yang digunakan sekitar 130°C dengan tekanan 1,5 sampai 3,0 bar dengan waktu sekitar 80 - 90 menit. Adanya proses pengolahan yang menggunakan tekanan, suhu, waktu yang tinggi juga dapat menyebabkan kerusakan pada komponen minyak dan perubahan asam lemaknya. Paramater kualitas CPO yang antara lain yaitu kandungan ALB, air, bilangan peroksida (PV), angka iodin (IV), *deterioration of bleachability index* (DOBI) serta komponen yang tidak kalah pentingnya adalah perubahan profil asam lemaknya.

## B. Metode Penelitian

### 1. Tempat dan Waktu Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium INSTIPER Yogyakarta, laboratorium Kimia Pangan dan Biokimia Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta Jawa Tengah, laboratorium Kimia Organik Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada Yogyakarta dan di kebun INSTIPER Ungaran Jawa Tengah. Waktu penelitian dilaksanakan selama 12 bulan.

### 2. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan adalah tandan buah sawit jenis Tenera (Damimas) produksi dari kebun INSTIPER di Ungaran Jawa Tengah. Bahan kimia untuk analisis laboratorium yaitu ethyl alkohol, sodium hidrosida, indikator thymolblue 1% dalam alkohol 95%, larutan asam asetat:chloroform (3:2 v/v), larutan kalium Iodida (KI),



karbontetrachlorida ( $\text{CCL}_4$ ), amilum 1%, Na-thiosulfat 0,1 N, larutan Wijs, n-hexana dari Merck.

Peralatan yang digunakan adalah peralatan gelas laboratorium, buret, soxhlet, oven, pres hidrolik, timbangan digital, sterilizer skala laboratorium merk HIRAMAYA (HICLAVE HVE-5 0, kapasitas 82 kg, tekanan 3-30 psi, 5–137°C), spektrofotometer UV-Vis Shimadzu 1240, kromatografi gas GCMS-QP2010S Shimadzu, kolom Rtx 5 MS pada suhu awal 50°C dan ditahan selama 5 menit, kemudian dinaikkan menjadi 260 °C dengan 5°C/menit, gas pembawa Helium.

### 3. Tata Laksana Penelitian

Pada Kajian II ini adalah Pengaruh Formulasi tingkat kemasakan buah sawit, Suhu proses sterilisasi dan Waktu proses sterilisasi terhadap karakteristik minyak sawit yang dihasilkan serta optimasi proses sterilisasi.

Pada kajian II ini rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Faktorial dengan 3 faktor.

**Faktor I adalah Formulasi tingkat kemasakan tandan buah sawit (F)** yang terdiri 3 taraf yaitu;

**Mentah (%) : Masak (%) : Lewat Masak (%)**

F <sub>1</sub> =	0	:	90	:	10
F <sub>2</sub> =	0	:	95	:	5
F <sub>3</sub> =	0	:	100	:	0

**Faktor II adalah Perlakuan Suhu proses sterilisasi (T)** yang terdiri 3 taraf yaitu ;

**Suhu :** T<sub>1</sub> = 90°C,  
T<sub>2</sub> = 105°C,  
T<sub>3</sub> = 120°C

**Faktor III adalah Perlakuan Waktu proses sterilisasi (t)** yang masing-masing terdiri 3 taraf yaitu :

**Waktu :** t<sub>1</sub> = 60 menit  
t<sub>2</sub> = 75 menit  
t<sub>3</sub> = 90 menit.

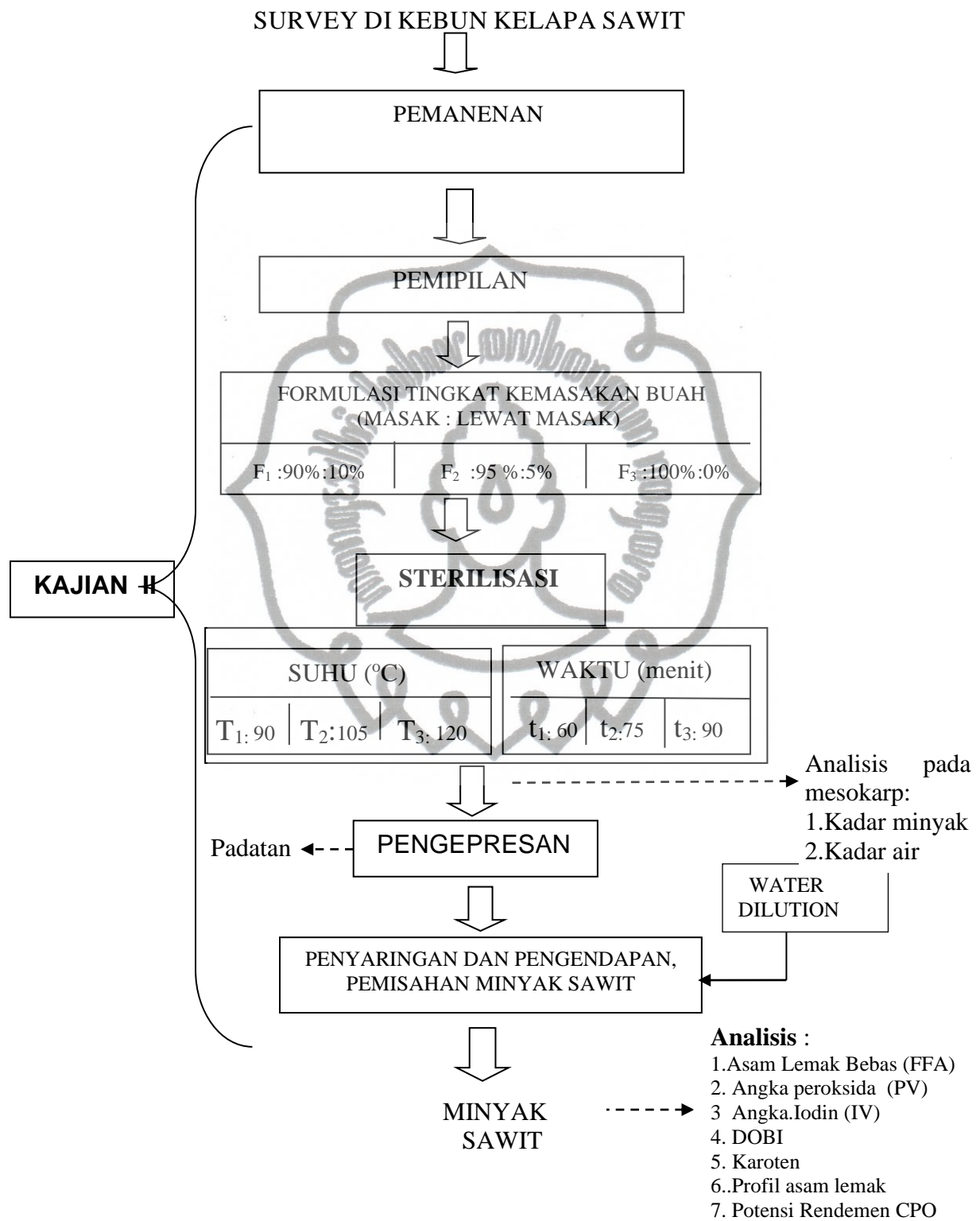
Adapun tahapan pelaksanaan penelitian tersebut sebagai berikut:

Melakukan survey tanaman kelapa sawit yang menghasilkan (TM) di kebun INSTIPER di Ungaran Jawa Tengah dan memilih blok tanaman yang akan dijadikan

sampel untuk dipanen tandan buah sawitnya dengan umur tanaman antara 6–12 tahun. Memilih tandan buah sawit (TBS) yang akan digunakan/dipanen sesuai tingkat kemasakan (mentah, masak, lewat masak) dilanjutkan dengan melakukan pemanenan tandan buah sawit. Selanjutnya masing-masing tandan dilakukan pemipilan buah secara manual dan dicampur sesuai formulasi tingkat kemasakan buah sawit seperti di atas yaitu  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  masing-masing 1 kg.

Selanjutnya formulasi tingkat kemasakan buah sawit ( $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$ ) yang sudah dibuat sampel masing-masing 1 kg dilakukan proses sterilisasi dengan variasi suhu dan lama waktu seperti perlakuan di atas (Suhu:  $T_1 = 90^\circ\text{C}$ ,  $T_2 = 105^\circ\text{C}$ ,  $T_3 = 120^\circ\text{C}$  dan Waktu:  $t_1 = 60$  menit,  $t_2 = 75$  menit,  $t_3 = 90$  menit). Buah sawit yang sudah disterilisasi dilakukan pengamatan yang meliputi: kadar minyak (AOCS 2003), kadar air (AOCS, 2003) pada daging buah. Selanjutnya buah sawit dilakukan ekstraksi minyaknya menggunakan metode modifikasi Jusoh *et al.*, (2015) yaitu buah sawit dilumatkan dan dilanjutkan dengan pengepresan secara hidrolik (tekanan 1,5 bar) sampai diperoleh minyak kasarnya kemudian ditambahkan air panas 1:1 (water dilution) disaring dan diendapkan. Selanjutnya minyak yang berada di bagian atas diambil untuk dianalisis yang meliputi: profil asam lemak (AOCS, 2003), asam lemak bebas (AOCS, 2003), angka peroksida (AOCS, 2003), angka iodin (AOCS, 2003), DOBI (MPOB, 2006), karoten (MPOB, 2006), potensi rendemen (Naibaho, 1998; Zu *et al.*, 2012). Untuk analisis profil asam lemak hanya dilakukan untuk kondisi proses sterilisasi yang terendah, sedang dan tertinggi pada semua formulasi tingkat kemasakan buah sawit.

Penelitian ini dilakukan 3 kali ulangan sehingga diperoleh  $3 \times 3 \times 3 \times 3 = 81$  satuan eksperimen. Data hasil analisis dilakukan uji statistik ANOVA dan jika ada beda nyata dilanjutkan uji Duncan 5% (Gomez. and Gomez, 1984). Analisis data menggunakan SPSS versi 25.



Gambar 12. Bagan alir Penelitian (Kajian II)

### C. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa formulasi tingkat kemasakan buah sawit dan kondisi proses sterilisasi menyebabkan perubahan karakteristik minyak sawit terdiri kadar karoten, DOBI, asam lemak bebas, angka iodin, kadar air mesokarp, kadar minyak mesokarp, angka peroksida, profil asam lemak, potensi rendemen. Untuk indikator kualitas minyak sawit mentah (CPO) mengacu SNI-01-2901-2006, sedangkan SNI 7709:2019 diperuntukan minyak goreng sawit.

#### 1. Kadar Karoten

Minyak sawit mempunyai warna merah jingga yang merupakan pigmen karotenoid dan sebagian besar terdiri atas beta-karoten. Karoten merupakan sumber pro-vitamin A yang tinggi. Tinggi rendahnya kandungan karoten dalam minyak sawit dapat dijadikan indikator kualitas minyak sawit. Adanya proses pengolahan menggunakan suhu dan waktu serta tingkat kemasakan tandan buah sawit kemungkinan dapat mempengaruhi perubahan kandungan karoten di dalamnya. Berdasarkan hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa faktor formulasi tingkat kemasakan buah sawit (F), suhu sterilisasi (T), waktu sterilisasi buah sawit berpengaruh terhadap kadar karoten, tetapi tidak ada interaksi secara signifikan dan hasil uji jarak berganda Duncan (DMRT) dapat dilihat pada lampiran 12.

Pada formulasi tingkat kemasakan tandan buah sawit yaitu persentase tingkat kemasakan 90 % dan lewat masak 10% (F1), persentase tingkat kemasakan 95 % dan lewat masak 5 % (F2), persentase tingkat kemasakan 100 % tanpa ada buah lewat masak (F3) menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu (90–120°C) dan semakin lama waktu sterilisasi (60-90 menit) mengakibatkan penurunan kadar karoten pada minyak sawit. Perlakuan suhu 90 dan 105°C hasilnya tidak berbeda, sedangkan antara waktu sterilisasi 60, 75 dan 90 menit ada perbedaan yang signifikan. Perlakuan dengan hasil kadar karoten tertinggi yaitu pada kondisi sterilisasi T1t1 yaitu suhu sterilisasi 90°C dan lama waktu sterilisasi 60 menit diperoleh kadar karoten sebesar 505,50 ppm dan perlakuan yang kadar karotennya terendah yaitu T3t3 (suhu sterilisasi 120°C dan lama waktu 90 menit) dengan hasil kadar karoten 402,32 ppm.

Pada formulasi persentase kemasakan buah sawit 95% dan lewat masak 5% (F2), menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu proses sterilisasi (90–120°C), menjadikan kandungan karoten minyak sawit semakin rendah dan semakin lama



waktu sterilisasi buah sawit (60 - 90 menit) juga terjadi penurunan kadar karoten pada minyak sawit. Pada perlakuan suhu sterilisasi 105 dan 120°C hasilnya sama secara statistik, tetapi berbeda dengan perlakuan pada suhu 90°C. Sedangkan antara waktu sterilisasi 60, 75 dan 90 menit ada perbedaan yang signifikan terhadap perubahan kadar karoten. Kombinasi perlakuan suhu dan waktu proses sterilisasi dengan hasil kadar karoten tertinggi diperoleh pada T1t1 yaitu suhu sterilisasi 90°C dan lama waktu sterilisasi 60 menit kadar karoten sebesar 508,89 ppm dan yang terendah pada T3t3 (suhu sterilisasi 120°C dan lama waktu 90 menit) dengan hasil kadar karoten 438,27 ppm, pada kadar karoten tersebut sudah tidak memenuhi standar industri (Standar Malaysia 474-589 ppm; Codex, Stan 210-1999=500 ppm).

Pada formulasi F3 (persentase kemasakan 100 % dan lewat masak 0 %), menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu (90-120 °C), maka kandungan karoten minyak sawit semakin rendah dan semakin lama waktu sterilisasi (60 - 90 menit) juga terjadi penurunan kadar karoten pada minyak sawit. Perlakuan suhu 90, 105, 120°C dan waktu sterilisasi 60, 75 dan 90 menit hasil kadar karoten juga ada perbedaan yang signifikan. Hasil kadar karoten tertinggi pada formulasi F2 yaitu dengan kondisi suhu sterilisasi 90°C dan lama waktu sterilisasi 60 menit diperoleh kadar karoten sebesar 511,36 ppm dan yang terendah pada suhu sterilisasi 120°C dan lama waktu 90 menit dengan hasil kadar karoten 464,55 ppm (lampiran 12).

Penurunan kadar karoten terjadi dengan semakin tingginya suhu. Hal ini disebabkan akibat rusaknya karoten karena terdegradasi atau mengalami kerusakan akibat suhu dan tekanan yang tinggi, sehingga warna merah atau jingga menjadi pudar. Semakin lamanya waktu sterilisasi maka kontak antara bahan (senyawa karoten) dengan temperatur dan tekanan yang tinggi juga berlangsung lama, dengan semakin lamanya kontak maka degradasi atau kerusakan karoten juga semakin tinggi.

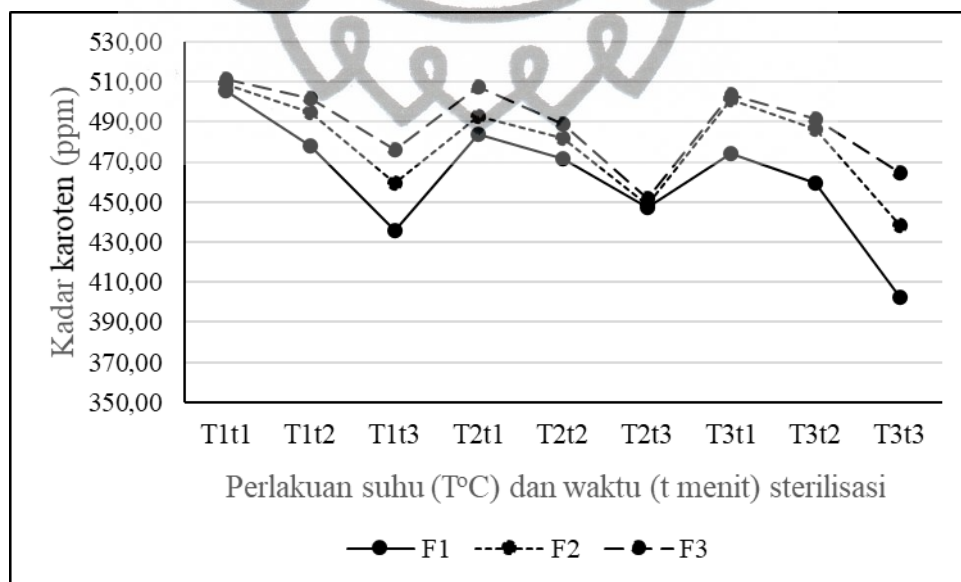
Sutan *et al.*, (2016); Sarah *et al.*, (2018); Sivasothy *et al.*, (2005) karoten sebagai zat warna alami dapat mengalami degradasi atau kerusakan akibat adanya perlakuan fisik misalnya suhu, tekanan dan penyimpanan dalam pengolahan. Semakin suhunya tinggi dan semakin lama kontakannya (transfer panas) maka proses degradasi karoten juga semakin tinggi. Hal tersebut terbukti dari hasil penelitian yang ditunjukkan pada lampiran 12.

*commit to user*

Sedangkan untuk mengetahui tren tinggi rendahnya kadar karoten pada faktor formulasi tingkat kemasakan (F), suhu sterilisasi (T) dan waktu proses sterilisasi (t) dapat dilihat pada gambar 13.

Berdasarkan analisis keragaman (ANOVA) kadar karoten pada kombinasi faktor formulasi tingkat kemasakan (F), suhu sterilisasi (T) dan waktu proses sterilisasi (t) menunjukkan tidak ada interaksi dari ketiga faktor tersebut (lampiran 12), namun kadar karoten pada perlakuan formulasi tingkat kemasakan (F3) yaitu persentase TBS yang masak 100 % dan yang lewat masak 0 % diperoleh kadar karoten yang paling tinggi dibandingkan dengan yang F1 dan F2 pada semua kondisi proses sterilisasi (variasi suhu dan waktu proses sterilisasi). Lebih jelas dapat dilihat pada gambar 13, bahwa pada formulasi tingkat kemasakan F3 selalu menunjukkan kadar karoten yang tertinggi.

Tingginya kadar karoten pada formulasi F3 dibandingkan yang F2 dan F1 ini dikarenakan 100 % TBS yang diproses sterilisasi kondisinya masak optimal sehingga walaupun ada degradasi karoten jumlah yang terkandung masih tinggi. Sedangkan yang formulasinya terdapat buah yang lewat masak (F1 dan F2), maka tingkat kerusakan karoten yang ada akan lebih tinggi akibat degradasi karoten lebih cepat.



Gambar 13. Hubungan formulasi tingkat kemasakan, suhu dan waktu sterilisasi buah sawit terhadap kadar karoten

Buah yang sudah lewat masak maka mesokarpnya lebih lunak sehingga lebih cepat dan mudah terjadi transfer panasnya yang di dalam mesokarp ini terdapat

karoten, sehingga kontak antara karoten dengan sumber panas lebih intensif akibatnya degradasi karoten semakin tinggi. Hal ini didukung Tan *et al.*, (2017); Ali *et al.*, (2014); Amata and Ozuor (2013) adanya transfer panas ke karoten dapat menyebabkan kerusakan karoten sehingga kandungannya semakin menurun.

## 2. DOBI (*Deterioration of Bleachability Index*)

Nilai DOBI merupakan salah satu indikator kualitas minyak sawit kasar (CPO). Nilai DOBI berhubungan dengan tingkat kerusakan oksidasi dari minyak sawit. Semakin rendah nilainya (range 1-4) maka tingkat oksidasinya semakin tinggi, sebaliknya semakin tinggi nilainya (maksimal 4) maka kerusakan akibat oksidasi semakin rendah. Selain itu DOBI ini juga berhubungan dengan tingkat pemucatan, mudah tidaknya proses pemurnian di unit industri turunan minyak kelapa sawit yaitu *refinery dan fraksinasi*.

Adanya proses pengolahan menggunakan suhu dan waktu serta formulasi tingkat kemasakan buah sawit yang bervariasi dapat mempengaruhi perubahan nilai DOBI. Berdasarkan hasil penelitian hasil analisis keragaman (ANOVA) dari nilai DOBI minyak sawit yang dihasilkan (lampiran 12), terlihat bahwa faktor formulasi tingkat kemasakan buah sawit (F), suhu sterilisasi (T), waktu sterilisasi (t) buah sawit berpengaruh terhadap nilai DOBI, tetapi tidak ada interaksi secara signifikan dari ketiga faktor  $F \times T \times t$  tersebut. Selanjutnya hasil uji duncan (DMRT) masing-masing formulasi tingkat kemasakan tandan buah sawit (F) yaitu persentase tingkat kemasakan 90 % dan lewat masak 10% (F1), persentase tingkat kemasakan 95 % dan lewat masak 5 % (F2), persentase tingkat kemasakan 100 % tanpa ada buah lewat masak (F3) menunjukkan bahwa formulasi tingkat kemasakan F1, F2, F3 ada perbedaan yang signifikan (lampiran 12). Semakin tinggi suhu dan lama sterilisasi maka nilai DOBI minyak sawit semakin menurun.

Pada formulasi tingkat kemasakan F1 (persentase kemasakan 90 % dan lewat masak 10 %), menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu sterilisasi (90-120 °C), maka nilai DOBI minyak sawit semakin rendah dan semakin lama waktu sterilisasi (60 - 90 menit) terjadi penurunan nilai DOBI pada minyak sawit. Pada perlakuan suhu sterilisasi 90 dan 105°C hasilnya sama, tetapi dengan suhu sterilisasi 120°C berbeda secara signifikan. Untuk kombinasi perlakuan, hasil nilai DOBI tertinggi diperoleh pada kondisi sterilisasi T1t1 yaitu suhu sterilisasi 90°C dan lama waktu sterilisasi 60

menit nilai DOBI sebesar 2,71 dan yang terendah pada perlakuan T3t3 (suhu sterilisasi 120°C dan lama waktu 90 menit) dengan hasil nilai DOBI 2,34.

Pada formulasi F2 yaitu persentase kemasakan buah sawit 95 % dan lewat masak 5 % (F2), menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu proses sterilisasi (90 – 120 °C), menjadikan nilai DOBI minyak sawit semakin rendah dan semakin lama waktu sterilisasi buah sawit (60 - 90 menit) juga terjadi penurunan nilai DOBI pada minyak sawit yang dihasilkan. Hasil analisis keragaman (ANOVA) kedua perlakuan juga menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan. Hasil uji DMRT pada perlakuan antara suhu sterilisasi 90, 105 dan 120°C dan antara waktu sterilisasi 60, 75 dan 90 menit ada perbedaan yang signifikan terhadap perubahan nilai DOBI minyak sawit yang dihasilkan (lampiran 12). Untuk kombinasi perlakuan suhu dan waktu proses sterilisasi dengan hasil nilai DOBI tertinggi diperoleh pada T1t1 yaitu suhu sterilisasi 90°C dan lama waktu sterilisasi 60 menit dengan hasil nilai DOBI sebesar 3,00 dan yang terendah pada T3t3 (suhu sterilisasi 120°C dan lama waktu 90 menit) dengan hasil nilai DOBI sebesar 2,40. Nilai ini masih masuk dalam standard (minimal 2,3).

Pada formulasi F3 yaitu persentase kemasakan 100 % dan lewat masak 0 %, hasil analisis keragaman (ANOVA) menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan pada suhu dan lama sterilisasi terhadap DOBI yang dihasilkan. Semakin tinggi suhu sterilisasi (mulai 90–120°C), maka nilai DOBI minyak sawit semakin rendah dan semakin lama waktu sterilisasi (60 - 90 menit) juga terjadi penurunan nilai DOBI pada minyak sawit dihasilkan. Hasil uji DMRT, perlakuan suhu sterilisasi 90, 105 dan 120°C hasilnya menunjukkan berbeda secara signifikan. Demikian juga antara waktu sterilisasi 60, 75 dan 90 menit ada perbedaan yang signifikan (lampiran 12). Pada kombinasi perlakuan suhu sterilisasi 90°C dan lama waktu sterilisasi 60 menit menghasilkan nilai DOBI yang tertinggi yaitu sebesar 3,25 (sangat baik) dan yang terendah pada perlakuan suhu sterilisasi 120°C dan lama waktu 90 menit dengan hasil sebesar 2,47 dan masih masuk standard baik (Standard PORAM minimal 2,31).

Penurunan nilai DOBI ini terjadi akibat semakin tingginya suhu sterilisasi yang mengakibatkan rusaknya zat warna karoten karena terdegradasi atau mengalami kerusakan. Selain itu pada buah yang lewat masak daging buahnya lebih lunak sehingga karoten yang terdapat dalam minyak sawit lebih memudahkan transfer panasnya sehingga degradasi karoten menjadi warna yang lebih gelap semakin tinggi. Penurunan nilai DOBI terjadi dengan semakin tingginya suhu sterilisasi, hal

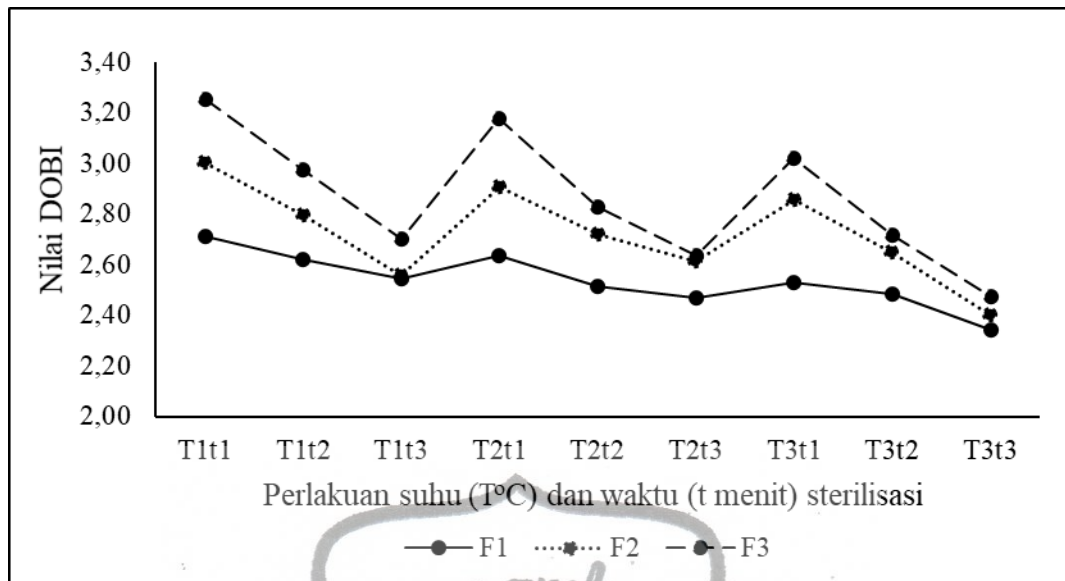


ini disebabkan akibat rusaknya zat warna di dalam mesokarp, karoten terdegradasi/terjadi proses kerusakan sehingga warna merah atau jingga yang jernih menjadi kehitaman. Hal yang sama, semakin lamanya waktu sterilisasi maka kontak antara zat warna karoten dengan suhu dan tekanan yang tinggi berlangsung juga lama, dengan semakin lamanya kontak maka degradasi atau kerusakan karoten juga semakin tinggi yang menyebabkan nilai DOBI menjadi rendah.

Sarah (2015); Jusoh *et al.*, (2013) bahwa nilai DOBI sebagai parameter yang dapat menunjukkan kerusakan zat warna karoten atau karoten mengalami degradasi diantaranya adanya perlakuan fisik misalnya suhu, tekanan dan penyimpanan dalam pengolahan atau tingkat pemucatan warna. Semakin suhunya tinggi dan semakin lama kontakannya (transfer panas) maka proses degradasi karoten juga semakin tinggi. Semakin rendah nilai DOBI maka kerusakan karoten secara oksidatif semakin tinggi juga. Namun pada buah sawit yang masih belum masak maka warna karotennya juga masih rendah sehingga nilai DOBI juga rendah. Pada hasil penelitian ini semua perlakuan menunjukkan hasil yang masih memenuhi standar baik.

Hasil penelitian nilai DOBI pada kombinasi faktor formulasi tingkat kemasakan (F), suhu sterilisasi (T) dan waktu proses sterilisasi (t) berdasarkan analisis keragaman (ANOVA) menunjukkan tidak ada interaksi yang signifikan. Berdasarkan hasil uji DMRT antara perlakuan F1 dengan F2 dan F3 nilai DOBI hasilnya menunjukkan adanya perberbedaan secara signifikan. Nilai DOBI yang tertinggi ada pada F3 yaitu pada formulasi persentase buah sawit masak 100% dan lewat masak 0%, sedangkan yang F1 dan F2 urutan lebih rendah dibawahnya. Hal ini terjadi karena ada sejumlah buah sawit yang lewat masak yaitu 10% dan 5 %, karena pada buah yang lewat masak karoten mudah terjadi kerusakan, sel minyak dalam daging buah lebih lunak sehingga transfer panas mudah terjadi termasuk dengan karoten, akibatnya karoten mudah terdegradasi. Perubahan nilai DOBI pada ketiga faktor dapat dilihat pada gambar 14., terlihat bahwa pada formulasi tingkat kemasakan F3 yaitu persentase TBS yang masak 100 % dan yang lewat masak 0 % selalu menunjukkan nilai DOBI yang tertinggi dibandingkan yang lainnya.





Gambar 14. Hubungan formulasi tingkat kemasakan, suhu dan waktu sterilisasi buah sawit dengan nilai DOBI

Pada gambar 14 terlihat nilai DOBI pada formulasi F3 tertinggi dibandingkan yang F2 dan F1, hal ini dikarenakan pada formulasi F1 bahan bakunya 100 % buah sawit yang sterilisasi kondisinya masak optimal daging buahnya lebih kuat dibanding yang lewat masak, sehingga transfer panas pada buah sawit masak lebih sulit, akibatnya walaupun ada degradasi karoten perubahan warnanya ke gelap sedikit, dengan demikian nilai DOBI masih relatif tinggi. Sedangkan pada F1 dan F2 yang formulasi buah sawitnya ada yang lewat masak (5% dan 10%), maka tingkat kerusakan lebih tinggi akibat adanya suhu dan waktu proses yang terjadi sehingga nilai DOBI lebih rendah.

Corley and Tinker (2016); Sarah dan Taib (2013) warna pada minyak sawit (karoten) akan mudah rusak secara oksidatif dan dengan adanya perlakuan suhu yang tinggi, apalagi jika mengalami kontak yang lama dan proses penyimpanan.

Hasil dari kombinasi perlakuan, nilai DOBI yang tertinggi (terbaik) pada perlakuan F3T1t1 yaitu formulasi kemasakan buah 100%, suhu sterilisasi 90°C dan waktu sterilisasi 60 menit dengan nilai DOBI 3,25 (sangat baik)

### 3. Kadar Asam Lemak Bebas (ALB)

Asam lemak bebas merupakan indikator kerusakan minyak terutama disebabkan proses hidrolisa. Semakin tinggi kadar ALB menunjukkan tingkat kerusakan minyak semakin tinggi juga. Proses hidrolisa ini ada peran dari enzim lipase untuk mempercepat kerusakannya. Adanya proses sterilisasi pada variasi suhu

dan waktu yang berbeda akan dapat mempengaruhi kadar ALB minyak sawit yang dihasilkan.

Hasil analisis keragaman (ANOVA) menunjukkan bahwa faktor formulasi tingkat kemasakan buah sawit (F), suhu sterilisasi (T), waktu sterilisasi (t) buah sawit berpengaruh terhadap kadar ALB, tetapi interaksi ketiganya  $F \times T \times t$  tidak berpengaruh secara signifikan. Selanjutnya hasil uji Duncan (DMRT) pada masing-masing formulasi tingkat kemasakan tandan buah sawit (F) yaitu persentase tingkat kemasakan 90 % dan lewat masak 10% (F1), persentase tingkat kemasakan 95 % dan lewat masak 5 % (F2), persentase tingkat kemasakan 100 % tanpa ada buah lewat masak (F3), menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan. Semakin tinggi suhu sterilisasi maka kadar ALB minyak sawit semakin tinggi. Semakin lama waktu sterilisasi sampai 90 menit juga terjadi peningkatan kadar ALB pada minyak sawit yang dihasilkan (lampiran 12).

Pada formulasi tingkat kemasakan F1 (persentase kemasakan 90 % dan lewat masak 10 %), menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu sterilisasi (90–120°C), maka kadar ALB minyak sawit semakin tinggi (rerata sampai 3,66%) dan semakin lama waktu sterilisasi (60 - 90 menit) terjadi peningkatan kadar ALB pada minyak sawit (rerata mencapai 3,99%). Pada perlakuan suhu sterilisasi 90, 105 dan 120 °C hasilnya ada perbedaan yang signifikan, demikian juga pada waktu lama sterilisasi juga terjadi perbedaan secara signifikan. Perlakuan dengan kadar ALB tertinggi diperoleh pada suhu sterilisasi 120°C dan lama waktu sterilisasi 90 menit dengan hasil kadar ALB sebesar 4,43% dan yang terendah pada perlakuan suhu sterilisasi 90°C dan lama waktu 60 menit dengan hasil kadar ALB sebesar 2,81% (Standard SNI maksimal 5% dan PORAM maksimal 5%).

Pada formulasi persentase kemasakan buah sawit 95 % dan lewat masak 5 % (F2), menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu proses sterilisasi (90 – 120 °C), menjadikan kadar asam lemak minyak sawit semakin tinggi dan semakin lama waktu sterilisasi buah sawit (60 - 90 menit) juga terjadi peningkatan ALB pada minyak sawit. Hasil analisis keragaman (ANOVA) faktor suhu dan lama sterilisasi pada formulasi F2 terhadap kadar ALB menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan. Setelah di uji DMRT untuk perlakuan antara suhu sterilisasi 90 ,105 dan 120°C tidak ada perbedaan secara signifikan. Pada waktu sterilisasi 60, 75 menit hasilnya tidak berbeda tetapi dengan waktu 90 menit ada perbedaan yang signifikan terhadap perubahan kadar ALB

minyak sawit yang dihasilkan. Untuk kombinasi perlakuan suhu dan waktu proses sterilisasi dengan hasil kadar ALB tertinggi diperoleh pada suhu sterilisasi 120°C dan lama waktu sterilisasi 90 menit dengan hasil kadar ALB sebesar 3,44% dan yang terendah pada suhu sterilisasi 90°C dan lama waktu 60 menit dengan hasil kadar ALB sebesar 2,79%.

Pada formulasi F3 yaitu persentase kemasakan 100 % dan lewat masak 0 %), berdasar analisis keragaman (ANOVA) menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan. Semakin tinggi suhu sterilisasi (mulai 90 – 120 °C), maka kadar ALB minyak sawit hasilnya tidak berbeda signifikan, antara waktu sterilisasi 60, 75, 90 menit ada perbedaan yang signifikan terhadap minyak sawit yang dihasilkan. Kombinasi perlakuan suhu sterilisasi 90°C dan lama waktu sterilisasi 60 menit (T1t1) menghasilkan kadar ALB yang terendah sebesar 2,75 % dan yang tertinggi pada suhu sterilisasi 120°C dan lama waktu 90 menit dengan hasil kadar ALB sebesar 3,77 % (target pabrik maksimal 3,5% dan SNI maksimal 5%).

Peningkatan kadar ALB ini terjadi akibat semakin tingginya suhu sterilisasi maka kadar asam lemak bebas (ALB) minyak sawit CPO terjadi peningkatan, hal ini disebabkan minyak sawit dalam mesokarp mengalami kerusakan terutama hidrolisis yang akhirnya terbentuk asam lemak bebas. Kerusakan ini juga terjadi adanya kerusakan oksidatif karena perlakuan suhu yang tinggi. Semakin lama waktu sterilisasi maka kontak antara minyak sawit dengan suhu dan tekanan yang digunakan ini juga berlangsung juga lama, dengan demikian akan terjadi proses kerusakan minyak sawit yang semakin tinggi juga yang ditandai dengan hasil kadar ALB yang semakin tinggi. Krisdiarto dan Sutiarto (2016) semakin kadar ALB tinggi menunjukkan kerusakan minyak terutama hidrolisis semakin besar juga.

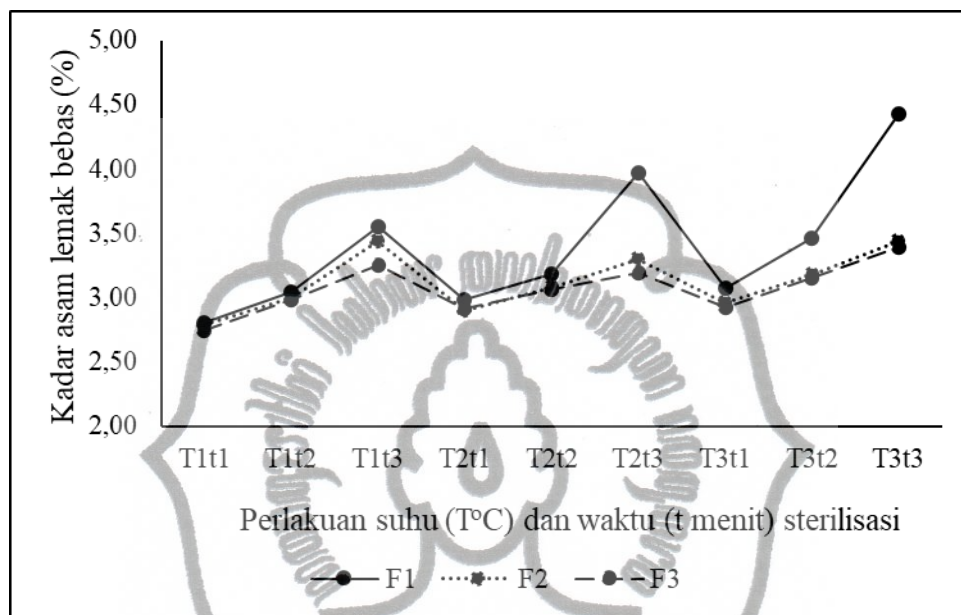
Basyuni *et al.*, (2017); Noerhidajat *et al.*, (2016); Tagoe *et al.*, (2012) minyak dapat mengalami kerusakan baik secara hidrolisis ataupun oksidasi dan dengan adanya perlakuan fisik yaitu suhu, tekanan dan penyimpanan dalam pengolahan akan menyebabkan kerusakan yang menghasilkan asam lemak bebas (ALB). Semakin tinggi suhu dan semakin lama kontakannya (transfer panas) maka proses degradasi minyak akibat proses hidrolisis juga semakin tinggi.

Lukito dan Sudradjat (2017); Angelo *et al.*, (2009) kadar ALB yang rendah menunjukkan kerusakan minyaknya rendah juga terutama akibat proses hidrolisis.

*commit to user*

Untuk tandard kadar ALB minyak pabrik maksimal 3,5 % dan standard di pasaran dunia maksimal 5%.

Perubahan kadar ALB pada ketiga faktor lebih jelas terlihat seperti pada gambar 314, terlihat bahwa pada formulasi tingkat kemasakan F3 yaitu persentase TBS yang masak 100 % dan yang lewat masak 0 % selalu menunjukkan kadar ALB yang terendah dibandingkan yang lainnya.



Gambar 15. Hubungan formulasi tingkat kemasakan, suhu dan waktu sterilisasi buah sawit dengan kadar asam lemak bebas.

Hasil penelitian pada perlakuan suhu sterilisasi 90°C dan waktu 60 menit menunjukkan kadar ALB yang terendah (paling baik) dan memenuhi standard pabrik maupun pasaran dunia. Kombinasi faktor formulasi tingkat kemasakan (F), suhu sterilisasi (T) dan waktu proses sterilisasi (t) berdasar analisis keragaman ada pengaruh yang signifikan. Hasil uji DMRT antara perlakuan F1 dengan F2 dan F3 terhadap kadar ALB hasilnya berbeda secara signifikan dan nilai yang tertinggi ada pada F1 (3,39 %) yaitu pada formulasi persentase buah sawit masak 90% dan lewat masak 10 %.

Kadar ALB yang rendah pada formulasi F3 dibandingkan yang F2 dan F1 ini dikarenakan 100%TBS dan tidak ada yang lewat masak, sedangkan yang formulasinya ada yang lewat masak (F1 dan F2), maka ALB yang terkandung lebih tinggi dan lebih mudah mengalami kerusakan baik secara hidrolisis ataupun oksidasi adanya suhu dan waktu proses sterilisasi. Noerhidajat *et al.*, (2016); Tagoe *et al.*,



(2012), perubahan ALB dapat terjadi karena perbedaan tingkat kemasakan buah, yang lewat masak ada sebagian minyak yang terhidrolisis menjadi asam lemak bebas.

Sedangkan untuk hasil penelitian, kombinasi perlakuan yang menunjukkan hasil yang terbaik adalah yang terendah yaitu pada F3T1t1 dengan kadar ALB 2,75 %. Sedangkan kadar ALB pada semua kombinasi perlakuan masih dalam standard (SNI dan PORAM maksimal 5 %), namun tidak semua kombinasi perlakuan kadar ALB memenuhi target standard pabrik kelapa sawit (maksimal 3,0 - 3,5 %).

#### 4. Angka Iodin

Angka iodin atau *Iodine value* digunakan untuk mengetahui tingkat ketidakjenuhan dari asam lemak penyusun minyak, termasuk minyak sawit. Hasil analisis keragaman (ANOVA) angka iodin minyak sawit menunjukkan bahwa faktor formulasi tingkat kemasakan (F), suhu sterilisasi (T), waktu sterilisasi buah sawit berpengaruh terhadap angka iodin, tetapi faktor F, T, t tidak ada interaksi atau tidak berpengaruh secara signifikan. Selanjutnya hasil uji jarak berganda Duncan (DMRT) pada jenjang 5 % menunjukkan ada perbedaan yang signifikan terhadap angka iodin. Formulasi tingkat kemasakan F1, F2, F3, menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu sterilisasi dan semakin lama waktu sterilisasi sampai 90 menit terjadi penurunan angka iodin pada minyak sawit (lampiran 12).

Pada formulasi tingkat kemasakan F1 (persentase kemasakan 90 % dan lewat masak 10 %), menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu sterilisasi (90 – 120 °C), maka angka iodin minyak sawit semakin rendah dan semakin lama waktu sterilisasi (60 - 90 menit) terjadi penurunan angka iodin pada minyak sawit. Hasil uji DMRT ( $\alpha = 0,05$ ) pada perlakuan suhu sterilisasi 90, 105, 120°C hasilnya berbeda signifikan, demikian juga pada perlakuan waktu lama sterilisasi antara 60,75 dan 90 menit hasilnya juga ada perbedaan secara signifikan. Sedangkan kombinasi perlakuan dengan hasil angka iodin tertinggi pada perlakuan suhu sterilisasi 90°C dan lama waktu sterilisasi 60 menit hasilnya angka iodin sebesar 50,30 dan yang terendah pada suhu sterilisasi 120°C dan lama waktu 90 menit dengan hasil angka iodin sebesar 47,08.

Pada formulasi persentase kemasakan buah sawit 95 % dan lewat masak 5 % (F2), menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu proses sterilisasi (90–120 °C), menjadikan angka iodin minyak sawit semakin rendah dan semakin lama waktu sterilisasi buah sawit (60-90 menit) juga terjadi penurunan angka iodin pada minyak sawit.



Berdasarkan uji keragaman (ANOVA), pada tingkat kemasakan F2, faktor suhu dan lama sterilisasi berpengaruh terhadap angka iodin. Hasil uji DMRT pada perlakuan suhu sterilisasi 90 dan 105°C hasilnya tidak berbeda, tetapi berbeda dengan perlakuan pada suhu 120°C. Sedangkan antara waktu sterilisasi 60 dengan 75 menit dan 75 dengan 90 menit tidak ada perbedaan yang signifikan terhadap perubahan angka iodin. Kombinasi perlakuan suhu dan waktu proses sterilisasi pada formulasi F2 diperoleh hasil angka iodin tertinggi pada suhu sterilisasi 90°C dan lama waktu sterilisasi 60 menit dengan hasil sebesar 50,58 dan yang terendah pada suhu sterilisasi 120°C dan lama waktu 90 menit dengan hasil angka iodin sebesar 48,57 (lampiran 12).

Pada formulasi F3 yaitu persentase kemasakan 100 % dan lewat masak 0 % berdasarkan analisis keragaman (ANOVA) menunjukkan bahwa ada pengaruh yang signifikan terhadap angka iodin. Semakin tinggi suhu sterilisasi (mulai 90 – 120 °C), maka angka iodin minyak sawit semakin rendah dan semakin lama waktu sterilisasi (60 - 90 menit) juga terjadi penurunan angka iodin pada minyak sawit. Hasil uji DMRT ( $\alpha = 0,05$ ) menunjukkan pada perlakuan suhu sterilisasi 105 dengan 120°C hasilnya tidak berbeda, tetapi dengan suhu 90°C berbeda secara signifikan. Demikian juga antara waktu sterilisasi 60 dengan 75 menit tidak berbeda tetapi dengan waktu sterilisasi 90 menit ada perbedaan yang signifikan. Pada kombinasi perlakuan suhu dan waktu pada T1t1 yaitu suhu sterilisasi 90°C dan lama waktu sterilisasi 60 menit menghasilkan angka iodin yang tertinggi yaitu sebesar 51,05 (sangat baik) dan yang terendah pada T3t3 (suhu sterilisasi 120°C dan lama waktu 90 menit) dengan hasil sebesar 48,75.

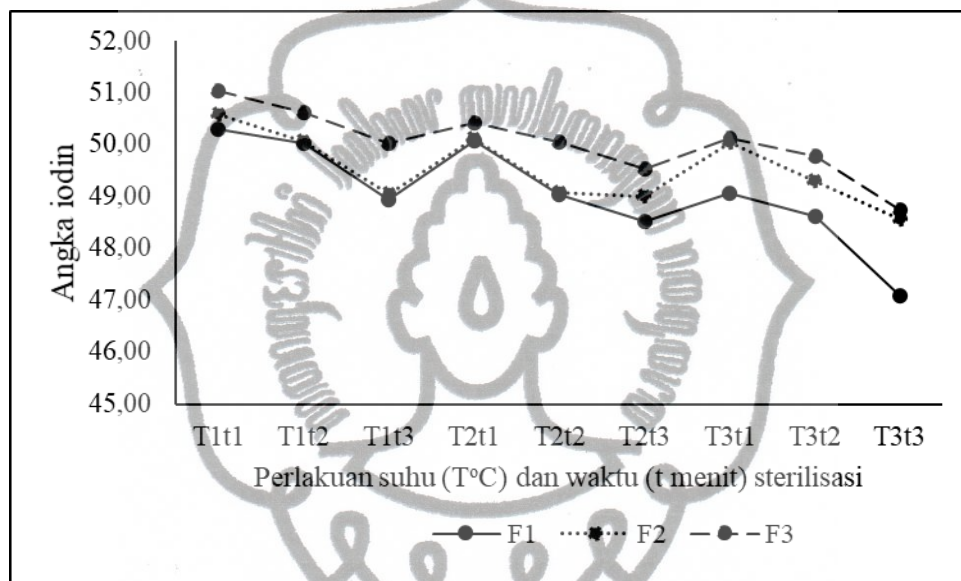
Penurunan angka iodin ini terjadi akibat semakin tingginya suhu sterilisasi yang mengakibatkan rusaknya minyak terutama asam lemak tidak jenuh karena proses oksidasi. Demikian juga dengan semakin lamanya waktu sterilisasi maka kontak antara minyak dalam daging buah dengan suhu dan tekanan yang tinggi berlangsung semakin lama, dengan semakin lamanya kontak maka kerusakan oksidatif asam lemak jenuh juga semakin tinggi, akibatnya terjadi penurunan angka iodin.

Menurut Sharif *et al.*, (2017) dan Lee and Ong (1986) asam lemak tidak jenuh akan lebih mudah mengalami kerusakan akibat proses oksidasi sehingga jumlah asam lemak tidak jenuh dalam minyak sawit berkurang yang dapat dilihat dari angka iodin.

*commit to user*

Angka iodine yang rendah menunjukkan kerusakan asam lemak tidak jenuh pada minyak sawit tinggi dan untuk standard angka iodine minyak sawit adalah minimal 50 (Zu *et al.*, 2012). Hasil penelitian pada perlakuan suhu sterilisasi 90°C dan waktu 60 menit menunjukkan angka iodine yang tertinggi (paling baik) dengan angka iodine sebesar 51,05.

Perubahan angka iodine pada ketiga faktor lebih jelas terlihat seperti pada gambar 16, terlihat bahwa pada F3 yaitu persentase TBS yang masak 100 % dan yang lewat masak 0 % selalu menunjukkan angka iodine yang tertinggi dibandingkan yang lainnya.



Gambar 16. Hubungan formulasi tingkat kemasakan, suhu dan waktu sterilisasi buah sawit dengan angka iodine.

Pada gambar 16 terlihat angka iodine yang tinggi pada formulasi F3 dibandingkan yang F2 dan F1 ini dikarenakan 100% TBS dan tidak ada yang lewat masak, sedangkan yang formulasinya ada yang lewat masak (F1 dan F2) maka angka iodine yang terkandung lebih rendah dan sebagian juga sudah mengalami kerusakan oksidasi pada asam lemak tidak jenuh yang menyusun minyak sawit karena adanya suhu tinggi dan waktu proses sterilisasi yang lebih lama.

Berdasarkan analisis keragaman (ANOVA) pada kombinasi faktor formulasi tingkat kemasakan (F), suhu sterilisasi (T) dan waktu proses sterilisasi (t). tidak ada interaksi yang signifikan. Berdasarkan uji DMRT ( $\alpha = 0,05$ ) antara perlakuan F1 dengan F2 dan F3 hasilnya berbeda secara signifikan dan nilai yang tertinggi ada pada F3 yaitu pada formulasi persentase buah sawit masak 100% dan lewat masak 0 %

sebesar 50,04 dibanding F2 dan F1. Pada buah yang lewat masak daging buahnya relatif lunak sehingga transfer panas lebih cepat dan mudah terjadi dalam daging buah sehingga reaksi oksidasi semakin tinggi, akibatnya asam lemak tidak jenuhnya berkurang.

Namun apabila dilihat angkanya hasil yang terbaik adalah yang tertinggi yaitu pada F3T1t1 dengan angka iodin 51,05. Sedangkan angka iodin pada semua kombinasi perlakuan masih dalam standard (SNI 50-55), namun tidak semua kombinasi perlakuan angka iodin memenuhi standard.

## 5. Kadar Air

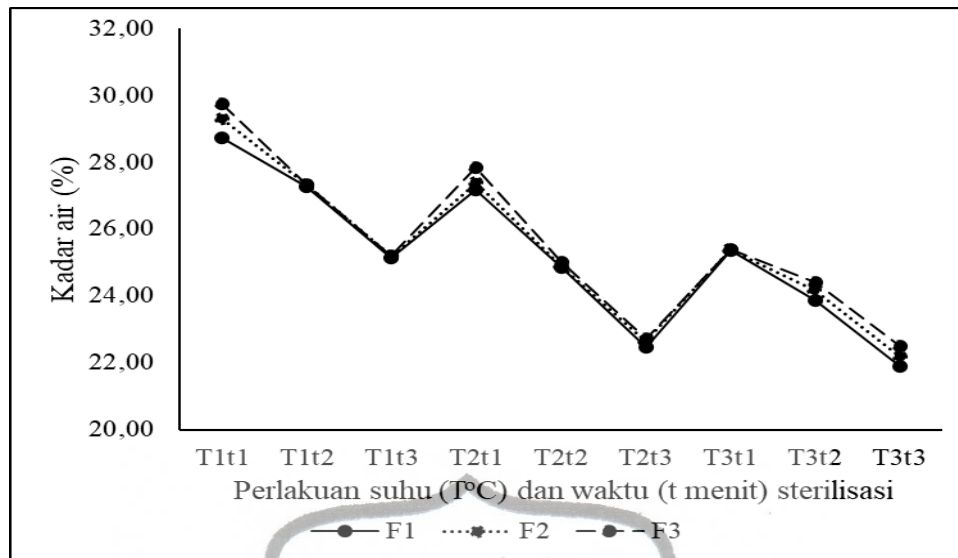
Analisis kadar air ini dilakukan pada daging buah kelapa sawit setelah dilakukan perlakuan proses sterilisasi. Kandungan air pada mesokarp dapat terjadi perubahan akibat proses sterilisasi. Hasil analisis keragaman (ANOVA) kadar air menunjukkan bahwa faktor formulasi tingkat kemasakan buah sawit (F), suhu sterilisasi (T), waktu sterilisasi (t) buah sawit berpengaruh signifikan terhadap kadar air pada minyak sawit mentah yang dihasilkan, tetapi interaksi ketiganya FxTxT tidak berpengaruh secara signifikan. Selanjutnya hasil uji Duncan (DMRT) pada masing-masing formulasi tingkat kemasakan tandan buah sawit (F) yaitu persentase tingkat kemasakan 90 % dan lewat masak 10% (F1), persentase tingkat kemasakan 95 % dan lewat masak 5 % (F2), persentase tingkat kemasakan 100 % tanpa ada buah lewat masak (F3) juga menunjukkan ada perbedaan yang signifikan (lampiran 12). Pada formulasi tingkat kemasakan F1, F2, F3, menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu semakin lama waktu sterilisasi terjadi penurunan kadar air pada daging buah sawit yang dihasilkan.

Pada formulasi tingkat kemasakan F1 (persentase kemasakan 90 % dan lewat masak 10 %), menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu sterilisasi (90 – 120 °C), maka kadar air buah sawit semakin rendah dan semakin lama waktu sterilisasi (60 - 90 menit) terjadi penurunan kadar air pada buah sawit. Pada perlakuan suhu sterilisasi antar perlakuan hasilnya tidak ada perbedaan secara signifikan, sedangkan pada perlakuan waktu sterilisasi antara 60, 75 dan 90 menit ada perbedaan yang signifikan. Untuk kombinasi perlakuan dengan hasil kadar air tertinggi pada suhu sterilisasi 90°C dan lama waktu sterilisasi 60 menit kadar air pada daging buah sawit sebesar 28,73 % dan yang terendah pada suhu sterilisasi 120°C dan lama waktu 90 menit dengan kadar air sebesar 21,9 %.

Pada formulasi persentase kemasakan buah sawit 95 % dan lewat masak 5 % (F2), menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu proses sterilisasi (90–120 °C), menjadikan kadar air buah sawit semakin rendah dan semakin lama waktu sterilisasi buah sawit (60 - 90 menit) juga terjadi penurunan kadar air mesokarp buah sawit. Pada perlakuan suhu sterilisasi 90, 105 dan 120 °C hasilnya tidak berbeda signifikan, tetapi pada perlakuan waktu sterilisasi 60, 75, 90 menit ada perbedaan yang signifikan terhadap perubahan kadar air. Kombinasi perlakuan suhu dan waktu proses sterilisasi dengan hasil kadar air tertinggi diperoleh pada suhu sterilisasi 90°C dan lama waktu sterilisasi 60 menit dengan hasil sebesar 29,28 % dan yang terendah pada suhu sterilisasi 120°C dan lama waktu 90 menit dengan hasil kadar air sebesar 22,15 %.

Pada formulasi tingkat kemasakan F1 (persentase kemasakan 90 % dan lewat masak 10 %), menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu sterilisasi (90 – 120 °C), maka kadar air buah sawit semakin rendah dan semakin lama waktu sterilisasi (60 - 90 menit) terjadi penurunan kadar air pada daging buah sawit. Hasil uji DMRT pada perlakuan suhu sterilisasi antar perlakuan hasilnya tidak ada perbedaan secara signifikan, sedangkan pada perlakuan waktu sterilisasi antara 60, 75 dan 90 menit ada perbedaan yang signifikan terhadap kadar air (lampiran 12). Untuk kombinasi perlakuan dengan hasil kadar air tertinggi pada T1t1 yaitu suhu sterilisasi 90°C dan lama waktu sterilisasi 60 menit kadar air buah sawit sebesar 29,76 % dan yang terendah pada T3t3 (suhu sterilisasi 120°C dan lama waktu 90 menit) dengan kadar air sebesar 22,50 %.

Pada gambar 17 menunjukkan bahwa pada formulasi tingkat kemasakan F3 yaitu persentase TBS yang masak 100 % dan yang lewat masak 0 % selalu menunjukkan kadar air yang tertinggi dibandingkan yang F1 maupun F2.



Gambar 17. Hubungan formulasi tingkat kematangan, suhu dan waktu Sterilisasi buah sawit dengan kadar air buah kelapa sawit.

Adanya transfer panas ke bahan yang mempunyai kandungan air maka dapat terjadi proses penguapan yang akan dapat mempengaruhi perubahan kadar air di dalamnya. Termasuk adanya proses sterilisasi yang menggunakan temperatur tinggi dalam waktu yang lama maka dapat mempengaruhi kandungan air dalam mesokarp/daging buah sawit, termasuk komponen lainnya dalam daging buah sawit (Kumaradevan *et al.*, 2015; Shamsudin *et al.*, 2012; Sitepu, 2011).

## 6. Kadar Minyak (%TBS)

Kandungan minyak dalam daging buah dipengaruhi tingkat kematangan, kondisi proses pengolahan termasuk tahapan proses sterilisasi yang menggunakan steam dengan suhu dan tekanan yang cukup tinggi. Hasil analisis keragaman (ANOVA) kadar minyak akibat perlakuan proses sterilisasi pada formulasi tingkat kematangan buah sawit (F), suhu sterilisasi (T) dan waktu lama proses sterilisasi (t) menunjukkan ada pengaruh signifikan dan ada interaksi dari ketiga faktor F, T, t tersebut secara signifikan. Kemudian hasil uji jarak berganda Duncan (DMRT) pada jenjang 5 %, menunjukkan antar perlakuan ada perbedaan yang signifikan. Pada formulasi tingkat kematangan F1, F2, F3, menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu dan semakin lama waktu sterilisasi terjadi penurunan kadar minyak sawit.

Hasil uji DMRT pada perlakuan suhu sterilisasi antar perlakuan suhu 90 dengan 105°C hasilnya tidak ada perbedaan yang signifikan tetapi dengan 120°C ada perbedaan yang signifikan, demikian juga pada perlakuan waktu sterilisasi antara



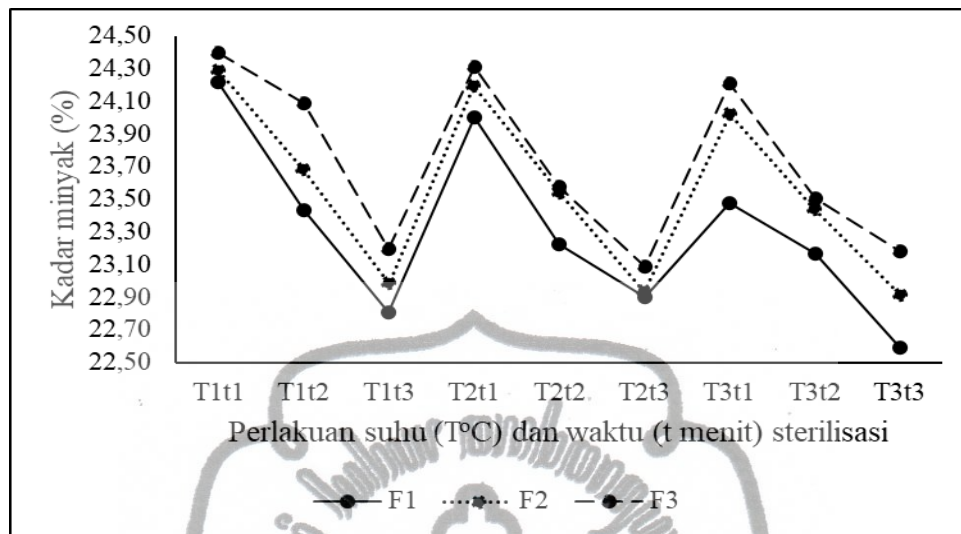
pada waktu 60, 75 dan 90 menit ada perbedaan yang signifikan. Untuk kombinasi perlakuan dengan hasil kadar minyak tertinggi pada suhu sterilisasi 90°C dan lama waktu sterilisasi 60 menit kadar minyak buah sawit sebesar 24,22 % dan yang terendah pada suhu sterilisasi 120°C dan lama waktu 90 menit dengan kadar minyak sebesar 22,59 %.

Pada formulasi tingkat kemasakan F1 dengan persentase kemasakan 90 % dan lewat masak 10 %, menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu sterilisasi, maka kadar minyak buah sawit semakin rendah (rerata 23,46%) dan semakin lama waktu sterilisasi terjadi penurunan kadar minyak pada buah sawit (rerata 22,94%). Pada perlakuan suhu sterilisasi antar perlakuan suhu 90 dengan 105°C hasilnya antara suhu 90°C dengan 105°C tidak ada perbedaan yang signifikan tetapi dengan 120°C ada perbedaan yang signifikan. Untuk perlakuan waktu sterilisasi antara 60, 75 dan 90 menit ada perbedaan yang signifikan. Kombinasi perlakuan dengan hasil kadar minyak tertinggi diperoleh pada suhu sterilisasi 90°C dan lama waktu sterilisasi 60 menit sebesar 24,28 % dan yang terendah pada suhu sterilisasi 120°C dan lama waktu 90 menit sebesar 22,91 % (lampiran 12).

Selanjutnya pada perlakuan formulasi tingkat kemasakan F3 dengan persentase kemasakan 100 % dan lewat masak 0 %, menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu sterilisasi, maka kadar minyak buah sawit semakin rendah sampai 23,53 % dan semakin lama waktu sterilisasi terjadi penurunan kadar minyak pada buah sawit sampai 23,16 %. Hasil uji DMRT kadar minyak pada suhu sterilisasi 105°C dengan 120 °C tidak ada perbedaan secara signifikan tetapi dengan suhu 90°C ada perbedaan secara signifikan, sedangkan waktu sterilisasi antara 60, 75 dan 90 menit ada perbedaan yang signifikan. Kombinasi perlakuan suhu sterilisasi 90°C dan lama waktu sterilisasi 60 menit diperoleh kadar minyak buah sawit tertinggi sebesar 24,28 % dan yang terendah pada suhu sterilisasi 120°C dan lama waktu 90 menit dengan kadar minyak sebesar 23,18 %.

Perubahan penurunan kadar minyak terjadi dengan semakin tingginya suhu sterilisasi, hal ini disebabkan akibat transfer panas dari steam ke daging buah yang didalamnya ada komponen minyak. Hal yang sama, semakin lamanya waktu sterilisasi maka kontak antara daging buah dengan suhu yang tinggi berlangsung juga lama, menyebabkan perubahan kadar minyak dalam mesokarp yaitu penurunan kadar minyak yang terikut bersama kondensat (drip).

Untuk lebih jelasnya terlihat pada gambar 18 yang menunjukkan bahwa formulasi tingkat kemasakan F3 yaitu persentase TBS yang masak 100 % dan yang lewat masak 0 % selalu menunjukkan kadar minyak yang tertinggi.



Gambar 18. Hubungan formulasi tingkat kemasakan, suhu dan waktu sterilisasi buah sawit dengan kadar minyak buah kelapa sawit.

Subiyanto (2013) dan Sarah (2015) bahwa kandungan minyak dalam mesokarp buah sawit dapat mengalami perubahan (penurunan) karena adanya perlakuan fisik misalnya suhu, tekanan dan penyimpanan dalam pengolahan. Semakin suhunya tinggi dan semakin lama kontakannya (transfer panas) maka kerusakan dinding sel minyak dalam daging buah rusak, sehingga sebagian minyak akan keluar terikut kondensat atau *drip*.

Sitepu (2011); Corley and Tinker (2016); Sivasothy *et al.*, (2005) adanya proses sterilisasi pada buah sawit akan menurunkan kandungan minyak didalamnya akibat adanya transfer panas yang dapat merusak sel minyak, dan minyak akan keluar bersama kondensat.

## 7. Angka Peroksida

Kerusakan minyak dapat disebabkan proses oksidasi maupun hidrolisis. Angka peroksida dapat digunakan sebagai parameter untuk menunjukkan kerusakan minyak akibat proses oksidasi pada minyak. Hasil analisis keragaman (ANOVA) angka peroksida minyak sawit menunjukkan bahwa faktor formulasi tingkat kemasakan (F), suhu sterilisasi (T), waktu sterilisasi (t) buah sawit berpengaruh signifikan dan ada interaksi dari ketiga faktor  $F \times T \times t$  secara signifikan. Selanjutnya hasil uji DMRT

pada masing-masing formulasi tingkat kemasakan tandan buah sawit (F) yaitu persentase tingkat kemasakan 90 % dan lewat masak 10% (F1), persentase tingkat kemasakan 95 % dan lewat masak 5 % (F2), persentase tingkat kemasakan 100 % tanpa ada buah lewat masak (F3) menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan. Berdasarkan uji DMRT antara F1 dengan F2 tidak berbeda secara signifikan, demikian antara perlakuan F2 dengan F3 juga tidak berbeda secara signifikan. Pada formulasi tingkat kemasakan F1, F2, F3, menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu sterilisasi dan lama waktu sterilisasi menyebabkan terjadi peningkatan angka peroksida (lampiran 12).

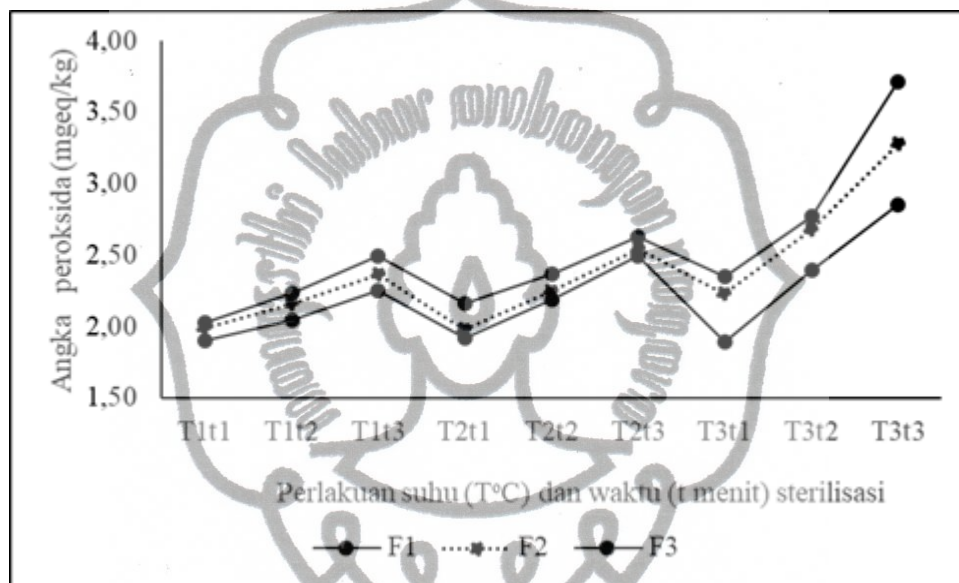
Pada formulasi tingkat kemasakan F1 (persentase kemasakan 90% dan lewat masak 10 %), menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu sterilisasi (90-120°C), maka angka peroksida minyak sawit semakin tinggi dan semakin lama waktu sterilisasi (60 - 90 menit) terjadi peningkatan angka peroksida minyak sawit. Hasil uji DMRT suhu sterilisasi 90, 105°C dan 120°C ada perbedaan yang signifikan, demikian juga pada perlakuan waktu sterilisasi antara 60, 75 dan 90 menit ada perbedaan yang signifikan terhadap angka peroksida minyak sawit. Hasil angka peroksida terendah didapatkan pada perlakuan suhu sterilisasi 90°C dan lama waktu sterilisasi 60 menit yaitu sebesar 2,02 dan yang tertinggi pada perlakuan suhu sterilisasi 120°C dan lama waktu 90 menit sebesar 3,71.

Pada formulasi tingkat kemasakan F2 (persentase kemasakan 95 % dan lewat masak 5 %), mempunyai pola yang sama dengan F1, semakin tinggi suhu sterilisasi, maka angka peroksida minyak sawit semakin tinggi dan semakin lama waktu sterilisasi (60 - 90 menit) terjadi peningkatan angka peroksida minyak sawit. Hasil uji DMRT antara perlakuan suhu sterilisasi 90,105°C dan 120°C ada perbedaan yang signifikan, demikian juga pada perlakuan waktu sterilisasi antara 60, 75 dan 90 menit ada perbedaan yang signifikan. Kombinasi perlakuan dengan hasil angka peroksida minyak sawit terendah pada suhu sterilisasi 90°C dan lama waktu sterilisasi 60 menit yaitu sebesar 1,98 dan yang tertinggi pada suhu sterilisasi 120°C dan lama waktu 90 menit dengan angka peroksida minyak sawit sebesar 3,27 (lampiran 12).

Pada formulasi tingkat kemasakan F3 (persentase kemasakan 100 % dan lewat masak 0 %), menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu sterilisasi dan semakin lama waktu sterilisasi terjadi peningkatan angka peroksida minyak sawit yang dihasilkan. Berdasarkan uji DMRT antara perlakuan suhu 90°C, 105°C, 120°C ada perbedaan

yang signifikan, juga pada perlakuan waktu sterilisasi antara 60, 75 dan 90 menit menunjukkan perbedaan yang signifikan. Hasil angka peroksida terendah pada suhu sterilisasi 90°C dan lama waktu sterilisasi 60 menit angka peroksida minyak sawit sebesar 1,90 dan yang tertinggi pada suhu sterilisasi 120°C dan lama waktu 90 menit dengan angka peroksida minyak sawit sebesar 2,85.

Perubahan angka peroksida pada ketiga faktor lebih jelas terlihat seperti pada gambar 19 terlihat bahwa pada formulasi tingkat kemasakan F3 yaitu persentase TBS yang masak 100 % dan yang lewat masak 0 % selalu menunjukkan angka peroksida yang terendah dibandingkan yang lainnya (F1 dan F2) yang ada buah lewat masaknya.



Gambar 19. Hubungan formulasi tingkat kemasakan, suhu dan waktu sterilisasi buah sawit dengan angka peroksida minyak kelapa sawit.

Terjadinya peningkatan angka peroksida ini akibat semakin tingginya kerusakan minyak sawit karena proses oksidasi minyak yang disebabkan semakin tinggi suhu sterilisasi yang digunakan. Demikian juga dengan semakin lamanya waktu sterilisasi maka angka peroksida juga meningkat, hal ini disebabkan kerusakan minyak akibat oksidasi minyak yang meningkat karena kontak antara minyak sawit dalam mesokarp dengan suhu yang tinggi semakin lama, dengan semakin lamanya kontak maka oksidasi minyak juga semakin tinggi menghasilkan peroksida, hidroperoksida.

Prayogi *et al.*, (2016); Ulfah *et al.*, (2016) indikator kerusakan minyak akibat proses oksidasi dapat dilihat dari produk primer yang berupa peroksida, hidroperoksida. Kerusakan oksidasi ini adanya perlakuan fisik yaitu suhu, tekanan dan



penyimpanan dalam pengolahan akan menyebabkan kerusakan yang menghasilkan hidroperoksida, peroksida.

## 8. Potensi rendemen minyak sawit kasar (% TBS)

Potensi rendemen diartikan sebagai perkiraan hasil minyak sawit yang diperoleh dari proses pengolahan tandan buah sawit menjadi minyak sawit kasar (CPO). Minyak sawit yang diperoleh sangat tergantung dari kualitas bahan baku dan proses pengolahan termasuk tahapan sterilisasi.

Hasil analisis keragaman (ANOVA) potensi rendemen minyak sawit, menunjukkan bahwa faktor formulasi tingkat kemasakan buah sawit (F), suhu sterilisasi (T), waktu sterilisasi (t) buah sawit berpengaruh dan ada interaksi dari ketiga faktor FxTtxt secara signifikan. Selanjutnya hasil uji Duncan (DMRT) pada masing-masing formulasi tingkat kemasakan tandan buah sawit (F) yaitu persentase tingkat kemasakan 90 % dan lewat masak 10% (F1), persentase tingkat kemasakan 95 % dan lewat masak 5 % (F2), persentase tingkat kemasakan 100 % tanpa ada buah lewat masak (F3) dan hasilnya antara F1, F2, F3 ada perbedaan yang signifikan. Semakin tinggi suhu dan lama waktu sterilisasi pada semua formulasi kemasakan menyebabkan penurunan potensi rendemen minyak sawit (lampiran 12).

Pada formulasi tingkat kemasakan F1 (persentase kemasakan 90 % dan lewat masak 10 %), berdasarkan hasil analisis keragaman (ANOVA) pada suhu dan lama waktu sterilisasi menunjukkan ada pengaruh yang signifikan dan hasil uji DMRT antara perlakuan suhu 90 dengan 105°C hasilnya tidak ada perbedaan tetapi dengan 120°C ada perbedaan yang signifikan. Demikian juga antara waktu sterilisasi 60, 75 dan 90 menit ada perbedaan yang signifikan terhadap potensi rendemen minyak sawit. Hasil potensi rendemen minyak tertinggi diperoleh pada suhu sterilisasi 90°C dan waktu sterilisasi 60 menit yaitu sebesar 22,44 % (TBS) dan yang terendah pada suhu sterilisasi 120°C dengan lama waktu 90 menit dengan hasil potensi rendemen minyak sawit sebesar 20,82 %.

Pada formulasi tingkat kemasakan F2 (persentase kemasakan 95% dan lewat masak 5%), berdasarkan analisis keragaman (ANOVA) menunjukkan suhu dan waktu sterilisasi berpengaruh terhadap potensi rendemen minyak sawit yang dihasilkan. Semakin tinggi suhu sterilisasi (90–120°C), maka potensi rendemen minyak sawit semakin rendah (21,68 %) dan semakin lama waktu sterilisasi (60 - 90 menit) terjadi penurunan potensi rendemen minyak sawit (21,17 %). Hasil uji DMRT antara suhu



90°C dengan 105°C tidak ada perbedaan, tetapi 90°C dengan 120°C ada perbedaan yang signifikan. Sedangkan waktu sterilisasi antara 60, 75 dan 90 menit ada perbedaan yang signifikan. Potensi rendemen minyak tertinggi pada suhu sterilisasi 90°C dan lama waktu sterilisasi 60 menit dengan hasil sebesar 22,51 % (TBS) dan yang terendah pada suhu sterilisasi 120°C dan lama waktu 90 menit sebesar 21,14 %.

Pada formulasi tingkat kemasakan F3 (persentase kemasakan 100 % dan lewat masak 0 %), hasil analisis keragaman (ANOVA) potensi rendemen pada waktu dan suhu sterilisasi menunjukkan ada pengaruh yang signifikan. Semakin tinggi suhu sterilisasi (90 – 120 °C), maka potensi rendemen minyak sawit semakin rendah (21,86 %) dan semakin lama waktu sterilisasi (60 - 90 menit) terjadi penurunan potensi rendemen minyak sawit (21,38 %). Hasil uji DMRT menunjukkan suhu sterilisasi antara 105°C dengan 120°C hasilnya tidak ada perbedaan tetapi dengan 90°C ada perbedaan yang signifikan. Kemudian waktu sterilisasi antara 60, 75 dan 90 menit ada perbedaan yang signifikan terhadap potensi rendemen minyak sawit.

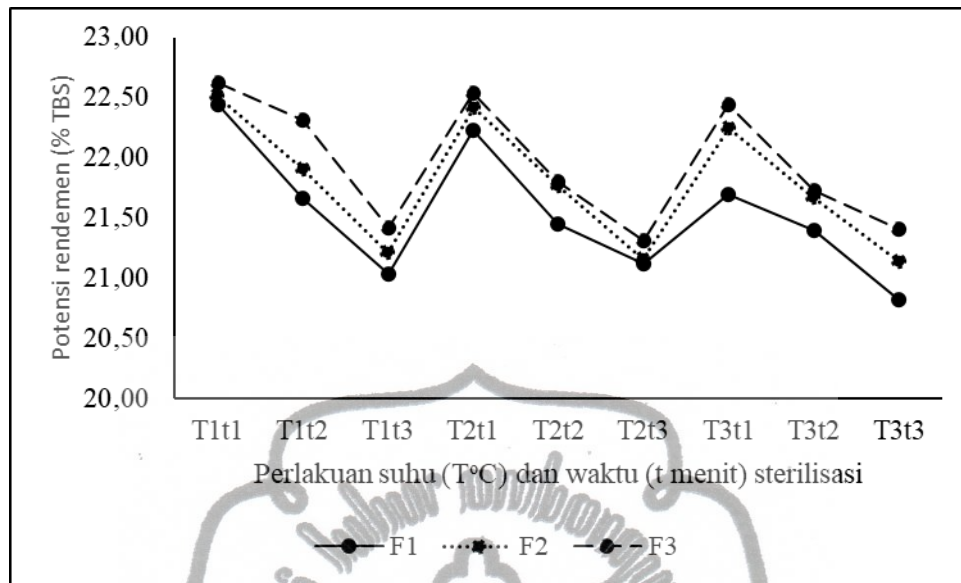
Potensi rendemen minyak tertinggi F3 diperoleh pada suhu sterilisasi 90°C dan lama waktu sterilisasi 60 menit dengan hasil 22,62 % (TBS) dan yang terendah pada suhu sterilisasi 120°C dan lama waktu 90 menit dengan potensi rendemen minyak sawit sebesar 21,40 %.

Perubahan potensi rendemen dengan semakin tingginya suhu sterilisasi mengakibatkan penurunan potensi rendemen, hal ini disebabkan akibat transfer panas dari steam ke daging buah yang dapat merusak sel minyak dan kemudian keluar bersama kondensat (*oil losses*). Selain itu penurunan terjadi karena adanya kerusakan minyak sawit yang terdegradasi dan menjadi komponen yang lebih sederhana yang bersifat volatil (mudah menguap). Demikian juga, semakin lamanya waktu sterilisasi juga terjadi penurunan rendemen yang disebabkan karena lamanya kontak antara daging buah dengan suhu yang tinggi menyebabkan kerusakan pada dinding sel minyak dalam mesokarp sehingga minyak keluar terikut bersama kondensat (drip). Selain itu minyak akan terdegradasi menjadi senyawa yang lebih sederhana dan bersifat volatil sehingga menyebabkan kehilangan minyak (*oil losses*) semakin tinggi, dengan demikian produksi minyakpun semakin menurun.

Pada gambar 20, menunjukkan hubungan formulasi tingkat kemasakan, suhu dan waktu sterilisasi buah sawit dengan potensi rendemen minyak kelapa sawit.

*commit to user*

Terlihat bahwa pada formulasi kemasakan buah sawit yang persentasenya 100 % buah masak (F3) nilainya paling tinggi dibanding yang lain. (F1 dan F2).



Gambar 20. Hubungan formulasi tingkat kemasakan, suhu dan waktu sterilisasi buah sawit dengan potensi rendemen minyak kelapa sawit.

Potensi rendemen minyak sawit pada perlakuan formulasi F3 diperoleh hasil yang paling tinggi dibandingkan dengan yang F1 dan F2 pada semua kondisi proses sterilisasi (variasi suhu dan waktu proses sterilisasi), tetapi secara statistik hasil rendemen antara F2 dengan F3 tidak berbeda secara signifikan.

Pootao and Kanjanapongkul (2016); Naibaho (1998) bahwa jumlah minyak yang dihasilkan per bahan baku (OER) dapat dipengaruhi oleh kualitas bahan baku tandan buah sawit dan proses pengolahan, TBS semakin bermutu (masak optimal) maka potensi rendemen juga semakin tinggi atau sebaliknya. Adanya perlakuan fisik yang berlebihan selama proses yang berhubungan transfer panas maka potensi minyak yang diperoleh juga semakin sedikit, hal ini disebabkan kerusakan dinding sel minyak dalam daging buah rusak, sehingga sebagian minyak akan keluar terikut kondensat atau drip dan rusaknya minyak terdegradasi menjadi senyawa yang lebih sederhana dan bersifat volatil.

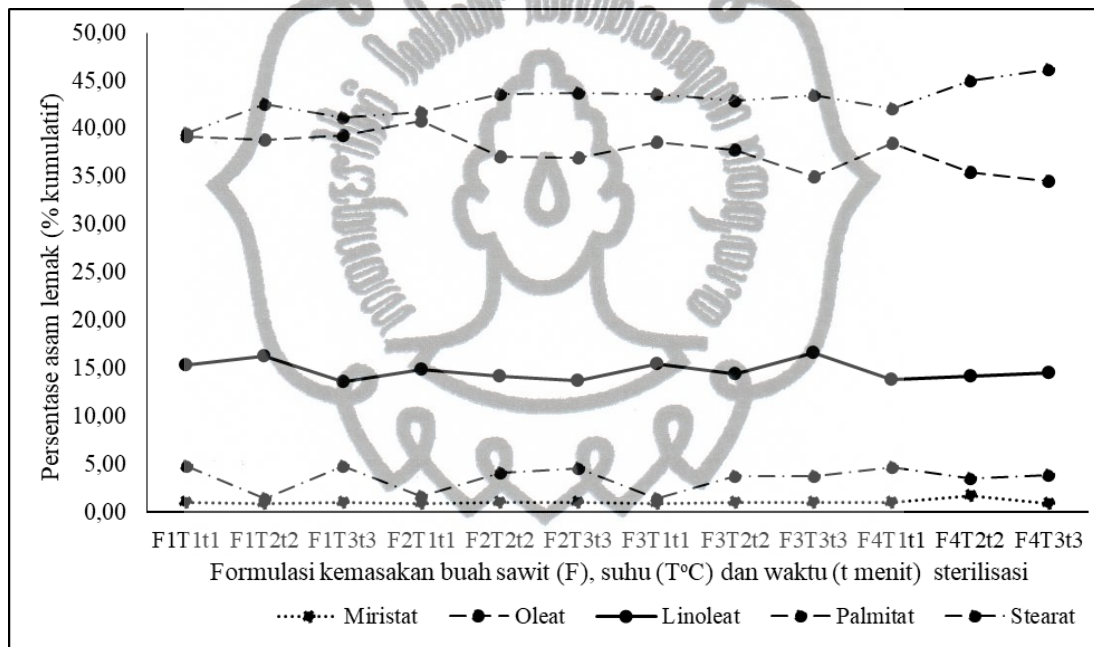
Basyuni *et al.*, (2017) dan Owolarafe *et al.*, (2008) adanya proses sterilisasi pada buah sawit akan menurunkan kandungan minyak didalamnya akibat adanya transfer panas yang dapat merusak sel minyak, dan minyak akan keluar bersama kondensat yang berakibat pada rendemen yang dihasilkan berkurang karena adanya kehilangan minyak (*oil losses*).

*commit to user*

## 9. Profil komposisi asam lemak

Komponen asam lemak merupakan penyusun dari minyak, tidak terkecuali minyak sawit. Berdasarkan hasil penelitian, profil asam lemak dihitung berdasarkan persentase relatif yang terdiri dari 5 jenis asam lemak yaitu asam lemak palmitat, asam lemak oleat, asam lemak linoleat, asam lemak stearat, asam lemak miristat, pada variasi suhu dan waktu sterilisasi dan formulasi kemasakan buah sawit.

Hasil penelitian menunjukkan pola perubahan profil asam lemak pada setiap jenis asam lemak hampir sama persentase relatifnya, tetapi jika dibandingkan antar jenis asam lemaknya pada setiap kombinasi perlakuan prosesntasanya berbeda, terutama asam lemak jenuh (miristat, palmitat, stearat) dan tidak jenuh (oleat dan linoleat). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 21.



Gambar 21. Profil perubahan persentase asam lemak minyak sawit pada formulasi tingkat kemasakan, suhu dan lama sterilisasi pada tingkatan perlakuan yang rendah, tengah dan tertinggi.

Gambar 21. terlihat perbedaan profil persentase komposisi dari kelima jenis asam lemak penyusun minyak sawit akibat proses sterilisasi, pada perlakuan persentase tingkat kemasakan (F), suhu Sterilisasi(T), waktu sterilisasi (t) yang berbeda. Namun apabila dilihat setiap kombinasi perlakuan pada 5 jenis asam lemak penyusun minyak sawit tersebut persentasenya hampir sama (lampiran 12).

Perubahan profil persentase asam lemak minyak sawit terjadi akibat adanya adanya transfer panas dari suhu dan lamanya sterilisasi dan menyebabkan kerusakan asam lemak terutama akibat proses oksidasi pada asam lemak tidak jenuh. Semakin

tinggi suhu dan semakin lama sterilisasi maka kerusakan oksidatif juga semakin tinggi, hal ini secara persentase relatif akan menaikkan komposisi asam lemak jenuhnya (palmitat, miristat, stearat) dan menurunkan asam lemak tidak jenuh (oleat, linoleat).

Proses oksidasi terjadi terutama pada asam lemak yang tidak jenuh yang memiliki ikatan rangkap misalnya asam oleat (C18:1), asam linoleat (C18:2), linolenat (C18:3) yang menghasilkan peroksida pada tahap awal dan dapat menghasilkan senyawa sederhana bersifat volatil serta dipengaruhi adanya suhu tinggi, logam, sinar (Tan *et al.*, 2017; Lee & Ong, 1986). Asam lemak tidak jenuh dalam bahan mudah mengalami oksidasi selama proses pengolahan dan penyimpanan, hal ini yang dapat menyebabkan perubahan komposisi (Nazir *et al.*, 2017).

Proses oksidasi menyerang asam lemak tidak jenuh yang mempunyai ikatan rangkap melalui tahap inisiasi, propagasi, terminasi dan hasil proses oksidasi senyawa awalnya hidroperoksida. Ahmed *et al.*, (2016) dan Almeida *et al.*, (2019) radikal bebas dan peroksida diproduksi selama fase inisiasi ketika oksigen molekuler bereaksi dengan asam lemak tak jenuh, peroksida bersifat tidak stabil tetapi dalam fase penghentian oksidasi sekunder menghasilkan produk non-reaktif seperti hidrokarbon, aldehida dan keton.

#### **D. Inti Temuan**

Adanya perubahan karakteristik minyak kelapa sawit akibat dari formulasi tingkat kemasakan buah sawit akibat proses sterilisasi dengan suhu dan waktu yang bervariasi. Termasuk perubahan komponen jenis asam lemak tidak jenuh dan jenuhnya. Formulasi buah sawit 95% masak dan 5% lewat masak karakteristiknya umumnya masih sama dengan formulasi buah sawit 100% masak. Kombinasi perlakuan formulasi tingkat kemasakan suhu sterilisasi dan waktu sterilisasi mempengaruhi secara signifikan terhadap potensi rendemen dan angka peroksida.

