

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri pangan saat ini terus berkembang sejalan dengan perkembangan teknologi mesin pengolahan dan pengemasan yang digunakan. Badan Pusat Statistik (BPS) oleh Data Indonesia.id (2021) mencatat, Produk Domestik Bruto (PDB) Atas Dasar Harga Konstan (ADHK) industri makanan dan minuman sebesar Rp775,1 triliun pada 2021. Nilai tersebut tumbuh 2,54% pada kuartal 1 tahun 2022 sebesar Rp755,91 triliun. Hal ini menandakan makin bertumbuhnya industri pangan setelah COVID-19 melanda. Proses pengolahan pangan dengan skala industri membutuhkan mesin-mesin produksi dengan berbagai kebutuhan perawatannya, seperti penggunaan pelumas maupun oli. Pelumas dan oli yang digunakan pada mesin tidak termasuk dalam bahan yang dapat dimakan, sehingga pelumas dan oli tersebut berpotensi menimbulkan resiko kontaminasi pada makanan yang sedang diolah. Selain itu, bahan pengemas juga dapat menimbulkan kontaminasi dari tinta cetak maupun bahan pengemas yang digunakan. Kontaminasi yang dihasilkan dari pelumas, bahan kemasan, maupun proses pengolahan dengan penggunaan minyak, akan menghasilkan senyawa toksik berupa minyak mineral dan ceramide yang mudah untuk bermigrasi ke produk (Eun Chul *et al.*, 2020).

Berdasarkan artikel Withworth (2016) ada 15 produk coklat dan 5 produk keripik kentang yang tercemar minyak mineral (MOAH dan MOSH). Pada artikel yang ditulis Boucher (2021), Foodwatch Organization mengumpulkan 152 produk di Eropa yang terdiri dari berbagai jenis makanan seperti bubuk kaldu, margarin, selai hazelnut, keju, sereal, coklat, dan lain lain. Dari 152 produk yang diuji ditemukan pencemaran minyak mineral sebanyak 19 diantaranya (12,5%) ditemukan mengandung kadar minyak mineral hidrokarbon aromatik (*Mineral Oil Aromatic Hydrocarbons* – MOAH) berkisar antara 0,63 hingga 82 mg/kg makanan, sedangkan minyak mineral hidrokarbon jenuh (*Mineral Oil Saturated Hydrocarbons* – MOSH) di 92% produk yang diuji dengan konsentrasi mulai dari 0,5 hingga 140 mg/kg. Di Eropa pada tahun 2017, penggunaan kardus dan kertas daur ulang sebagai kemasan sudah dilarang. Pelarangan ini dilakukan karena kekhawatiran akan terjadinya

migrasi minyak mineral hidrokarbon (*Mineral Oil Hydrocarbons* – MOHs). Sementara itu, kasus kontaminasi/keracunan oleh ceramide belum banyak ditemukan. Tetapi sudah banyak penelitian yang membahas efek toksisitas seluler yang terjadi karena penumpukannya dalam tubuh (Sarnyai *et al.*, 2019)

Minyak mineral adalah senyawa turunan dari minyak mentah yang memiliki struktur siklik terbuka dan aromatik. Mineral oil dapat dibagi menjadi 2 yaitu MOSH dan MOAH. Resiko toksisitas keseluruhan MOHs tergantung pada komposisi kimianya. MOAH merupakan fraksi yang paling toksik (Purcaro *et al.*, 2016). Minyak yang melalui proses pemurnian (rafinasi) memiliki kadar MOHs lebih rendah dibandingkan minyak non-rafinasi dengan kadar MOAH tinggi. Kandungan MOAH yang tinggi dapat memicu efek mutagenesis dan bersifat karsinogenik terhadap tubuh manusia (Barp *et al.*, 2017). MOSH rantai panjang dan beberapa MOAH yang teralkilasi adalah promotor tumor pada dosis tinggi, tetapi tidak bersifat karsinogenik (EFSA, 2012). Berdasarkan Biedermen dan Grob (2012) MOSH dengan panjang rantai antara n-C16 dan n-C35 adalah dianggap sebagai kisaran yang memiliki efek toksik bagi tubuh. Ceramide merupakan hasil dari turunan asam lemak rantai panjang yang biasanya terakumulasi pada hati dan pankreas. Akumulasi ceramide pada tubuh dapat menginduksi proses stress ER dan apoptosis. Lipotoksitas ini terjadi karena adanya peningkatan kadar asam lemak bebas (*free fatty acid* – FFA) dapat merusak berbagai sel dan jaringan. Kerusakan sel yang disebabkan oleh FFA berlebih berkontribusi pada perkembangan patologi terkait obesitas, seperti penyakit kardiovaskular, sindrom metabolik, dan diabetes tipe 2 (Csala, 2016).

Dari berbagai kasus dan temuan efek toksikologi, dapat dilihat pentingnya untuk mengetahui proses pembentukan senyawa dan migrasinya pada makanan. Karakteristik bahan, proses pengolahan, dan jenis kemasan yang digunakan makanan menjadi faktor-faktor yang berpotensi membentuk senyawa MOHs dan ceramide, dan menjadi kunci untuk mencegah akumulasi senyawa dan timbulnya efek toksisitas jangka panjang dalam tubuh. Sehingga dari penelitian ini diharapkan dapat ditemukan rekomendasi pengolahan dan pengemasan makanan yang lebih baik. Selain itu, belum adanya regulasi yang baku secara internasional

dan proses penentuan kadar senyawa cemaran MOHs dan ceramide menjadikan perlu adanya studi yang membahas faktor-faktor pemicu timbulnya senyawa cemaran. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat membantu proses standarisasi untuk regulasi cemaran senyawa MOHs dan ceramide.

1.2. Tinjauan Pustaka

1.2.1. Minyak Mineral

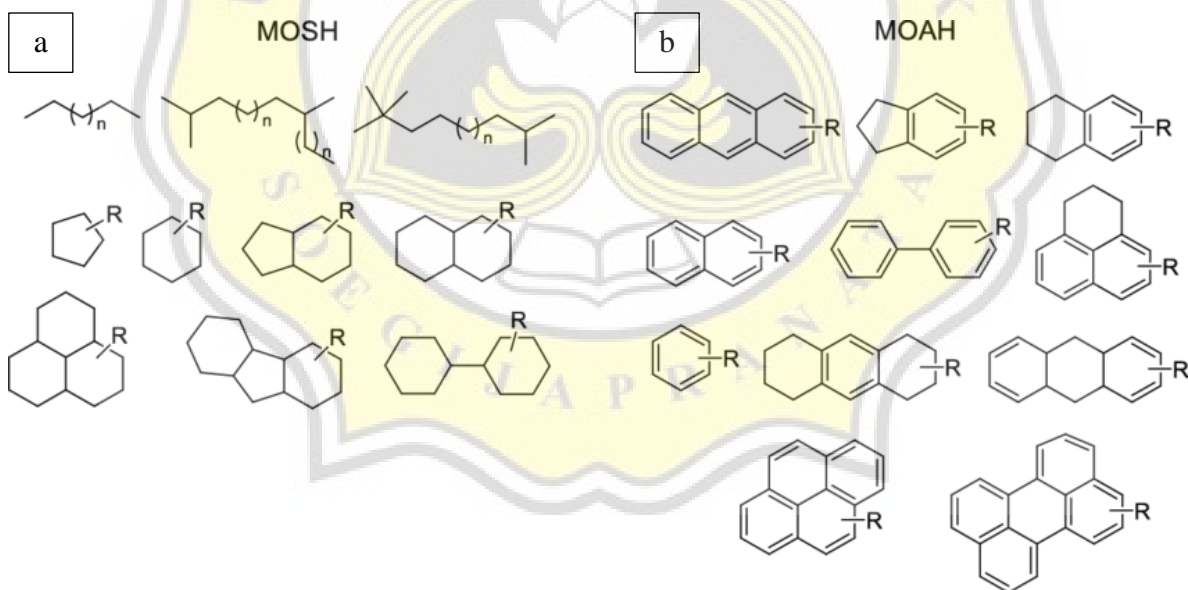
MOHs merupakan hidrokarbon yang mengandung 10 sampai sekitar 50 atom karbon. Secara kimiawi, MOHs merupakan campuran kompleks yang terdiri dari sejumlah besar senyawa, termasuk MOSH dan MOAH yang berasal dari minyak bumi dan/atau minyak sintetis (EFSA, 2012). Minyak mineral sifatnya tidak berbau, tidak berwarna, tidak mudah teroksidasi dan bisa disimpan dalam waktu yang lama. Minyak mineral memiliki beberapa nama lain dengan manfaat tersendiri, di antaranya *liquid paraffin*, *liquid petroleum*, petrolatum dalam bentuk cair dan *petroleum jelly* dalam bentuk padat.

MOHs banyak ditemukan pada produk pangan sebagai zat yang tidak sengaja ditambahkan (*unnintentionally added*). Hal ini disebabkan karena MOHs mudah bermigrasi ke makanan dari bahan kemas, misalnya bahan kemas daur ulang dan tinta pada kemasan (Liu *et al.*, 2021). Selain itu, dapat pula disebabkan karena kontaminasi makanan terhadap bahan pelumas pada mesin pengolahan pangan atau pada saat distribusi dan penyimpanan. Menurut EFSA (2012), kelompok utama produk pangan yang berkontribusi terhadap paparan MOHs adalah lemak hewani, produk bakeri, produk permen, produk hewani dan turunannya, *dessert* (hidangan penutup), pasta, dan minyak nabati.

MOHs terdiri dari tiga kelompok besar senyawa hidrokarbon, yaitu alkane, sikloalkana, dan aromatik (EFSA, 2012). MOHs dapat diidentifikasi berdasarkan sifat fisiko-kimianya. Komite Ahli FAO/WHO tentang Aditif Makanan (JECFA) mengklasifikasikan MOHs yang sangat halus ke dalam minyak mineral dengan viskositas tinggi, sedang dan rendah. Klasifikasi ini didasarkan pada massa molekul relatif rata-rata, viskositas, dan jumlah atom karbon dalam molekul pada titik distilasi 5%.

Karakteristik MOSH dan MOAH

MOSH terdiri dari rantai terbuka, hidrokarbon bercabang (parafin) dan hidrokarbon jenuh siklik (naphthenes), yang umumnya sangat teralkilasi dan mengandung satu atau lebih cincin. MOAH termasuk aromatik mono atau polisiklik molekul, yang juga sangat teralkilasi. Hidrokarbon yang memiliki setidaknya satu cincin aromatik juga dianggap sebagai MOAH meskipun secara dominan termasuk jenuh. Berdasarkan sumbernya minyak mentah dan langkah pemurniannya, konten MOAH mencapai menjadi 35% (EFSA, 2012). Hidrokarbon yang berasal dari tumbuhan juga umum digunakan dalam proses pengolahan makanan, tetapi mereka memiliki komposisi yang berbeda. MOHs berasal dari minyak mentah dengan banyak langkah pemrosesan termasuk: distilasi, ekstraksi, kristalisasi, perlakuan asam dan hidroterapi (JEFCA, 2002). Proses produksi, dan jenis minyak yang diolah akan mempengaruhi komposisi akhir MOHs (EFSA, 2012). Struktur mineral oil MOSH dan MOAH dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur MOSH (a) dan MOAH (b)

Toksistas MOSH dan MOAH

Toksistas MOSH dan MOAH tergantung pada struktur kimia yang dimilikinya. MOAH adalah senyawa yang paling beracun dibandingkan dengan MOSH. Penelitian yang

dilakukan menunjukkan bahwa MOAH memiliki resiko untuk dapat menimbulkan mutagenesis tertinggi dibandingkan MOSH. MOSH rantai panjang dan beberapa sangat MOAH teralkilasi adalah promotor tumor pada dosis tinggi, tetapi tidak karsinogenik (Gueke, 2017). MOSH antara n-C16 dan n-C35 adalah dianggap sebagai kisaran yang paling relevan secara toksikologi (Biederman *et al.*, 2012). Penelitian Barp (2017) menunjukkan bahwa pada tikus dan manusia, paparan MOSH sebanyak 2% menyebabkan pembentukan mikrogranuloma di organ tertentu termasuk hati. Paparan beberapa MOSH campuran menghasilkan peningkatan bobot hati dan limpa. Akumulasi berbagai fraksi MOSH dalam jaringan yang berbeda dari manusia dan tikus mengganggu endokrin potensial dan mungkin berkontribusi pada beban xenoestrogen pada manusia. Respon autoimun, termasuk autoimunitas sistemik, induksi atau eksaserbasi penyakit autoimun manusia yang langka (Cravedi *et al.*, 2017).

Meskipun di Indonesia maupun secara internasional belum ditetapkan standar baku, tetapi negara-negara di Eropa sudah menetapkan batas MOSH yang dapat diterima. Berdasarkan Belgian Food Safety Authority pada tahun 2017, batas MOSH pada beberapa produk pangan dapat dilihat pada Tabel 1. Selain itu, EFSA pada tahun 2012 memperkirakan paparan manusia terhadap hidrokarbon minyak mineral dari berbagai sumber antara 0,03 dan 0,3 mg MOHs/kg berat badan dengan paparan yang lebih tinggi pada anak-anak. Sehingga German Federal Institute of Risk Assessment (BfR) merekomendasikan batas migrasi hidrokarbon adalah 12 mg/kg untuk C₁₀-C₁₆, dan 4 mg/kg untuk C₁₇-C₂₀ (German Federation of Food Law and Food Science, 2017).

Tabel 1. Batas MOSH pada Beberapa Produk Pangan

Produk Pangan	Batas (mg/kg bahan)
Susu dan produk turunannya	5
Sereal	15
Produk nabati, dan jajanan	20
Produk hewani, gula, dan permen	30

Tabel 1. Batas MOSH pada Beberapa Produk Pangan

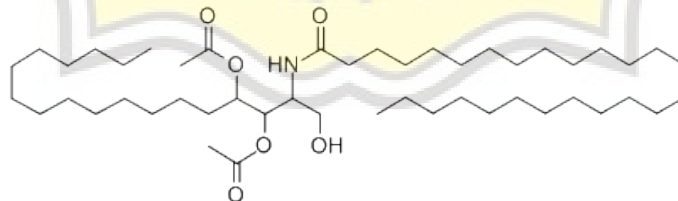
Produk Pangan	Batas (mg/kg bahan)
Ikan dan produk turunannya	60
Rempah-rempah	70
Minyak nabati dan hewani	100
Sayuran, minyak biji, kacang-kacangan, dan produk turunan telur	150

Sumber: Belgian Food Safety Authority (FAVV) (2017)

Pada tahun ini, 2022, Komite Tetap Komisi Eropa untuk Tanaman, Hewan, Makanan, dan Pakan (European Commission's Standing Committee on Plants, Animals, Food and Feed – PAFF) menerbitkan laporan tentang batasan MOAH yang direkomendasikan berada dalam produk pangan. MOAH sekarang secara teknis terbatas pada 0,5 mg/kg untuk makanan kering dengan kandungan lemak/minyak rendah ($\leq 4\%$ lemak/minyak); 1 mg/kg untuk makanan dengan kandungan lemak/minyak lebih tinggi ($>4\%$ lemak/minyak); dan 2 mg/kg untuk lemak/minyak.

1.2.2. Ceramide

Ceramide dihasilkan dari sintesis asam lemak dan *sphingosine* yang didapatkan dari konsumsi diet tinggi lemak. Ceramide dapat terbentuk dari senyawa turunan lemak dari asam lemak bebas yang dihasilkan selama proses pemanasan yang berlebih dan metabolisme tubuh terhadap diet lemak berlebih. (Sarnyai, 2019). Struktur ceramide dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur Ceramide

Konsumsi diet lemak tinggi berlebih akan menyebabkan obesitas merusak banyak sel (Schaffer, 2016). Kelebihan lemak pada tubuh akan menginduksi resistensi insulin dan

mengurangi kapasitas sel pankreas untuk mensekresi insulin, lipotoksisitas secara luas dianggap sebagai penghubung utama antara kelebihan berat badan dan diabetes tipe 2 (Csala, 2016). Konsumsi ceramide yang berlebihan akan menimbulkan efek orexigenic. Efek orexigenic dari ceramide timbul oleh perubahan mekanisme penginderaan asam lemak pada sensor integratif tubuh seperti AMP-activated protein kinase (AMPK) dan sirtuin-1 (SIRT-1), dan jalur pensinyalan seluler oleh protein kinase B (aktif), target rapamycin (mTOR) dan forkhead box protein O1 (FoxO1) (Velasco *et al.*, 2017). Hal ini akan memicu toksisitas dalam tubuh dan timbulnya berbagai penyakit. Didukung oleh penelitian yang berkembang, peran ceramide dalam patogenesis penyakit terkait obesitas, seperti penyakit hati berlemak non-alkohol (NAFLD), resistensi insulin (KonstantynowiczNowicka *et al.*, 2015) serta diabetes tipe 2 dan komplikasinya. Viabilitas sel juga berkurang oleh lemak asam, terutama yang jenuh, dan retikulum endoplasma (ER) stres telah terbukti terlibat dalam lipoapoptosis sel ini (Oh *et al.*, 2018). Sintesis ceramide dirangsang oleh kelebihan asupan FFA, dan itu telah terlibat dalam sel yang dimediasi oleh ER-stres lipoapoptosis (Boslem *et al.*, 2011; Veret *et al.*, 2011).

1.2.3. Metode Analisis MOSH, MOAH, dan Ceramide

Metode yang biasanya digunakan untuk mendeteksi MOSH dan MOAH adalah on-line LC-GC-FID (Weber *et al.*, 2018). Sementara untuk menganalisis ceramide, metode analisis yang banyak digunakan adalah kromatografi HPLC dengan tandem MS/MS (Contarini *et al.*, 2017). Berikut merupakan kelebihan dan kekurangan dari setiap metode yang dapat digunakan untuk mendeteksi MOSH, MOAH, dan Ceramide

Tabel 2. Kelebihan dan Kekurangan Metode Analisis MOSH, MOAH, dan Ceramide

No.	Metode	Kelebihan	Kekurangan	Sumber
1	HPLC	Cakupan jenis sampel yang dapat dianalisis luas, akurasi tinggi	Biaya relatif mahal, tidak cukup efektif, sulit dioperasikan	Timchenko (2021)
2	FID	Sensitivitas tinggi dengan cakupan jenis sampel yang luas, mudah dioperasikan	Destruktif karena melewati proses pembakaran sehingga tidak dapat langsung	Hage (2018)

Tabel 2. Kelebihan dan Kekurangan Metode Analisis MOSH, MOAH, dan Ceramide

No.	Metode	Kelebihan	Kekurangan	Sumber
		secara rutin, sinyalnya dapat membedakan kontaminan tertentu	dihubungkan dengan detektor GC	
3	GC	Efisien, akurat, mudah dioperasikan, sensitifitas detektor tinggi	Terbatas pada senyawa yang stabil secara termal dan mudah menguap, kebanyakan detektor GC bersifat destruktif, kecuali MS.	Pavan & Barron (2022)
4	MS	Cakupan jenis sampel yang dapat dianalisis luas, penentuan koomponen yang spesifik; kapasitas analisis besar	Biaya relatif mahal, tidak multifungsi (hasil tergantung pada analisis sebelumnya), sulit dioperasikan	Ingrand (2015)

1.2.4. Pembentukan dan Migrasi

Menurut Feng dan Yu (2020), pembentukan lemak trans dan lemak tak jenuh yang terjadi secara alami dalam makanan nabati berbeda dalam struktur dan efek kesehatannya. Asam lemak tak jenuh mudah terlibat dalam peroksidasi lipid dan pembentukan lemak trans selama industry pengolahan. Pembentukan senyawa toksik MOHs pada makanan terjadi selama proses pemasakan. Bahan pangan yang sering tidak disadari mengandung senyawa ini adalah sereal, ikan, sayur dan daging yang dipanggang pada suhu tinggi dan dalam kondisi terbuka. Studi yang dilakukan oleh Lee Gim *et al* (2015) melaporkan bahwa penggunaan minyak masak yang berulang dengan pengadukan yang banyak dapat menyebabkan resiko oksidasi minyak menjadi lebih tinggi, yang berarti akan memicu produksi senyawa turunan toksik minyak seperti ceramide.

Selain itu, menurut German Federation of Food Law and Food Science (2017), menyatakan bahwa keberadaan MOHs pada produk pangan dapat melalui kontaminasi, migrasi, dan penambahan secara tidak langsung. Kontaminasi dapat berasal dari pelumas yang digunakan untuk mesin, kontainer untuk distribusi, dan udara luar/lingkungan. EFSA (2012)

memperkuat dengan menyatakan bahwa pengolahan pangan dengan mesin yang menggunakan pelumas dan *coating*, memiliki resiko yang lebih tinggi untuk tercemar minyak mineral. Migrasi dapat terjadi jika terjadinya kontak antara kemasan dan produk pangan seiring berjalannya waktu penyimpanan. Kontaminasi minyak mineral juga dapat diperparah dengan proses pengemasannya yang menggunakan senyawa poliolefin yang mempermudah bermigrasinya senyawa MOSH dan MOAH ke makanan tinggi lemak. (Eun Chul *et al.*, 2020). Sedangkan penambahan secara tidak langsung dapat terjadi ketika dilakukan penambahan bahan-bahan tambahan seperti agen pengontrol debu, agen pelapis, agen anti lengket, agen anti busa, pestisida, dan lain-lain (German Federation of Food Law and Food Science, 2017).

1.2.5. Analisis Kesenjangan

Berdasarkan kajian yang telah dilakukan selama 10 tahun terakhir. Terdapat 3 jurnal yang digunakan untuk membahas efek senyawa cemaran MOHs dan Ceramide. Menurut Carmen dan Gloria (2015), senyawa turunan lipid dapat terbentuk dengan 3 cara dasar yaitu hidrolisis, oksidasi dan perubahan suhu. Proses ini yang kemudian akan membentuk senyawa turunan minyak seperti MOHs dan ceramide yang berpotensi menjadi senyawa toksik. Pada penelitian Fransisco dan Rosario (2008) dan Traul *et al.*, 2000, menyelidiki proses pemanasan yang berlebih pada minyak dan pangan olahan yang memiliki kadar gula tinggi akan membentuk senyawa akrilamid dan aldehid pada minyak yang memicu timbulnya senyawa toksik. Senyawa turunan yang terkonsumsi ini dapat memicu timbulnya berbagai penyakit jantung dan kanker Gooldberg *et al* (2012). Studi yang dilakukan EFSA (2012), dapat menunjukkan batas konsumsi diet minyak mineral pada makanan tertentu tetapi belum dapat menjelaskan batas minyak mineral dalam proses pengolahan makanan. Hal ini yang melatar belakangi penulis untuk membahas jenis proses pengolahan yang memiliki resiko tinggi kontaminasi MOSH, MOAH, dan ceramide.

Tabel 3. Analisis Kesenjangan

No	Judul Artikel	Penulis, Tahun	Aspek-aspek yang direview	Kesimpulan
1	Possible adverse effects of	Carmen Dobarganes and Gloria	Mengetahui proses pembentukan	Senyawa turunan lipid dapat terbentuk melewati 3 cara hidrolisis, oksidasi dan perubahan

Tabel 3. Analisis Kesenjangan

No	Judul Artikel	Penulis, Tahun	Aspek-aspek yang direview	Kesimpulan
	frying with vegetable oils	Ma´rquez-Ruiz , 2015	senyawa turunan lipid pada minyak goreng	suhu. Dalam review ini, sepakat bahwa penggunaan minyak goreng bekas dalam jumlah sedang dibawah normal masih boleh digunakan. Beberapa senyawa yang terbentuk dalam proses penggorengan dapat menurunkan nilai gizi dan berpotensi bahaya. Potensi bahaya ini akan meningkat seiring dengan proses penggorengan berulang oleh minyak goreng bekas. Oleh karena itu perlu adanya studi yang dapat menyatakan banyaknya kandungan senyawa turunan lipid dan efeknya pada metabolisme tubuh. Sehingga pengawasan dan penentuan batas konsumsi dapat dilakukan.
2	Analysis of Trans Fat in Edible Oils with Cooking Process.	Song, J., Park, J., Jung, J., Lee, C., Gim, S. Y., Ka, H., Yi, B., Kim, M. J., Kim, C. I., & Lee, J. (2015).	Mengetahui jumlah lemak trans pada minyak konsumsi pada proses pengolahan yang berbeda	Metode Gas Chromatography-Flame Ionization Detector (GC-FID) merupakan metode yang paling akurat untuk menentukan lemak trans dalam minyak tumbuhan. Metode GC-FID dapat diaplikasikan pada semua matriks makanan dengan proses ekstraksi lemak yang benar untuk analisis kadar lemak trans. Sedangkan metode pengolahan <i>stir-frying</i> dapat meningkatkan jumlah lemak trans karena laju oksidasi lemak yang cepat oleh karena proses pemanasan dan pengadukan.
3	Potential Adverse Public Health Effects Afforded by	Grootveld, M., Percival, B. C., Leenders, J.,	Mengetahui pembentukan Lipid Oxidation Product (LOP), efek toksisitasnya	LOP yang berbentuk aldehid umumnya sering tidak sengaja tertelan yang menimbulkan genotoksin dalam tubuh yang memicu munculnya ROS dan berbagai penyakit degeneratif. LOP

Tabel 3. Analisis Kesenjangan

No	Judul Artikel	Penulis, Tahun	Aspek-aspek yang direview	Kesimpulan
	the Ingestion of Dietary Lipid Oxidation Product Toxins: Significance of Fried Food Sources	& Wilson, P. B. (2020)	pada kesehatan dan menyelidiki hubungan antara kejadian PTM, dan frekuensi dan perkiraan jumlah asupan makanan LOP.	mudah terserap pada makanan yang digoreng, seperti keripik kentang, roti daging sapi, ayam ungkep, dll. Kandungan aldehida pada produk gorengan yang dikumpulkan pada resto/ ritel sekitar 25 ppm. Selain itu, penetapan ketat ADI dan MHDI yang saat ini tidak tersedia untuk sejumlah besar makanan. LOP aldehid juga merupakan prospek kunci di masa depan.
4	Food Anoxia and the Formation of Flavor or Toxic Compounds by Amino Acid Degradation Initiated by Oxidized Lipids	FRANCISCO J. HIDALGO AND ROSARIO ZAMORA (2008)	Melihat proses pembentukan senyawa toxic vinylogous (turunan lipid) pada proses Maillard	Proses oksidasi akan membentuk senyawa stracker aldehid dan turunan vinylogous. Pengamatan pembentukan senyawa tersebut bervariasi karena memiliki pathway oksidasi lemak yang bermacam macam. Pada system pangan kompleks, lemak yang terikat dengan karbohidrat jika mengalami pemanasan akan membentuk reaksi maillard. Sehingga terdapat hubungan yang berkaitan antara pembentukan reaksi Maillard dan senyawa toksik. Tetapi dibutuhkan studi primer lebih lanjut untuk menentukan besar kandungan senyawa toksik yang terbentuk.
5	Review of toxicological properties of medium chain Triglycerides	Traul <i>et al</i> (2000)	Mengulas karakteristik toksikologi dari MCT yang telah digunakan	MCT memiliki batas ambang NOAEL 10ml/kg (9,54g/kg) jika dikonsumsi secara oral. MCT memiliki efek karsinogen yang membahayakan. Tetapi pada penggunaannya MCT tergolong memiliki resiko toksik yang rendah. Jika dikonsumsi sebagai supplement dengan rasio 50% dari lemak yang diasup per harinya.

Tabel 3. Analisis Kesenjangan

No	Judul Artikel	Penulis, Tahun	Aspek-aspek yang direview	Kesimpulan
6	Toxicity and Safety of Fats and Oils	Feng dan Yu Wang (2020)	Menjelaskan hasil pembentukan dan keamanan senyawa toksik dari pengolahan minyak pada industri makanan	Dalam jurnal membahas pembentukan dan keamanan senyawa toksik yang terbentuk dari lemak trans. Senyawa yang dibahas adalah Chloropenol ester, asam lemak Glycidol yang teresterifikasi dan asam lemak 3-MCPD. Senyawa toksik ini, sering terbentuk seiring pengolahan dan waktu penyimpanan yang dilakukan. Membahas juga keamanan senyawa lemak alami lain yang berperan sebagai kontaminan yang dapat menimbulkan efek toksik jika dikonsumsi berlebih, seperti kolesterol, PCBs, PAHs, MOSH dan MOAH.
7	Lipid Metabolism and Toxicity In the Heart	Gooldberg <i>etal.</i> , (2012)	Metabolisme lipid dan efek toksisitas yang ditimbulkan di jantung	Jantung memiliki kebutuhan kalori terbesar dan oksidasi asam lemak (FA) yang paling besar. Dalam kondisi patologis seperti obesitas dan diabetes tipe 2, serapan jantung dan oksidasi tidak seimbang dan hati akan menumpuk lipid yang berpotensi menyebabkan lipotoksisitas jantung. Dengan memahami metabolisme lipid yang digunakan jantung untuk memperoleh FA dari siklus dan untuk menyimpan trigliserida intraseluler. Tidak seimbangnya konsumsi FA dengan oksidasi akan memicu penumpukan FA yang akan membentuk long-chain FA yang bergabung menjadi Triacylglicerid, yang telah diteliti memiliki resiko toksik rendah dibandingkan dengan turunan

Tabel 3. Analisis Kesenjangan

No	Judul Artikel	Penulis, Tahun	Aspek-aspek yang direview	Kesimpulan
				lipid yang lain seperti DAGs dan ceramide yang toksik. Selain itu, oksidasi FA oleh mitokondria yang rusak akan menghasilkan senyawa toksik rantai sedang <i>acyl carnitine</i> . Sehingga penumpukan senyawa toksik ini akan memicu lipotoksisitas pada tumbuh manusia dan menimbulkan penyakit jantung.
8	Potential for short-term migration of mineral oil hydrocarbons from coated and uncoated food contact paper and board into a fatty food simulant	Eun chul <i>et al.</i> , 2020	Mengetahui besaran migrasi MOSH dan MOAH pada berbagai jenis kemasan pangan olahan gorengan yang dikumpulkan dari Korea, Jerman, Prancis, dan Portugal.	Migrasi senyawa MOSH dan MOAH pada bahan kemasan Baking paper, piring kertas, paper cup, kotak makan, kemasan tas makanan dll, memiliki kecepatan migrasi bermacam macam pada makanan tinggi lemak. Pemanasan pada suhu 25 °C selama 10 menit menunjukan kemasan dengan lapisan PP/PE yang memiliki lapisan polyoleifenic memiliki migrasi yang paling besar. Penggunaan pada bahan pangan yang basah dan
9	SCIENTIFIC OPINION Scientific Opinion on Mineral Oil Hydrocarbons in Food EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM)	EFSA, 2012	Membahas mengenai efek dan faktor timbulnya cemaran MOSH dan MOAH pada rantai olahan pangan.	Penelitian ini membahas tentang efek dan faktor penyebab timbulnya cemaran MOSH dan MOAH pada makanan dan batas konsumsi yang boleh ada pada makanan. Tetapi karena fokus studi hanya pada jumlah cemaran yang ada pada makanan, penentuan limit cemaran MOSH dan MOAH belum optimal. Sehingga menyebabkan banyaknya <i>product recall</i> .

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui metode deteksi dan identifikasi MOSH, MOAH dan ceramide pada produk pangan.

