

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terdahulu

Spektroskopi FTIR dengan kombinasi kalibrasi multivariat kuadrat telah dapat digunakan untuk mengidentifikasi adanya lemak babi pada minyak kelapa sawit dalam wilayah frekuensi optimal yaitu $1480 - 1085 \text{ cm}^{-1}$ (Rohman *et al.*, 2012). Spektroskopi FTIR dengan PCA dan PLS juga telah dapat digunakan untuk menganalisis lemak babi pada krim kosmetik (Rohman *et al.*, 2014). Lemak babi pada krim pelembab juga terdeteksi dengan menggunakan FTIR yang dikombinasikan dengan kemometrik dan PLS (Ahdaini, 2013). Pada tahun 2001, Che Man dan Mirghani telah berhasil mendeteksi spektrum lemak babi yang dicampur dengan lemak ayam, domba, dan sapi menggunakan spektroskopi FTIR. FTIR yang dikombinasikan dengan PLS dan PCA juga telah berhasil mengidentifikasi lemak babi dalam baso kaldu (Kurniawati *et al.*, 2014). Lemak babi dalam formulasi lipstik juga telah berhasil terdeteksi menggunakan FTIR yang dikombinasikan dengan kalibrasi multivariat dengan analisis PCA dan PLS (Waskitho *et al.*, 2016). Adanya puncak spesifik dari lemak babi menggunakan FTIR dengan model analisis PCA dan PLS dapat digunakan untuk menganalisis secara kualitatif lemak babi dalam coklat (Suparman *et al.*, 2015). Vacawati *et al.* (2013) telah melakukan analisis lemak babi dalam lemak ayam menggunakan metode FTIR kemometrik dengan metode PLS dan DA (*Discriminant Analysis*) dengan sampel sosis. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa model kalibrasi yang terbentuk dapat diaplikasikan untuk mendeteksi adanya lemak babi pada sampel sosis dimana kriteria pembentukan model telah memenuhi spesifikasi yaitu nilai R^2 kalibrasi sebesar 0,991; RMSEC 3,903; serta tervalidasi dengan R^2 LOOCV sebesar 0,978 dan nilai R^2 prediksi sebesar 0,929 dan % akurasi yang diperoleh sebesar 100% dan dapat mendeteksi lemak babi dengan kadar diatas 3%. Model kalibrasi DA dan PLS metode FTIR kemometrik juga dapat digunakan untuk menganalisis lemak babi dalam campuran lemak

domba, kambing, dan ayam (Rohman dan Che Man, 2010). Spektroskopi FTIR dengan kombinasi metode PLS dan ATR dapat mendeteksi lemak babi dalam coklat dengan banyak sampel 2 ml dan dalam waktu 2 menit saja (Bahri dan Che Man, 2016). Analisis lemak babi dalam coklat juga dapat dideteksi menggunakan FTIR dengan model regresi ATR dan PLS (Che Man *et al.*, 2005). ATR dan PLS dalam analisis FTIR juga dapat mengidentifikasi spektrum lemak babi dalam baso (Rohman *et al.*, 2011). Metode FTIR dalam kombinasi dengan kemometrik dapat menganalisis dan mengkuantifikasi pemalsuan produk dengan menggunakan PLS sebagai metode kalibrasi (Nurulhidayah *et al.*, 2013).

B. Landasan Teori

1. Tinjauan Halal

Babi merupakan binatang yang secara mutlak dilarang untuk dikonsumsi oleh umat Islam, larangan tersebut tertera pada kitab Al-Qur'an, beberapa surat yang menerangkan hal tersebut di antaranya yaitu QS. Al-Baqarah : 173; Al-Maidah : 3; Al-An'am : 145; dan An-Nahl : 115.

حُرِّمَتْ عَلَيْكُمْ أَلْمَيْيَّةُ وَالْدَّمُّ وَلَحْمُ الْخَنزِيرِ وَمَا أَهَلَ لِغَيْرِ اللَّهِ بِهِ وَالْمُتَخَنَفَةُ وَالْمَوْقُودَةُ وَالْمُتَرَدِّيَّةُ وَالنَّطِيحَةُ وَمَا أَكَلَ السَّبْعُ إِلَّا مَا ذَكَّيْتُمْ وَمَا ذِيحَ عَلَى النَّصْبِ وَأَنْ تَسْتَقْسِمُوا بِالنَّازِلِمْ ذَلِكَمْ فَسَقَّ الْيَوْمَ يَبْسَ الَّذِينَ كَفَرُوا مِنْ دِينِكُمْ فَلَا تَحْتَسِبُوهُمْ وَأَحْسِنُوا الْيَوْمَ أَكْمَلْتُ لَكُمْ دِينَكُمْ وَأَتَمَمْتُ عَلَيْكُمْ نِعْمَتِي وَرَضِيْتُ لَكُمْ الْإِسْلَامَ دِينًا فَمَنْ اضْطُرَّ فِي مَخْمَصَةٍ غَيْرَ مُتَجَانِفٍ لِإِيَابِمْ فَإِنَّ اللَّهَ غَفُورٌ رَحِيمٌ

“Diharamkan bagimu (memakan) bangkai, darah, daging babi, (daging hewan) yang disembelih atas nama selain Allah, yang tercekik, yang terpukul, yang jatuh, yang ditanduk, dan diterkam binatang buas, kecuali yang sempat kamu menyembelohnya, dan (diharamkan bagimu) yang disembelih untuk berhala. Dan (diharamkan juga) mengundi nasib dengan anak panah, (mengundi nasib dengan anak panah itu) adalah kefasikan. Pada hari ini orang-orang kafir telah putus asa untuk (mengalahkan) agamamu, sebab itu janganlah kamu takut kepada mereka dan takutlah kepada-Ku. Pada hari ini telah Kusempurnakan untuk kamu agamamu, dan telah Ku-cukupkan kepadamu nikmat-Ku, dan telah Ku-ridhai Islam itu jadi agama bagimu.

Maka barang siapa terpaksa karena kelaparan tanpa sengaja berbuat dosa, Sesungguhnya Allah Maha Pengampun lagi Maha Penyayang” (QS. Al-Maidah : 3).

Dalam hadits Shahih Muslim No. 2960 dikatakan bahwa babi adalah haram dan lemak babi yang digunakan pada suatu alat atau sesuatu yang tertempel padanya bagian babi maka hukumnya tetap haram. Jadi semua bagian dari babi itu adalah haram dan sesuatu yang terkena olehnya maka akan menjadi haram juga hukumnya. Memakan yang halal dan thayyib (baik) akan berbenturan dengan keinginan setan yang menghendaki agar manusia terjerumus kepada yang haram dan menjerumuskan manusia pada kemaksiatan. Oleh karena itu menghindari yang haram merupakan sebuah upaya yang harus dilakukan untuk mengalahkan godaan setan dan menghindarkan diri dari kemaksiatan. Mengkonsumsi makanan yang halal dengan dilandasi iman dan taqwa karena Allah merupakan suatu ibadah yang dapat mendatangkan pahala dan memberikan kebaikan baik di dunia ataupun di akhirat. Memakan yang Allah haramkan atasnya termasuk sikap membangkang terhadap ketentuan Allah dan merupakan suatu perbuatan maksiat yang dapat mendatangkan dosa dan keburukan bagi manusia itu sendiri. Sebenarnya yang diharamkan atau dilarang memakannya (tidak halal) jumlahnya lebih sedikit dibandingkan dengan apa yang dihalalkan atau dibolehkan untuk memakannya. Pada dasarnya apa yang ada di muka bumi ini adalah halal, kecuali yang dilarang secara tegas dalam Al-Quran dan Hadist (Al-Ghazali, 2008).

Makanan yang tidak halal dilarang secara mutlak untuk setiap orang Islam, kecuali di bawah kondisi darurat. Makanan tidak halal dikelompokkan ke dalam 9 kategori (Che Man *et al.*, 2010), yaitu:

1. Bangkai
2. Darah yang mengalir atau yang telah membeku
3. Turunan babi seperti daging babi, lemak babi, serta produk-produk yang berasal dari babi seperti gelatin babi dan semua yang berasal dari babi

4. Hewan yang disembelih yang tidak menyebut nama Allah. Hewan yang disembelih dengan mengucapkan nama selain Allah (misalnya ditujukan untuk berhala)
5. Hewan yang disembelih sedemikian rupa sehingga mencegah darahnya mengalir keluar secara sempurna dari tubuhnya
6. Semua jenis yang memabukkan (intoksikan) seperti alkohol dan narkotika
7. Hewan karnivora (pemakan daging) seperti singa dan harimau
8. Burung dengan taring yang ganas seperti burung hantu dan burung rajawali
9. Hewan darat seperti katak dan ular.

Di antara kesembilan kelompok makanan tersebut, turunan babi merupakan komponen tidak halal yang ditemui secara luas di pasaran, karenanya para peneliti selalu berusaha keras untuk mengembangkan metode analisis untuk deteksi dan kuantifikasi turunan babi. Turunan babi merujuk pada benda atau senyawa apapun yang dihasilkan dari babi seperti daging babi (*pork*), lemak babi (*lard*), serta gelatin yang dihasilkan dari tulang atau kulit babi. Turunan babi biasanya lebih murah dibanding produk yang berasal dari sapi atau lembu. Karena alasan inilah, maka turunan babi sering digunakan sebagai bahan pemalsu dalam sistem makanan apapun. Daging babi sering dicampur dengan daging sapi oleh para pedagang nakal dengan tujuan untuk mengeruk keuntungan yang besar, sementara lemak babi dicampurkan ke minyak yang harganya lebih tinggi seperti minyak hati ikan cod (Rohman dan Che Man, 2008).

Sebagai umat muslim yang menyatakan dirinya beriman, semestinya menyadari akan keharaman menggunakan semua bagian dari babi, karena Allah mengharamkannya secara jelas di dalam kitab-Nya. Allah menghalalkan yang baik dan mengharamkan yang buruk. Jika Allah mengharamkan babi maka mestilah bahwa babi tidak aman atau buruk untuk dikonsumsi. Daging babi telah diteliti dalam sains bahwa memang babi sangat tidak aman atau sangat buruk untuk dikonsumsi (Lubis, 2013). Salah satu konsep halal dalam Islam adalah makanan ataupun minuman yang

dikonsumsi oleh manusia hendaknya tidak mengandung sedikitpun dari lemak babi atau semua bagian dari babi. Meskipun kadar kontaminasi hanya sedikit tetap hukumnya yaitu haram. Banyak metode yang dapat digunakan dengan tingkat akurasi dan sensitivitas yang tinggi untuk mengidentifikasi keberadaan lemak hewani dalam suatu produk makanan (Lubis, 2013).

2. BABI



Gambar 2.1. Babi

Babi termasuk dalam keluarga mamalia dari spesies *Artiodactyla*. Ia hidup di semua benua kecuali Antartika. Awal mula babi menjadi binatang ternak oleh manusia yaitu sejak tahun 8000 SM. Sebagian besar babi yang ditenak berasal dari babi liar Eropa selain dari Cina dan India. Beberapa negara menganggap bahwa kekayaan seseorang dilihat dari banyaknya babi yang dimiliki. Negara di Asia yang merupakan pengeluar babi terbesar adalah Cina (Lubis, 2013). Babi adalah salah satu hewan ternak yang paling prolif (cepat tumbuh dan cepat berkembang biak) diantara hewan ternak yang dikenal hingga kini (Sihombing, 2004).

Daging babi sangat sulit dicerna karena banyak mengandung lemak meskipun teksturnya empuk. Babi memiliki lemak pada bagian punggung yang tebal dan kasar serta mudah teroksidasi sehingga menimbulkan bau yang tengik yang secara struktur kimia sangat tidak layak bagi tubuh. Negara

Cina dan Swedia telah melakukan sebuah penelitian ilmiah modern terhadap lemak babi dan menyatakan bahwa daging babi merupakan penyebab utama kanker anus dan kolon. Babi banyak mengandung parasit, bakteri, bahkan virus yang berbahaya sehingga dikatakan sebagai sumber dari berbagai penyakit (Wijaya, 2009). Babi merupakan binatang yang paling kotor, bahkan Allah telah menjelaskan dalam Al-Qur'an tentang hal ini. Babi sangat suka memakan bangkai, kotorannya sendiri, dan kotoran manusia. Sangat suka berada pada tempat yang kotor seperti lumpur dan tanah yang lembab. Sangat pemalas dan tidak suka bekerja (mencari makan), tidak tahan terhadap sinar matahari, tidak cekatan atau dikatakan sangat lamban, sangat suka makan dan tidur. Jika bertambah umur, maka babi akan menjadi semakin malas dan lemah. Suka dengan sejenis dan tidak pencemburu (Rohman, 2011).

Selain daging, bagian babi yang sering dikonsumsi adalah bagian lemak. Lemak ini dapat diproduksi menjadi berbagai jenis bahan makanan seperti margarin, *whey*, topping, makanan gandum, dan beberapa bahan-bahan tambahan dalam pengolahan pangan. Kualitas lemak babi atau tingginya kadar lemak babi didasarkan pada usia babi saat disembelih. Lemak babi dapat diambil dari hampir semua bagian babi (Drummond *et al.*, 1920). Lemak babi teksturnya sangat kasar dan sifat fisiknya tidak seragam (Urdang dan Silverman, 1958). Lemak babi yang mengalami pemanasan akan membentuk asam bebas, akrolein, karbondioksida, air, dan bahan-bahan yang tidak dapat dicerna, pembentukan ini sangat cepat terjadi. Jumlah yodium dari asam lemak babi menurun seiring dengan suhu yang berubah secara drastis. Lemak babi mengandung kolesterol yang sangat jenuh (Larsen dan Morris, 1943).

Komposisi utama dari asam lemak pada babi adalah asam oleat (40%), diikuti beberapa dari asam palmitat (25%), asam linoleat (13%), dan asam stearat (13%). Asam lemak jenuh pada babi mengandung sekitar 41% dari keseluruhan total asam lemak (Silva *et al.*, 2009). Lemak babi mengandung bakteri *Candida sp.* (Lu *et al.*, 2007). Lemak babi mengandung triasilgliserol (TGA) dan asam lemak dengan sejumlah kecil mengandung tokoferol,

karoten, sterol dan asam bebas lemak. TGA adalah komponen utama lemak yang berkorelasi pada proses pendinginan dan pelelehan (Nurulhidayah *et al.*, 2015). Lemak babi digunakan untuk proses pelunakan suatu makanan yang dikenal dengan istilah *Shorthening*. Titik pelunakannya yang baik seringkali digunakan (Silva *et al.*, 2009). Hal yang terpenting dalam *shorthening* adalah proses *creamingnya*, kemampuan *creaming* yang dimaksud yaitu ukuran dari jumlah udara yang bisa dimasukkan ke dalam adonan selama proses pencampuran sehingga sempurna proses *shorthening*. Lemak babi memiliki keterpaduan yang tak tertandingi dalam hal pemutusan atau pemendekan rantai senyawa sehingga lemak babi memiliki sifat superioritas dan sifat emulsi yang baik, selain itu juga dengan sifat tersebut lemak babi dapat memperlama proses penyimpan suatu produk. Secara umum, nilai *shortening* meningkat dengan kemampuannya menyerap udara (Nelson *et al.*, 1953).

3. ES KRIM

a. Pengertian Es Krim

Es krim merupakan makanan hasil olahan produk susu yang terdiri atas lemak, susu, gula, perasa, pewarna, penstabil, serta menggunakan tambahan lain seperti telur, buah, atau kacang yang diolah menjadi lembut karena proses penghancuran dan pengadukan sampai dengan proses pembekuan (Arbuckle dan Marshall, 2000). Es krim juga dapat didefinisikan sebagai buih setengah beku yang mengandung lemak teremulsi dan udara. Sel-sel udara yang ada berperan untuk memberikan tekstur lembut pada es krim tersebut. Tanpa adanya udara, emulsi beku tersebut akan menjadi terlalu dingin dan terlalu berlemak. Sebaliknya, jika kandungan udara dalam es krim terlalu banyak akan terasa lebih cair dan lebih hangat sehingga tidak enak dimakan. Sedangkan, bila kandungan lemak susu terlalu rendah, akan membuat es lebih besar dan teksturnya lebih kasar serta terasa lebih dingin. Emulsifier dan stabilisator dapat menutupi sifat-sifat buruk yang diakibatkan karena kurangnya lemak susu dan memberi rasa lengket (Arbuckle dan Marshall, 2000). Menurut standar SNI 01-3713-1995 es krim adalah makanan semi padat yang proses

pembuatannya meliputi pembekuan campuran susu, lemak hewan maupun nabati, gula, dengan atau tanpa bahan makanan lain dan bahan makanan lain yang diijinkan. Es krim yang dihasilkan harus memenuhi standar mutu yang telah ditetapkan, baik dalam persyaratan mutu fisik, kimia, dan mikrobiologinya.

Tabel 2.1 Persyaratan es krim

No	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
1	Keadaan:		
	Penampakan	-	Normal
	Bau	-	Normal
	Rasa	-	Normal
2	Lemak	% b/b	Min 5,0
3	Gula (Sakarosa)	% b/b	Min 8,0
4	Protein	% b/b	Min 2,7
5	Jumlah Padatan	% b/b	Min 3,4
6	Bahan Tambahan Makanan:		
	Pewarna tambahan	-	Negatif
	Pemanis buatan	-	-
	Pemantap dan pengemulsi	-	-
7	Cemaran Logam:		
	Timbal (Pb)	mg/kg	Maks 1,0
	Tembaga (Cu)	mg/kg	Maks 20,0
8	Cemaran Arsen (As)	mg/kg	Maks 0,5
9	Cemaran Mikroba:		
	Angka lempeng total	koloni/g	Maks $2,0 \times 10^5$
	MPN Coliform	APM/g	<3
	Salmonella	koloni/25g	Negatif
	Listeria SPP	koloni/25g	Negatif

Sumber: SNI 01-3713-1995

b. Komposisi Es Krim

Bahan-bahan yang umum digunakan dalam pembuatan es krim meliputi air, susu utuh, susu skim, krim, mentega, susu kental, susu kering non-lemak, *whey*, bubuk protein *whey*, kasein, protein nabati serbuk, lemak yang berasal dari susu dan sayuran, gula, alkohol gula, pemanis dengan potensi tinggi, maltodekstrin, telur, kuning telur, *stabilizer hydrocolloid*, pengemulsi, rasa, dan warna (Mohan *et al.*, 2014). Komposisi bahan baku yang umumnya digunakan dalam formulasi es krim adalah 8-20% lemak, 8-15% padatan susu tanpa lemak (PSTL), 13-20% gula, serta 0-0,7% stabilizer dan pengemulsi (Arbuckle dan Marshall, 2000). Susu dan produk olahannya merupakan komponen utama dalam proses pembuatan es krim. Jumlah susu dan susu tanpa

lemak yang terdapat di dalam es krim mencapai prosentase sebesar 60% dari total padatan es krim (Arbuckle dan Marshall, 2000). Produk es krim yang menggunakan santan sebagai pengganti lemak susu dapat menghasilkan es krim dengan jumlah karbohidrat yang tinggi, namun rendah protein dan lemak (Arbuckle dan Marshall, 2000).

Pengemulsi merupakan campuran yang dapat menyatukan air dan lemak atau minyak (Arbuckle dan Marshall, 2000). Fungsi pengemulsi menurut Buckle *et al.* (1987) adalah untuk menurunkan waktu pembekuan, memperbaiki waktu *whipping* dan produksi es krim sehingga membentuk tekstur yang kaku dan pelehannya seragam. Jika tidak ada pengemulsi, maka air dan lemak dapat terpisah selama penyimpanan dan mengakibatkan ketidakstabilan produk atau berartikan rusak. Bahan-bahan yang biasanya digunakan sebagai pengemulsi antara lain kuning telur, lesitin, monogliserida dan digliserida asam lemak, serta tween 80 dan tween 65. Bahan-bahan ini membantu pelarutan bahan-bahan yang digunakan dalam es krim (Buckle *et al.*, 1987). Pengemulsi yang dapat digunakan yaitu sebesar 0,03-0,2% (Clark *et al.*, 2009).

Stabilizer atau penstabil adalah bahan yang digunakan untuk tujuan supaya menjaga air di dalam es krim agar tidak membeku sepenuhnya dan mengurangi kristalisasi es dan laktosa pada suhu penyimpanan sehingga kekentalan dan kelembutan dari tekstur es krim tetap stabil atau terjaga. Penstabil yang dapat digunakan untuk produk susu secara umum adalah 0,15-0,5% dan konsentrasi penstabil untuk es krim yaitu 0,5% (Clark *et al.*, 2009). Penstabil bersifat mengentalkan adonan sehingga tekstur lebih stabil. Berdasarkan sumbernya maka bahan penstabil dapat dibagi menjadi dua sumber yaitu bahan penstabil yang berasal dari hewani dan bahan penstabil yang berasal dari nabati (sayuran). Bahan penstabil yang berasal dari hewani dapat berupa jenis gelatin yang berasal dari kulit sapi dan kulit atau tulang babi, serta bahan penstabil yang berasal dari nabati (sayuran) yaitu seperti asam alginat, *irish moss*, dan CMC (*Carboxymethylcellulose*) (Arbuckle dan Marshall, 2000). Penstabil yang umum digunakan adalah asam alginat,

karagenan, kacang kluster, belalang, CMC (Clark *et al.*, 2009). Penstabil ini membentuk suatu sistem emulsi seperti selaput yang berukuran mikro dan mengikat molekul lemak, air dan udara. Sehingga air dan minyak masing-masing tidak akan mengeras sehingga konsistensi dari es krim akan tetap terjaga dengan adanya penstabil (Clark *et al.*, 2009).

Bahan pemanis atau gula yang digunakan umumnya sebesar 13-15% (Clark *et al.*, 2009). Gula dapat memberikan rasa manis dan menurunkan titik beku adonan, sehingga tidak terlalu cepat membeku saat diproses (Arbuckle dan Marshall, 2000). Pengaturan titik beku penting agar udara yang masuk ke dalam adonan dapat lebih banyak sehingga tekstur menjadi lebih lembut (Potter dan Hotchkiss, 1997). Penggunaan pemanis lebih dari 6% dapat menurunkan titik beku sehingga es krim akan cepat meleleh (Clark *et al.*, 2009).

c. Proses Pembuatan Es Krim

Proses pembuatan es krim terdiri atas proses pencampuran adonan, pasteurisasi, homogenisasi, proses penuaan (*ageing*), pembekuan (*freezing*), dan proses pengerasan (*hardening*) (Arbuckle dan Marshall, 2000). Pencampuran adonan dilakukan dengan mencampur dan memanaskan bahan-bahan yang cair hingga suhu 43,4 °C. Setelah itu gula dan bahan kering lainnya dimasukkan ketika campuran sudah mulai memanaskan untuk mempermudah proses pelarutan bahan. Bahan-bahan segar seperti buah segar dan kacang ditambahkan ketika proses pembekuan (*freezing*) (Potter dan Hotchkiss, 1997). Bahan-bahan perasa serta pewarna ditambahkan setelah proses penuaan ketika akan dilakukan proses pembekuan (Mohan *et al.*, 2014).

Pasteurisasi merupakan proses pemanasan pada suhu dan waktu tertentu untuk membunuh mikroba patogen yang terdapat di dalam bahan baku es krim. Umumnya, proses pasteurisasi dapat dilakukan dengan 2 proses. Yaitu proses *steam bath* dan proses *high temperature short time* (HTST). Proses pasteurisasi dengan *steam bath* dilakukan pada suhu 70 °C selama 30 menit, sedangkan pasteurisasi dengan HTST dilakukan selama 25 detik pada suhu 82 °C (Potter dan Hotchkiss, 1997). Selain membebaskan adonan dari bakteri patogen,

proses pasteurisasi juga membantu proses pelarutan bahan sehingga prosesnya lebih cepat, meningkatkan cita rasa dan mutu simpan menjadi lebih lama, mencegah menyatunya komponen lemak sehingga akan terjadi perbedaan tegangan yang tinggi antara air dan minyak yang menyebabkan sistem emulsi menjadi kurang baik, dan mengurangi lama waktu yang diperlukan untuk proses penuaan pada adonan sehingga kekentalan tekstur es krim lebih baik (Arbuckle dan Marshall, 2000). Homogenisasi dilakukan pada suhu 63-77 °C, proses homogenisasi dilakukan berfungsi untuk memperkecil ukuran globula lemak atau bersatunya kumpulan minyak sehingga permukaan menjadi lebih luas, meningkatkan kemampuan pembuihan (*whipping quality*), mengurangi kekentalan dan membentuk keseragaman tekstur pada es krim. Proses ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti tingkat viskositas, komposisi, stabilitas adonan, suhu dan konstruksi mesin yang digunakan (Arbuckle dan Frandsen, 1961). Pada proses homogenisasi terjadi proses dispersi partikel yang sesuai terutama untuk golongan selulosa mikrokristalin. Melalui proses pengocokan atau pengadukan yang kuat akan memecah sistem hidrokoloid pada campuran bahan (Mohan *et al.*, 2014).

Proses penuaan (*ageing*) merupakan proses penyimpanan es krim pada suhu rendah yang terjadi selama 3-24 jam. Suhu yang digunakan adalah 4,4 °C. Selama proses penuaan, lemak yang mencair karena proses pemanasan akan mengeras kembali dan penstabil akan mengembang dan mengikat air. Protein juga akan mengikat air sehingga viskositas adonan atau campuran bahan akan bertambah dan daya mengembang es krim akan meningkat (Potter dan Hotchkiss, 1997). Setelah produk dipasteurisasi dan didinginkan, selanjutnya akan dimasukkan ke dalam tangki dingin untuk penuaan. Selama penuaan, terjadi perubahan struktural hidrokoloid dan protein menjadi terhidrasi sepenuhnya, protein susu mengalami desorpsi dari globular lemak susu, lemak akan mengkristal (Mohan *et al.*, 2009).

Pembekuan (*freezing*) dimulai pada suhu -2,8 °C. Proses pembekuan dilakukan dengan menggunakan alat pembeku untuk membekukan hingga suhu terendah (-25 °C), sehingga mendapatkan nilai yang memenuhi atau disebut

dengan istilah *overrun* yang sesuai. *Overrun* dapat diketahui setelah dilakukan pembekuan yang merupakan nilai persentase kelebihan volume es krim akibat penyatuan gelembung udara yang dibandingkan dengan volume adonan es krim sebelum dibekukan (Buckle *et al.*, 1987). Suhu pembekuan yang digunakan yaitu umumnya sekitar minus 2-6 °C hingga sekitar 50% air dalam campuran dibekukan (Mohan *et al.*, 2009).

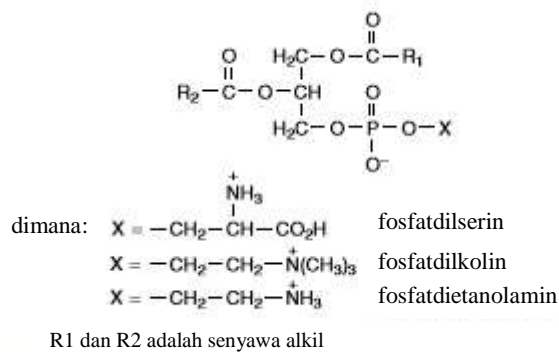
Pengerasan (*hardening*) dilakukan setelah kira-kira sebagian air dalam produk tidak membeku. Pada tahapan ini produk masih berbentuk setengah padat sehingga sangat tinggi kemungkinan mengalami kerusakan dan proses pengerasan dilakukan secara terus menerus tanpa agitasi sampai suhu sekitar -18 °C untuk mencegah terjadinya pembentukan kristal besar (Mohan *et al.*, 2009). Proses ini dilakukan di dalam *freezer* tanpa pengadukan (Potter dan Hotchkiss, 1997). Penyimpanan pada ruang pengerasan (*hardening room*) dilakukan agar es krim mengeras. Setelah mengeras, maka es krim telah dapat dipasarkan atau dikonsumsi. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi proses pengerasan antara lain yaitu ukuran dan bentuk permukaan kemasan yang digunakan, sirkulasi udara, pembagian ruangan, suhu es krim setelah dibekukan, komposisi adonan es krim dan nilai *overrun* (Arbuckle dan Marshall, 2000).

4. LEMAK

Lemak adalah campuran trigliserida dalam bentuk padat dan terdiri dari suatu fase padat dan cair. Kristal dari fase padat terpisah dan dengan tekanan menggantung/memisah yang cocok, dapat bergerak sendiri lepas dari kristal lain. Lemak mempunyai struktur seperti benda padat plastik. Karena jumlah padat dalam lemak berubah-ubah menurut suhu, demikian juga sifat-sifat plastiknya. “Kisaran plastik” dari lemak adalah kisaran suhu dimana lemak bersifat padat plastik. Pada umumnya, lemak bersifat seperti plastik bila kandungan padat antara 10% dan 50%. Sifat-sifat plastik dari lemak menyebabkan lemak digunakan dalam beberapa bahan pangan misalnya pengoles dan pengempuk (Buckle *et al.*, 1987).

Lemak merupakan golongan lipid yang bersifat relatif tidak larut dalam air dan larut dalam pelarut nonpolar misalnya eter dan kloroform. Senyawa ini merupakan konstituen yang penting karena tidak saja nilai energinya yang tinggi, tetapi juga karena vitamin larut lemak dan asam lemak esensial yang terkandung di dalam lemak makanan alami. Lemak disimpan di jaringan adipose, tempat senyawa ini juga berfungsi sebagai insulator panas di jaringan subkutan dan jaringan di sekitar organ tertentu (Murray *et al.*, 2006). Perbedaan antara lemak satu dengan yang lainnya terdapat pada komponen asam lemak penyusunnya, urutan asam lemak, serta tingkat kejenuhan dari asam lemak (Rohman dan Sudjaji, 2012). Asam lemak adalah asam karboksilat penyusun lemak dan minyak. Asam lemak ini biasanya tidak bercabang dan merupakan asam lemak jenuh dan tidak jenuh. Pada umumnya, asam lemak beratom karbon genap dari C₆ sampai 24. Ester asam lemak dengan gliserol dikenal dengan nama asli gliserida atau trigliserida. Asam lemak dapat diperoleh dengan jalan menghidrolisis lemak atau minyak. Ketiga asam lemak tersebut dapat sama maupun campuran (Murray *et al.*, 2006).

Lipid adalah istilah umum yang digunakan untuk menggambarkan kelompok besar zat seperti lemak yang terjadi secara alami. Mereka membentuk berbagai kelompok senyawa yang hanya memiliki sedikit kesamaan yakni dapat larut dalam pelarut organik, misalnya kloroform dan alkohol tetapi tidak larut dalam air. Lemak adalah contoh lipid yang merupakan turunan asam lemak. Asam lemak adalah kelompok asam yang pada dasarnya melekat pada rantai atom karbon, dengan dua atom hidrogen ditambahkan pada masing-masing seperti minyak paraffin organik. Minyak dan lemak sangat penting dalam makanan dan gizi. Secara kimia, mereka termasuk kedalam kelas zat yang dikenal sebagai ester; yang merupakan hasil dari reaksi asam 'lemak' dengan alkohol, yaitu hasil dari hidrolisis asam dan lemak. Lemak sendiri adalah ester dari gliserol alkohol trihidrat (Buckle *et al.*, 1987). Kebanyakan lipid mengandung fosfor dan diklasifikasikan sebagai fosfolipid (Stuart, 2004).



Gambar 2.2. Struktur fosfolipid (Stuart, 2004)

Asam lemak adalah asam organik yang ditemukan dalam lemak yang secara kimia berkombinasi dengan gliserol. Asam lemak dikenal sabagai asam karboksilat karena mengandung kelompok karboksil-COOH. Asam lemak terdiri dari satu rantai atom karbon (masing-masing terikat dengan atom hidrogen) dengan satu gugus karboksil di ujung. Jumlah atom karbon selalu genap antara 4 dan 24. Asam lemak paling umum mengandung 16 atau 18 atom karbon (Lean, 2013).

Lemak babi (*lard*) merupakan lemak yang diperoleh dari proses *rendering* jaringan adipose babi yang segar, bersih, dalam kondisi sehat saat disembelih, dan dapat dikonsumsi oleh manusia (Codex, 1999). Jaringan itu tidak termasuk tulang, kulit yang dikelupas, kulit kepala, telinga, ekor, organ, saluran pernafasan, pembuluh darah besar, *scarp fat*, dan sebisa mungkin tidak mengandung jaringan otot. Lemak babi memiliki konsistensi lembut dan semi padat pada suhu 27 °C, tetapi meleleh sempurna pada 42 °C. Lemak babi yang telah diolah lebih lanjut dapat mengandung *refined lard*, *lard stearin*, atau *hydrogenated lard* (Rohman, 2012).

Komposisi asam lemak dalam lemak babi (*lard*) dapat dilihat pada Table 2.2.

Tabel 2.2 Komposisi asam lemak dalam lemak babi (*lard*)

Komposisi Asam Lemak	Konsentrasi (%)
C6:0, Kaproat	} < 0,5 (total)
C8:0, Kaprilat	
C10:0, Asam Kaprit	
C12:0, Asam Laurat	
C14:0, Asam Miristat	1,0-2,5
C14:ISO	< 0,1
C14:1, Asam Miristoleat	< 0,2
C15:0, Asam Pentadokaneat	< 0,2
C15:ISO	< 0,1
C15:ANTI ISO	< 0,1
C16:0, Asam Palmitat	20-30
C16:1, Asam Palmitoleat	2,0-4,0
C16:ISO	< 0,1
C16:2, Asam Sapineat	< 0,1
C17:0, Asam Heptadekanoat	< 1
C17:1, Asam Heptadekanoat Cis-10	< 1
C17:ISO	< 0,1
C17:ANTI ISO	< 0,1
C18:0, Asam Stearat	8-22
C18:1, Asam Oleat	35-55
C18:2, Asam Linoleat	4-12
C18:3, Asam v-Linolenat	< 1,5
C20:0, Asam Arakidat	< 1,0
C20:1, Asam cis-11-Eikosenoat	< 1,5
C20:2, Asam cis.11,14-Eikosedianoat	< 1,0
C20:4, Asam Arakidonat	< 1,0
C22:0, Asam Behenat	< 0,1
C22:1, Asam Erukat	< 0,5

Sumber: Codex, 1999

Lard adalah lemak tubuh babi dan biasanya kaya akan palmitat (26%) dan asam oleat (44%), dengan tingkat linoleat (11%) dan asam palmitoleat yang lebih rendah (5%). Bangkai babi umumnya mengandung sekitar 30% lemak, tapi pada babi gemuk mungkin akan mencapai kadar setinggi 50%. Berdasarkan komposisi asam lemak dan triasilgliserolnya, lemak babi biasanya tampak sebagai lemak padat putih. Perbedaan dalam komposisi asam lemak dari lemak dan lemak babi mencerminkan fakta bahwa lemak yang berasal dari hewan ruminansia, dimana diet lemak tunduk pada *bioglobrogenasi rumen*, babi itu monogastrik dan lemak depotnya lebih mirip asupan makanan. *Lard* lebih kaya asam linoleat daripada lemak pada umumnya. Kandungan asam linoleat pada lemak pada umumnya bisa mencapai kadar serendah 2% pada babi yang diberi nasi, akan tetapi kadar akan meningkat hingga mencapai kadar setinggi 30% saat diberi makan dengan kedelai. Komposisi asam lemak dari lemak babi tidak hanya tergantung pada makanan

yang dikonsumsi oleh babi, namun juga bervariasi darimana lemak diambil (Silva *et al.*, 2009).

Karakteristik yang khas dari lemak babi adalah tingkat tinggi asam palmitat dalam posisi sn-2 dalam triasilgliserolnya. Lebih dari 70% asam dalam posisi sn-2 dalam triasilgliserol adalah asam palmitat. Dalam hal ini, *lard* menyerupai lemak susu manusia. Karakteristik analitik ini bisa dimanfaatkan dalam beberapa hal untuk mendeteksi keberadaan lemak babi. Sebagai konsekuensi dari fitur yang tidak biasa ini, sifat fisiknya (terutama perilaku meleleh) berubah secara nyata saat lemak diacak untuk memberikan pemendekan yang lebih baik. Dibandingkan dengan minyak nabati, lemak hewani kaya akan kolesterol (3000 sampai 4000 mg/kg) dan kekurangan antioksidan alami. Meskipun memiliki sifat yang relatif jenuh, lemak hewani harus distabilkan terhadap oksidasi dengan penambahan antioksidan alami atau sintetis. Karena rendahnya tingkat tokoferol alami, stabilitas oksidatif lemak babi dapat ditingkatkan dengan baik. Telah dilaporkan bahwa lemak babi memiliki periode induksi hanya 2,5 jam saat dipanaskan pada suhu 100 °C dengan udara tiup, namun ini diperpanjang sampai 18 jam dengan ditambahkan tokoferol (0,01%). BHA (Butil Hidroksi Anisol) dan/atau BHT (Butil Hidroksi Toluena) sering ditambahkan pada lemak babi pada kadar 100 sampai 200 ppm. *Lard* adalah produk sampingan dari industri babi yang ditujukan untuk memproduksi daging babi (Gunston *et al.*, 2007).

Komposisi asam lemak dalam lemak babi dapat dilihat pada Table 2.3.

Tabel 2.3 Komposisi asam lemak dalam lemak babi

Asam lemak	<i>Lard</i>
10:0, Asam Kaprit	0,1
12:0, Asam Laurat	0,2
14:0, Asam Miristat	1,4
16:0, Asam Palmitat	24,9
16:1, Asam Palmitoleat	2,8
18:0, Asam Stearat	14,1
18:1, Asam Oleat	43,1
18:2, Asam Linoleat	10,7
18:3, Asam v-Linolenat	1,0
Lemak jenuh	40,7
Tak jenuh tunggal	47,2
Tak jenuh ganda	11,7

Sumber: Gunston *et al.*, 2007

5. Ekstraksi Lemak dan Minyak

Ekstraksi adalah salah satu cara untuk mendapatkan minyak atau lemak dari bahan yang diduga mengandung minyak atau lemak. Cara-cara yang digunakan untuk memisahkan lemak dan minyak dari sumbernya yang berupa tumbuh-tumbuhan atau hewan sangat berbeda sesuai dengan sifat daripada sumber itu. Tujuan proses ekstraksi adalah:

- 1) Untuk memperoleh minyak atau lemak tanpa dirusak oleh proses itu dan dalam keadaan semurni mungkin
- 2) Untuk memperoleh hasil minyak atau lemak setinggi mungkin
- 3) Untuk menghasilkan sisa (residu) yang bernilai setinggi mungkin.

Pada umumnya bahan dibersihkan dari bagian-bagian yang bukan lemak dan dicuci sebelum ekstraksi atau seperti pada daging, disebut *rendering*. Bahan lemak sering dipotong kecil-kecil (Rohman dan Sudjaji, 2012).

Macam-macam ekstraksi meliputi *rendering* (*dry rendering* dan *wet rendering*), pengepresan mekanik dan ekstraksi pelarut (Ketaren, 2008 dan Winarno, 1992):

1) *Rendering*

Pada teknik ini digunakan panas untuk menggumpalkan protein pada dinding sel dan memecahkan dinding sel tersebut sehingga akan mudah ditembus oleh minyak atau lemak yang terkandung di dalamnya. Berdasarkan proses pengerjaannya *rendering* terbagi menjadi dua, yaitu:

a. *Wet rendering*

Wet rendering adalah proses *rendering* dengan penambahan sejumlah air selama proses. Cara ini dikerjakan dengan ketel terbuka atau tertutup pada suhu tinggi serta tekanan 3-4 atm. Jika diinginkan aroma netral dari minyak atau lemak maka dapat digunakan suhu rendah.

b. *Dry rendering*

Dry rendering adalah salah satu cara *rendering* tanpa penambahan air selama proses. Proses ini dilakukan dalam ketel terbuka dan dilengkapi dengan penyekat uap serta alat pengaduk (*agigator*).

Sampel dimasukkan ke dalam ketel tanpa penambahan air kemudian dipanaskan sambil diaduk. Pemanasan dilakukan pada suhu 105-110 °C.

2) Pengepresan mekanis

Pengepresan mekanis merupakan suatu cara memisahkan minyak dari bahan yang berkadar minyak tinggi (30-70%), terutama digunakan untuk bahan yang berasal dari biji-bijian. Dua cara umum dalam pengepresan mekanis, yaitu:

a. Pengepresan hidraulik (*Hydraulic Pressing*)

Pada metode ini bahan yang mengandung minyak atau lemak diberi tekanan sebesar 136 atm. Jumlah minyak atau lemak yang diperoleh bergantung pada tekanan yang digunakan, lama tekanan yang diberikan, dan kandungan minyak atau lemak dalam sampel.

b. Pengepresan beruling (*Expeller Pressing*)

Metode ini memerlukan perlakuan khusus pada bahan yang mengandung minyak atau lemak, yaitu proses pemasakan dilakukan pada suhu 115,5 °C dengan tekanan sekitar 15-20 atm.

3) Ekstraksi dengan pelarut

Ekstraksi pelarut dari bahan-bahan yang merupakan sumbernya memberikan hasil lemak tertinggi. Pelarut akan melarutkan lemak dari jaringan. Ampas jaringan kemudian dapat dikeringkan untuk digunakan sebagai makanan ternak. Pelarut diambil kembali dari minyak, biasanya dilakukan dengan hampa udara (Watson, 2013).

Ekstraksi minyak atau lemak suatu bahan dapat dilakukan dengan menggunakan metode sokletasi dan alatnya disebut ekstraktor soklet. Ekstraksi dengan pelarut merupakan cara ekstraksi yang efisien, karena pelarut yang digunakan dapat diperoleh kembali. Dalam penentuan kadar lemak atau minyak, bahan yang diuji harus cukup kering, karena jika masih basah selain memperlambat proses ekstraksi, air dapat turun ke dalam labu dan mempengaruhi dalam perhitungan (Ketaren, 2008). Sokletasi merupakan salah satu jenis ekstraksi menggunakan alat soklet. Pada ekstraksi ini pelarut dan

sampel ditempatkan secara terpisah. Prinsipnya adalah ekstraksi dilakukan secara terus menerus menggunakan pelarut yang relatif sedikit. Bila ekstraksi telah selesai maka pelarut diuapkan sehingga akan diperoleh ekstrak. Biasanya pelarut yang digunakan adalah pelarut-pelarut yang mudah menguap dan mempunyai titik didih yang rendah. Sokletasi dilakukan dengan cara pemanasan pelarut. Uap pelarut yang dihasilkan mengalami pendinginan dalam kondensor dan secara kontinyu akan membasahi sampel dan secara teratur pelarut tersebut dimasukkan kembali ke dalam labu dengan membawa analit. Proses ini berlangsung secara kontinyu. Pelarut yang digunakan dapat diuapkan kembali dan dipisahkan dari analit. Sokletasi dapat dihentikan dengan cara menghentikan pemanasan. Peralatan yang digunakan dalam sokletasi terdiri dari kondensor, soklet, labu dasar bulat dan pemanas. Soklet terdiri dari timbal, pipa F dan sifon. Kondensor berfungsi sebagai pendingin untuk mempercepat proses pengembunan, timbal berfungsi sebagai wadah untuk menyimpan sampel, pipa F berfungsi sebagai saluran bagi uap pelarut yang dipanaskan pada labu bulat ke kondensor, sifon berfungsi sebagai perhitungan siklus, bila larutan pada sifon penuh dan jatuh ke dalam labu dasar bulat maka dihitung sebagai satu siklus. Labu dasar bulat berfungsi sebagai wadah pelarut, sedangkan pemanas berfungsi untuk memanaskan pelarut (Leba, 2017).

Pemilihan pelarut yang digunakan dalam proses pengambilan minyak secara ekstraksi harus memenuhi syarat-syarat tertentu (Ketaren, 2008) yaitu:

- a. Selektif. Pelarut harus dapat melarutkan semua zat dengan cepat dan sempurna serta sesedikit mungkin melarutkan bahan seperti lilin, pigmen, dan senyawa albumin.
- b. Mempunyai titik didih yang cukup rendah. Hal ini supaya pelarut mudah dapat diuapkan tanpa menggunakan suhu tinggi, namun titik didih pelarut tidak boleh terlalu rendah karena akan mengakibatkan kehilangan akibat palarutan.

- c. Bersifat inert. Artinya pelarut tidak bereaksi dengan komponen minyak atau lemak atau komponen yang akan dianalisis.
- d. Murah dan mudah didapatkan. Pelarut yang baik untuk ekstraksi adalah pelarut yang memenuhi syarat-syarat di atas. Namun tidak ada pelarut yang ideal.

6. Spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Spektroskopi inframerah atau FTIR adalah salah satu teknik spektroskopi yang paling umum digunakan oleh kimia organik dan anorganik. Spektroskopi IR memungkinkan untuk digunakan dalam deteksi suatu sampel karena spektra tersebut dapat dimanfaatkan untuk analisis kualitatif dan kuantitatif (Hof, 2003). Tujuan utama analisis spektroskopi inframerah adalah menentukan gugus-gugus fungsi molekul (Mulja dan Suharman, 1995).

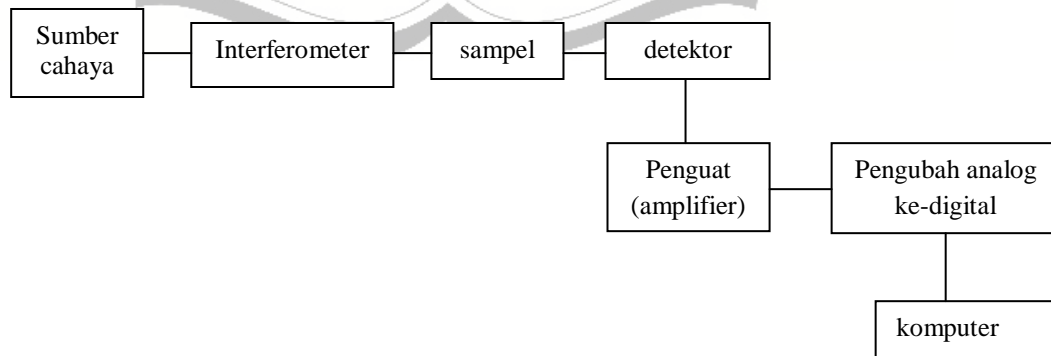
Spektroskopi inframerah merupakan teknik analisis yang tidak merusak (*non destructive*), sensitif, serta tidak melibatkan penyiapan sampel yang rumit. Teknik ini telah digunakan dalam berbagai macam analisis seperti produk-produk makanan selama beberapa tahun, baik pada daerah inframerah dekat maupun daerah inframerah tengah. Dibandingkan dengan teknik analisis yang lain seperti kromatografi yang mengidentifikasi komponen yang terdapat dalam turunan babi, spektroskopi FTIR telah diidentifikasi sebagai teknik yang ideal karena menganalisis turunan babi sebagai satu kesatuan benda (Reid *et al.*, 2006). Analisis turunan babi dengan menggunakan spektroskopi inframerah di daerah tengah ($4000-400\text{ cm}^{-1}$) memberikan informasi yang bernilai tentang adanya ikatan-ikatan molekul dalam turunan babi, dengan demikian, spektroskopi FTIR memberikan informasi tentang jenis-jenis gugus fungsional secara rinci yang terdapat dalam turunan babi (Rohman, 2011).

Sejak dikembangkannya instrumentasi Fourier, spektroskopi FTIR telah berkembang sebagai alat analisis yang digunakan untuk kajian turunan babi (Guillen dan Cabo, 1997). Keuntungan utama spektroskopi FTIR adalah bahwa alat ini menawarkan sensitifitas yang tinggi, waktu analisis yang cepat, akurasi dan reproduibilitas frekuensi yang sangat baik, dapat dimanipulasi untuk

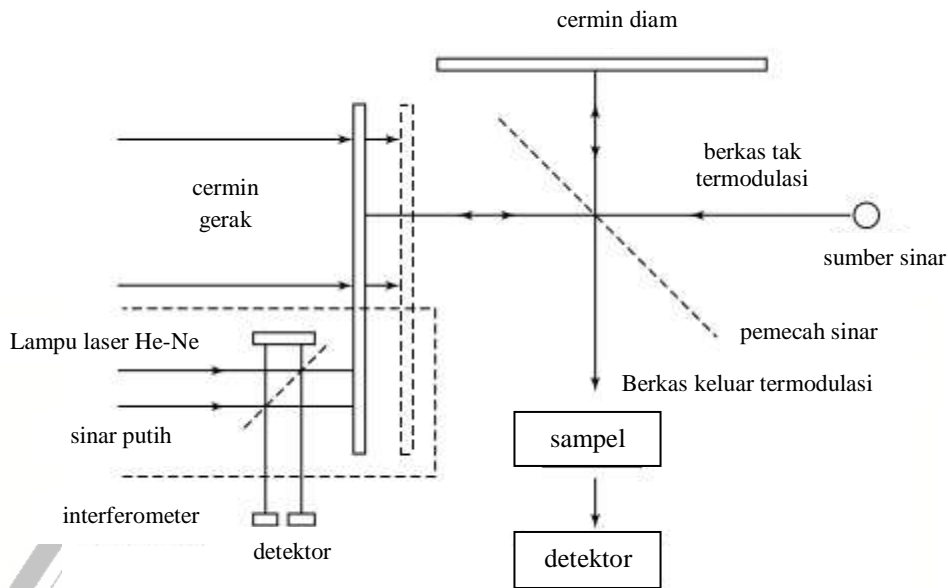
menghasilkan data yang dapat diterima, serta dilengkapi dengan perangkat lunak kemometrika yang mampu membantu untuk analisis kualitatif dan kuantitatif (Bendini dan Lerckler, 2007; Che Man *et al.*, 2010).

Spektra FTIR lemak babi pada dasarnya mirip dengan spektra FTIR hewani yang lain karena pada dasarnya minyak dan lemak tersusun dari trigliserida (ester asam lemak dengan gliserol). Yang membedakan adalah dalam hal jenis asam lemak penyusun, urutan asam lemak, serta tingkat kejenuhan asam lemak. Alasan tersebut menjadikan deteksi lemak babi dalam lemak hewani atau dalam minyak nabati lainnya sering menyulitkan. Meskipun demikian, karena kemampuannya sebagai teknik sidik jari (*fingerprint*) yang berarti bahwa tidak ada 2 minyak atau lemak yang mempunyai jumlah puncak atau intensitas yang sama, maka spektroskopi FTIR merupakan teknik yang menjanjikan untuk analisis lemak babi. Oleh karena itu maka spektroskopi FTIR dapat dimanfaatkan oleh seorang analis untuk membuat penandaan awal lemak babi (Safar *et al.*, 1994).

FTIR didasarkan pada gagasan adanya interferensi radiasi antara dua berkas untuk menghasilkan interferogram. Yang terakhir adalah sinyal yang dihasilkan sebagai fungsi dari perubahan panjang jalur antara dua balok. Dua domain jarak dan frekuensi saling dipertukarkan dengan metode matematis transformasi Fourier. Radiasi yang muncul dari sumber dilewatkan melalui interferometer ke sampel sebelum mencapai detektor. Setelah pengamplasan sinyal, dimana kontribusi frekuensi tinggi telah dieliminasi oleh sebuah filter, data diubah menjadi bentuk digital oleh konverter analog-ke-digital dan dipindahkan ke komputer untuk transformasi Fourier (Stuart, 2004).



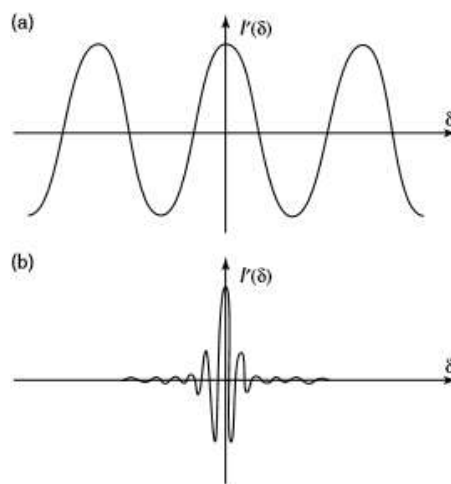
Gambar 2.3. Komponen dasar spektrometer FTIR (Stuart, 2004)



Gambar 2.4. Sistematika interferometer Michelson (Stuart, 2004)

Interferometer yang paling umum digunakan dalam spektrometri FTIR adalah interferometer Michelson, yang terdiri dari dua cermin bidang tegak lurus, yang salah satunya dapat bergerak dalam arah yang tegak lurus terhadap bidang. Sebuah film semi-refleksi, *beamsplitter*, membagi dua bidang dari dua cermin ini. Bahan *beamsplitter* harus dipilih sesuai wilayah yang akan diperiksa. Bahan seperti germanium atau besi oksida dilapisi ke substrat 'inframerah-transparan' seperti potasium bromida atau cesium iodida untuk menghasilkan *beamsplitters* untuk daerah inframerah tengah atau inframerah dekat. Film organik tipis, seperti poli (etilen tereftalat), digunakan di daerah inframerah jauh. Jika balok radiasi monokromatik dengan panjang gelombang λ (cm) dilewatkan ke dalam *beamsplitter* ideal, 50% radiasi kejadian akan diputar ke salah satu cermin sementara 50% akan dikirim ke cermin lainnya. Dua balok itu tercermin dari cermin-cermin ini, kembali ke *beamsplitter* tempat mereka bergabung kembali dan ikut campur. 50% sinar yang dipantulkan dari cermin tetap ditransmisikan melalui *beamsplitter* sementara 50% direfleksikan kembali ke arah sumbernya. Sinar yang muncul dari interferometer pada 90° ke balok input disebut balok yang ditransmisikan dan inilah berkas yang terdeteksi pada spektrometri FTIR. Cermin

yang bergerak menghasilkan perbedaan jalur optik antara kedua lengan interferometer. Untuk perbedaan jalur $(n + 1/2) \lambda$, kedua balok mengganggu secara destruktif dalam kasus balok yang ditransmisikan dan secara konstruktif dalam kasus sinar yang dipantulkan. Pola interferensi yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 2.5 untuk (a) sumber radiasi monokromatik dan (b) sumber radiasi polikromatik (b). Bagian pertama adalah fungsi kosinus yang sederhana, namun yang terakhir adalah bentuk yang lebih rumit karena mengandung semua informasi spektra radiasi yang jatuh pada detektor.



Gambar 2.5. Pola interferogram (Stuart, 2004)

Daerah spektrum inframerah dapat dibagi menjadi dua yaitu (Mudasir dan Candra, 2008):

1. Daerah frekuensi gugus fungsional terletak pada daerah radiasi $4000-1400 \text{ cm}^{-1}$. Bagian dari spektrum ini menunjukkan absorpsi yang timbul karena ikatan dan gugus. Kebanyakan puncak absorpsi dalam daerah spektrum ini dengan mudah dikenal berasal dari gugus fungsional yang khas.
2. Daerah sidik jari (*fingerprint*) yaitu daerah yang terletak pada $1400-400 \text{ cm}^{-1}$. Pita-pita absorpsi pada daerah ini berhubungan dengan vibrasi molekul secara keseluruhan. Setiap atom dalam molekul akan saling mempengaruhi sehingga dihasilkan pita-pita absorpsi yang khas untuk setiap model.

Pembagian daerah inframerah dapat dibagi menjadi 3 (Watson, 2013):

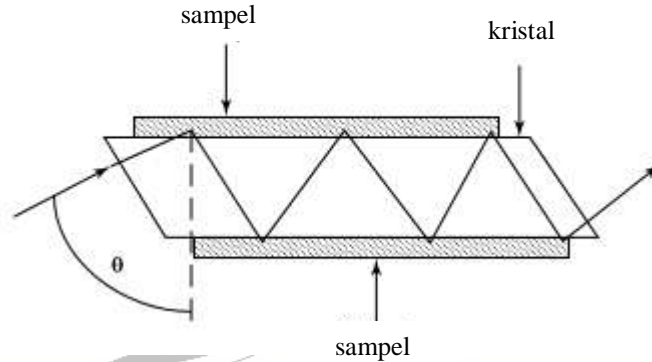
Tabel 2.4 Rentang inframerah

Rentang	Inframerah jauh	Inframerah tengah	Inframerah dekat
Rentang panjang gelombang	50-1000 μm	2,5-50 μm	0,8-2,5 μm
Rentang bilangan gelombang	200-10 cm^{-1}	4000-200 cm^{-1}	12500-4000 cm^{-1}
Rentang energy	0,025-0,0012 eV	0,5-0,025 eV	1,55-0,5 eV

Sumber: Watson, 2013

Daerah inframerah-tengah biasa digunakan untuk konfirmasi struktur, tetapi spektrofotometri inframerah-dekat, yang telah lama digunakan untuk mengendalikan produk-produk seperti tepung dan makanan hewan, semakin banyak diterapkan dalam pengendalian mutu di industri farmasi. Untuk penjelasan kegunaan spektroskopi inframerah, suatu molekul dianggap tergabung melalui ikatan-ikatan yang berlaku seperti mata air. Sedangkan inframerah-dekat terjadi ketika suatu mekanika kuantik tidak memungkinkan untuk transisi dari V_0 - V_2 (Watson, 2013).

Pengukuran refleksi internal dapat dilakukan dengan menggunakan *Attenuated Total Reflectance* (ATR). ATR menggunakan fenomena refleksi internal total. Sinar radiasi yang memasuki kristal akan mengalami refleksi internal total saat sudut kejadian pada antarmuka antara sampel dan kristal lebih besar daripada sudut kritis, dimana yang terakhir adalah fungsi dari indeks bias kedua permukaan. Balok menembus sebagian kecil dari panjang gelombang diluar permukaan yang memantulkan dan bila material yang secara selektif menyerap radiasi berada dalam kontak dekat dengan permukaan yang memantulkan, balok akan kehilangan energi pada panjang gelombang dimana material menyerap. Radiasi yang dilemahkan oleh resultan kemudian akan diukur dan diplot sebagai fungsi panjang gelombang oleh spektrometer dan menghasilkan karakteristik spektrum serapan sampel.



Gambar 2.6. Skematika ATR (Stuart, 2004)

7. KEMOMETRIK

Analisis kemometrik merupakan disiplin ilmu kimia yang menggunakan matematika dan metode statistik untuk memproses, mengevaluasi, dan menginterpretasi sejumlah besar data dari analisis kimia. Kemometrik menyediakan teknik untuk mengurangi data berukuran besar yang diperoleh dari instrumen seperti spektrofotometer (Vermuza, 2002). Kemometrika dapat digunakan untuk merancang atau memilih prosedur dan pengujian yang optimal, serta untuk menarik informasi kimia sebanyak-banyaknya dari suatu data (Rohman, 2014). Kalibrasi multivariat merupakan salah satu teknik analisis yang signifikan pada semua bidang kimia, terutama pada spektroskopi dapat untuk menganalisis campuran senyawa (Brereton, 2007). Teknik kalibrasi multivariat ini antara lain berupa *multiple linear regression* (MLR), *principle component analysis* (PCA), *principle component regression* (PCR), *partial least square* (PLS), dan *artificial neural network* (ANN) (Brereton, 2007).

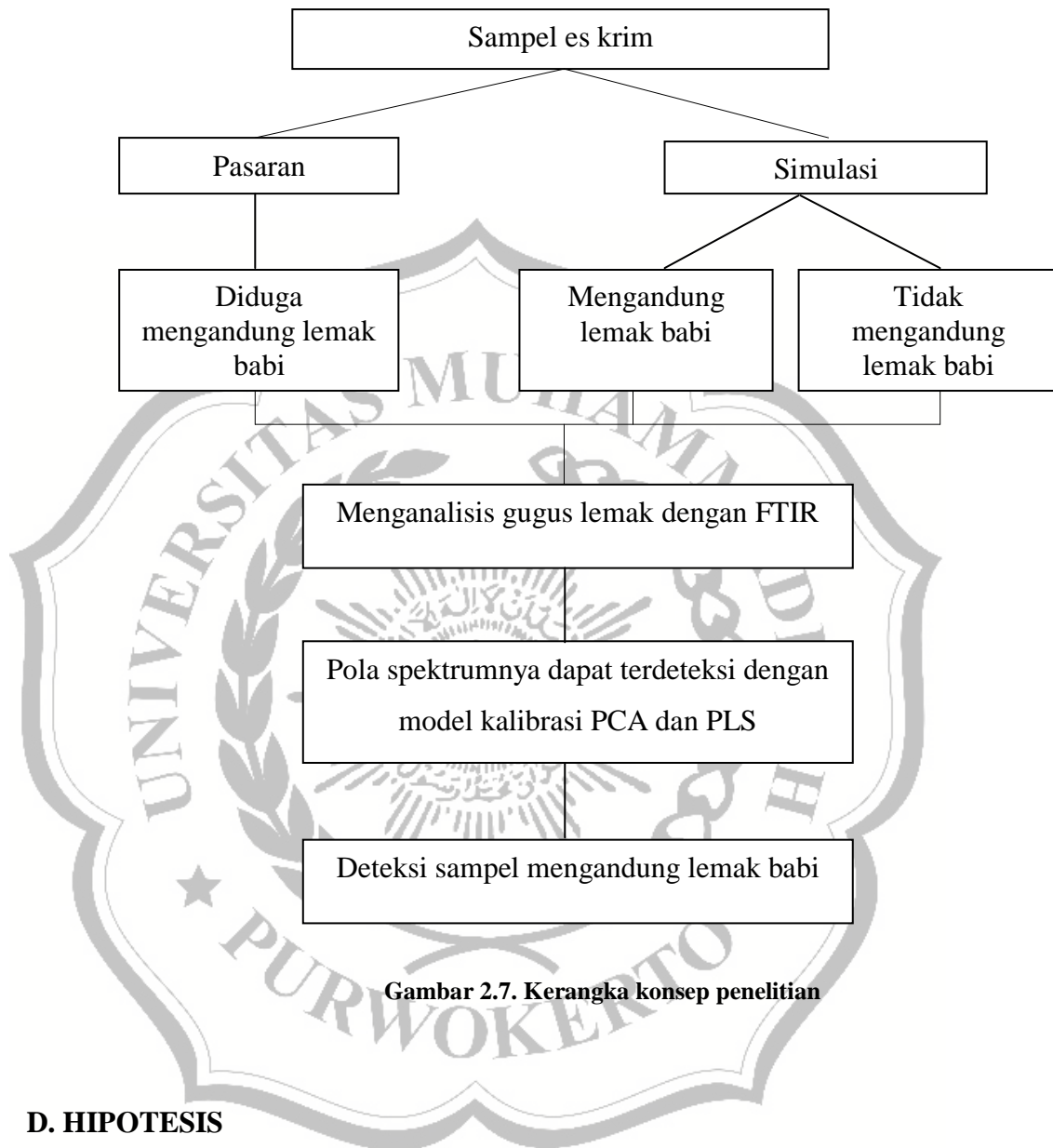
Selanjutnya model ini dapat digunakan untuk menduga contoh yang datanya tidak diketahui. Salah satu analisis spektrum yang terpenting adalah membentuk model kalibrasi melalui metode pengenalan pola untuk mengidentifikasi kemiripan dan pola utama dari data (Sun, 2008). Metode ini menghitung persamaan regresi berdasarkan spektrofotometri dan informasi analit yang diketahui. Selanjutnya, model yang telah dibuat dapat digunakan untuk memprediksi sampel yang tidak kasar (Sun, 2008).

PCR menggunakan regresi untuk mengubah skor dalam konsentrasi (Brereton, 2007). Untuk mendapatkan skor yang akan diregresikan dengan konsentrasi dibutuhkan analisis komponen utama (*principle component analysis*, PCA). PCA merupakan suatu teknik untuk mengurangi jumlah peubah dalam suatu matriks data. Prinsip PCA adalah mencari komponen utama yang merupakan kombinasi linear dari peubah asli komponen-komponen utama (PC) tersebut dipilih sedemikian rupa sehingga komponen utama pertama memiliki variasi terbesar dalam set data, sedangkan komponen utama kedua tegak lurus terhadap komponen utama pertama dan memiliki variasi terbesar berikutnya (Miller & Miller, 2010). Jika jumlah ragam dari komponen utama satu (PC 1) dan dua (PC 2) lebih besar dari 70%, maka plot skor memperlihatkan visualisasi dua dimensi yang baik. Analisis komponen utama (*principal component analysis*/PCA) pada dasarnya adalah teknik reduksi data multivariat, ketika antar variabel terjadi korelasi. Objek (sampel) dengan komponen utama (*principle component*/PC) yang hampir sama mempunyai sifat fisika-kimia yang hampir sama, sehingga PCA dapat digunakan untuk pengelompokan. PCA merupakan suatu teknik untuk mengurangi banyaknya data, ketika terdapat suatu korelasi antar data. Ide yang mendasari PCA adalah dengan menemukan komponen utama yang merupakan suatu kombinasi linier variabel-variabel asal yang menggambarkan tiap specimen. Sekali dua atau lebih kelompok telah diidentifikasi dengan menggunakan PCA, maka dimungkinkan untuk memberikan penjelasan antar kelompok dalam hal struktur atau sifat kimia-fisika. PCA pada dasarnya merupakan metode matematik untuk mereduksi data dan PCA tidak mengasumsikan bahwa data mempunyai distribusi khusus apapun (Rohman, 2014).

PLS dan PCR dapat digunakan untuk mengambil informasi yang selektif dari data yg tidak selektif (Hof, 2003). Suatu model hasil regresi PLS digolongkan sebagai model yang dapat dipercaya bila nilai parameter yang dihasilkan, diantaranya nilai korelasi (r) dan nilai galat, serupa untuk setiap tahapan pembuatan model. Nilai korelasinya harus bernilai tinggi sedangkan galatnya bernilai rendah (Sun, 2008). PLS banyak digunakan untuk memprediksikan

variabel respon (atau vektor) dari variabel yang berkorelasi tinggi serta memberi pengaruh besar. Selain itu, PLS digunakan untuk memprediksikan serangkaian variabel bebas (prediktor) yang jumlahnya sangat banyak, memiliki struktur sistematis linier dan nonlinear dengan atau tanpa data yang hilang, dan memiliki kolinieritas yang tinggi. Untuk sampel yang tidak diketahui konsentrasi yang bervariasi pada sampel dan biasanya dapat diprediksi dengan ketepatan yang baik dan memanfaatkan regresi kuadrat terkecil dalam sebuah matriks (Hof, 2003). PLS menggunakan kombinasi-kombinasi linier variabel prediktor dibandingkan menggunakan variabel asal, dalam PLS cara yang digunakan untuk memperoleh atau memilih kombinasi linier adalah dengan cara variabel-variabel yang menunjukkan korelasi yang tinggi dengan variabel respon diberikan berat berlebih karena variabel-variabel ini lebih efektif untuk prediksi. Kombinasi-kombinasi linier dari variabel-variabel prediktor yang dipilih yaitu variabel-variabel yang sangat berkorelasi dengan variabel respon dan juga yang menggambarkan variasi dalam variabel prediktor. Regresi PLS memberikan kelebihan berupa pembentukan komponen regresi PLS yang dapat menggambarkan korelasi antara variabel x dan y . Setiap komponen pada regresi PLS diperoleh dengan memaksimalkan kovarians antara variabel y dengan setiap fungsi linier yang memungkinkan dari variabel x . PLS sering digunakan dalam analisis spektroskopi FTIR untuk mengekstrak informasi dari spektra yang kompleks dengan puncak-puncak yang tumpang tindih (Rohman, 2014).

C. KERANGKA KONSEP



Gambar 2.7. Kerangka konsep penelitian

D. HIPOTESIS

1. Pola spektrum lemak babi dalam es krim dapat diidentifikasi menggunakan FTIR
2. FTIR dan kemometrik dapat digunakan untuk analisis kandungan lemak babi dalam es krim yang beredar di wilayah Purwokerto