

ANALISIS KONTAMINAN 3-MCPD DALAM MINYAK SAWIT DENGAN METODE AOCS CD-29A-13 MENGGUNAKAN INSTRUMEN GC-MS

Apriandra Prastama¹ Dewi Rosmayanti²

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian

Jalan Tentara Pelajar No. 12 Cimanggu, Bogor

Telp : 0251-8321762

E-mail: ¹apriandrastama001@gmail.com, ²dewirosmayanti.1082@gmail.com

Ringkasan

3-Mono-chloropropane-1,2-diol (3-MCPD) merupakan kontaminan yang terdapat dalam pangan, salah satunya pada minyak nabati yaitu minyak sawit. Di beberapa penelitian 3-MCPD tergolong kontaminan berbahaya yang memiliki dampak pada kesehatan manusia. Tujuan dari analisa ini adalah untuk mengidentifikasi kontaminan 3-MCPD pada sampel minyak goreng curah dan CPO menggunakan instrumen kromatografi gas-spektrometri massa (GC-MS) dengan metode AOCS Cd-29a-13. Analisa ini dilakukan pada bulan September 2021. Validasi metode analisis yang dilakukan memberikan hasil persamaan regresi $y = 1,10045x + 0,0387$ dengan linieritas $R^2 = 0,9927$ dengan presisi waktu retensi (% RSD) adalah 0,1372 %. Hasil validasi menunjukkan bahwa metode analisis ini telah memenuhi kriteria yang dipersyaratkan oleh Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). Prinsip kerja analisa sampel meliputi proses transesterifikasi menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) kemudian proses derivatisasi menggunakan PBA (Asam Fenilboronat). Berdasarkan hasil analisis diperoleh hasil 100 % sampel minyak goreng curah terkontaminasi 3-MCPD dengan kadar 1,57-1,61 mg/kg⁻¹. Kadar ini sudah melewati standar batas maksimal yang telah ditetapkan oleh European Union (EU). Perlu adanya peran nyata pemerintah dalam pengawasan dan penerapan standar keamanan pangan pada minyak goreng curah di pasar. Sementara itu, pada sampel CPO tidak ditemukan adanya kontaminan 3-MCPD.

Kata Kunci: 3-MCPD, Minyak Goreng Curah, CPO, Metode AOCS, GC-MS

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki lahan kelapa sawit seluas 15,08 juta hektare (ha) dengan produksi minyak sawit / *crude palm oil* (CPO) sebesar 51,3 juta Ton pada tahun 2021 [1]. Minyak goreng adalah hasil turunan minyak sawit yang merupakan salah satu dari sembilan bahan pokok yang dikonsumsi oleh masyarakat dan biasanya digunakan sebagai media menggoreng bahan pangan [2]. Salah satu jenis minyak goreng yang beredar di pasar yaitu minyak goreng curah. Minyak ini dijual tanpa menggunakan merek atau label produk dan ditempatkan pada jeriken plastik atau drum lalu dipasarkan kepada konsumen dengan harga yang relatif lebih murah [3]. Tentu harga yang murah sebanding dengan kualitasnya. Menurut *Indonesian Risk*

Assessment Center (INARAC) minyak goreng curah mengandung salah satu kontaminan berbahaya yaitu 3-MCPD yang memiliki dampak pada kesehatan manusia [4].

3-Mono-chloropropane-1,2-diol (3-MCPD) adalah kontaminan yang terdapat dalam pangan salah satunya pada minyak nabati yaitu minyak sawit [5]. Temperatur tinggi pada proses pemurnian minyak sawit (deodorisasi) merupakan salah satu faktor utama terbentuknya 3-MCPD [6]. Hasil studi terkini menunjukkan adanya senyawa 3-MCPD teridentifikasi dalam jumlah cukup tinggi pada produk minyak/lemak pangan, seperti margarin dan minyak goreng serta pangan yang mengandung lemak [7]. Kontaminan ini ditemukan pada makanan dalam bentuk bebas (diol) maupun dalam bentuk esterifikasi [5]. *International Agency for Research on Cancer* (IARC) mengklasifikasikan bahwa 3-MCPD adalah kelompok 2B yang mungkin dapat menyebabkan kanker pada manusia [8].

Peraturan Badan Standardisasi Nasional (BSN) tentang batas maksimal 3-MCPD merujuk pada aturan yang ditetapkan oleh *European Union* [9]. Berdasarkan *Commission Regulation* (EC) 1881/2006, Standar maksimum 3-MCPD adalah $0,02 \text{ mg/kg}^{-1}$ dalam *hydrolysed vegetable protein* (HVP) untuk bentuk produk cair (mengandung 40% bahan kering). Sementara $0,05 \text{ mg/kg}^{-1}$ untuk pangan HVP berbentuk produk padat [10]. *Tolerable daily intake* (TDI) 3-MCPD pada produk pangan adalah $2,0 \mu\text{g/kg}$ berat badan [11].

Analisa ini bertujuan untuk mengidentifikasi kontaminan 3-MCPD pada sampel minyak sawit (minyak curah dan *crude palm oil*/CPO) menggunakan instrumen kromatografi gas-spektroskopi massa (GC-MS) dengan metode AOCS Cd-29a-13. Hal ini perlu dilakukan untuk mengetahui apakah minyak curah yang beredar di pasar dan bahan baku pembuatannya yaitu CPO sudah bebas kontaminan 3-MCPD. Minyak sawit dipilih karena kandungan 3-MCPDnya tertinggi di beberapa penelitian sebelumnya dibandingkan minyak nabati lain [4]; [7]; [12].

2. BAHAN DAN METODE

2.1. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam analisa ini adalah sampel minyak goreng curah dan *crude palm oil* (CPO). Bahan-bahan kimia meliputi standar internal 3-MCPD-d₅ sebanyak 10 gr dari *Cambridge Isotope Laboratories Inc* kemurnian 95%. 3-MCPD dan 2-MCPD dari *Sigma Aldrich Chemie GmbH* (Jerman) dengan kemurnian 95%. Gly-P dan Gly-P-d₅ dengan kemurnian 98% serta tetrahidrofur anhidrat, metanol, n-heptana, aseton, toluena, asam sulfat, natrium hidrogen karbonat, natrium sulfat, Asam fenilboronat, Natrium bromida semuanya dengan kualitas *pro analysis* dan Milli-Q akuades (air bebas ion).

Alat-alat yang digunakan untuk analisa meliputi pipet tetes, tabung silinder, labu ukur, pipet mohr, gelas piala, vortex, oven, *ultrasonic bath*, micro pipet, unit evaporasi. Instrumen analisis yang digunakan *Gas Chromatography Mass Spectrometry* (GC-MS) dengan model 5977B GC/MSD merek Agilent (Amerika

Serikat) milik Laboratorium Kimia, Balai Besar Litbang Pascapanen Pertanian. Pengerjaan analisa dilakukan pada bulan September 2021.

2.2. Metode

Metode yang dipakai untuk analisa kontaminan 3-MCPD adalah metode dari *The American Oil Chemists Society* (AOCS) Cd-29a-13. Instrumen yang digunakan untuk menganalisa kadar 3-MCPD adalah kromatografi gas-spektroskopi massa (GC-MS) [13]. Penggunaan kromatografi gas dilakukan untuk mencari senyawa yang mudah menguap pada kondisi vakum tinggi dan tekanan rendah jika dipanaskan. Sedangkan spektrometri massa untuk menentukan bobot molekul, rumus molekul dan menghasilkan molekul bermuatan [14]. Pengaturan kondisi penggunaan GC-MS dapat dilihat pada tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Parameter Penggunaan GC

Kondisi Penggunaan	Metode AOCS
GC/MS	Merek Agilent 5977B GC/MSD dilengkapi <i>autosampler</i>
Kolom	Rtx-5MS 30 m x 0.25 mm ID x 0.25 μ m
Volume injeksi	1,0 μ L
Mode injeksi	<i>pulsed spitless</i>
Suhu injeksi	250°C
Gas pembawa	Helium
Laju aliran	0,8 mL/menit
Program suhu	80°C (1 menit), dari 80°C hingga 170°C pada 10°C/menit,

Tabel 2. Parameter Penggunaan MS

Kondisi Penggunaan	Metode AOCS
Mode ionisasi	<i>Electron Impact</i> (EI)
Mode acquisition	<i>Selected Ion Monitoring</i> (SIM)
Suhu saluran transfer	300°C
Suhu sumber ion	230°C
Suhu quadrupole	150°C
Parameter untuk mode SIM	● Fenilboronat derivative dari 3-MCPD (m/z) 147 (ion kuantifier); 196.198 (ion kualifikasi)
Jendela waktu akuisisi	5-20 menit

Beberapa preparasi yang dilakukan pada metode ini adalah preparasi reagen/pereaksi, preparasi larutan standar dan preparasi sampel analisis. Metode AOCS terdiri dari 3 (tiga) tahapan yaitu transesterifikasi, derivatisasi dan analisis GC-MS [8]

2.2.1. Preparasi Reagen/Pereaksi

Preparasi reagen/pereaksi adalah tahapan yang dilakukan untuk mempermudah tahapan memproses sampel analisa. Beberapa tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Larutan asam natrium bromida (natrium bromida 3 mg/mL, asam sulfat 5% v/v) dilarutkan dalam 1 gr natrium bromida dalam 10 ml air ultra murni. Transfer 180 μ L natrium bromida ke dalam tabung reaksi, tambahkan 0,3 ml asam sulfat 95% dan 5,5 ml air ultra murni. Kocok kuat-kuat (SR1).
2. Larutan natrium hidrogen karbonat (0,6%, b/v). Timbang 0,6 gr natrium hidrogen karbonat dalam labu ukur 100 ml dan isi sampai tandai dengan air ultra murni. Ultrasonik larutan (SR2).
3. Asam sulfat/larutan metanol (1,8% v/v). Pipet 1,8 mL asam sulfat dalam 100 ml labu ukur dan isi metanol sampai tanda batas (SR3).
4. Larutan natrium hidrogen karbonat (jenuh). Timbang 9,6 gr natrium hidrogen karbonat dalam labu ukur 100 ml dan isi sampai batas dengan air ultra-murni (SR4).
5. Larutan natrium sulfat (20%, b/v). Sebanyak 20 gr natrium sulfat dalam labu ukur 100 ml dan isi sampai tanda batas dengan air ultra murni (SR5).
6. Larutan asam fenilboronat (jenuh). Timbang 3 gr asam fenilboronat dan tambahkan 12 ml campuran aseton/air ultra murni (19/1 v/v). Kocok kuat-kuat (SR6).

2.2.2. Preparasi Larutan Standar

Larutan standar adalah larutan yang konsentrasinya sudah diketahui secara pasti. Berdasarkan kemurnian, larutan standar primer dan larutan standar sekunder [15]. Prosedur untuk mempersiapkan larutan standar sebagai berikut:

1. Semua larutan standar dilarutkan dengan toluena atau tetrahidrofuran. Tetrahidrofuran baik digunakan untuk larutan standar yang mengandung PP-3-MCPD.
2. Larutan Primer (*Stock Solutions*) konsentrasi 1000 ppm
 - a) Timbang 10 mg PP-3-MCPD (Standar 1) dalam labu ukur 10 ml. Isi sampai tanda batas, pastikan bahwa standar benar-benar terlarut dalam pelarut.
 - b) Timbang 10 mg PP-2-MCPD (Standar 2) dalam a labu ukur 10 ml. Isi sampai tanda, memastikan bahwa standarnya benar-benar terlarut dalam pelarut.

- c) Timbang 10 mg PP-3-MCPD-d5 (Standar 3) dalam labu ukur 10 ml. Isi sampai tanda batas, pastikan bahwa standar benar-benar larut dalam pelarut.
 - d) Timbang 10 mg Gly-P (Standar 4) dalam 10 ml labu ukur. Isi sampai tanda, pastikan bahwa standar benar-benar larut dalam pelarut.
 - e) Timbang 10 mg Gly-P-d5 (Standar 5) dalam 10 ml labu ukur. Isi sampai tanda, pastikan bahwa standar benar-benar larut dalam pelarut. Larutan primer stabil setidaknya selama tiga bulan bila disimpan pada suhu -18°C .
3. Larutan Sekunder (*Working Solutions*) dan deret kalibrasi
- Larutan sekunder dibuat dengan melarutkan larutan stok dengan konsentrasi tertentu dan dibuat deret standar sebanyak 9 titik. Pada pengujian ini, deret standar diperlakukan (dipreparasi) sama seperti sampel.

2.2.3. Preparasi Sampel Analisa

Pada tahapan ini sampel akan dicampurkan dengan beberapa reagen/pereaksi yang telah disiapkan di awal. Prosedur preparasi sampel untuk analisa sebagai berikut:

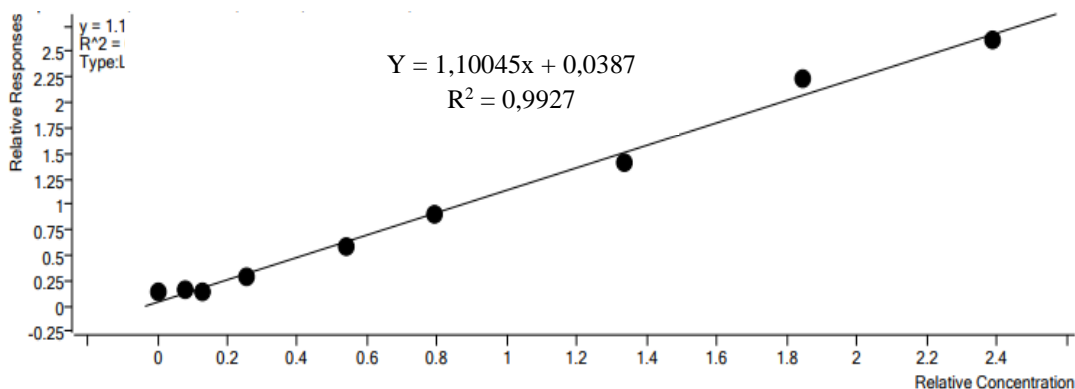
1. Timbang 100 mg sampel minyak/lemak
2. Tambahkan 50 μL Standar Internal I dan II lalu 2 ml tetrahydrofuran. Vortex 15 detik
3. Tambahkan 30 μL larutan asam encer natrium bromida (SR1) ke sampel, vortex selama 10 detik
4. Diamkan campuran pada suhu 50°C selama 15 menit
5. Tambahkan 3 mL natrium hidrogen karbonat 0,6% (SR2)
6. Tambahkan 2 ml n-heptana, vortex 15 detik dan tunggu sampai terpisah
7. Pindahkan lapisan atas ke tabung gelas kosong dan uapkan hingga kering di bawah aliran nitrogen (maks 15-20 menit pada $35-40^{\circ}\text{C}$)
8. Larutkan residu dalam 1 ml tetrahydrofuran
9. Tambahkan 1,8 ml larutan asam sulfat/metanol (SR3) ke sampel dan vortex 10 detik
10. Tutup tabung gelas dengan rapat, diamkan campuran pada suhu 40°C selama 16 jam
11. Hentikan reaksi dengan menambahkan 0,5 ml natrium hidrogen karbonat (jenuh) (SR4) ke sampel. Vortex selama 10 detik
12. Uapkan pelarut organik di bawah aliran nitrogen
13. Tambahkan 2 ml larutan natrium sulfat (SR5) dan 2 ml n-heptana. Vortex selama 10 detik. Kedua fase akan terpisah secara spontan dalam beberapa detik

14. Buang fase atas dan ulangi ekstraksi dengan n-heptana
15. Tambahkan 250 μL larutan asam fenilboronat (SR6), vortex selama 10 detik dan diamkan campuran selama 5 menit dalam *ultrasonic bath* (suhu kamar)
16. Ekstrak derivatisasi asam fenilboronat dari 2- dan 3-MCPD serta 3-MBPD dengan menambahkan 1 ml n-heptana, vortex selama 10 detik dan transfer fase atas ke tabung reaksi kaca kosong
17. Ulangi ekstraksi dengan 1 ml n-heptana dan gabungkan kedua ekstrak
18. Uapkan ekstrak hingga kering di bawah aliran nitrogen
19. Larutkan residu dalam 400 μl n-heptana dengan cara vortex pada campuran selama 10 detik dan pindahkan supernatan ke vial GC yang kosong dan tutup.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Uji Kinerja Instrumen GC-MS

Uji kinerja dilakukan sebelum menerapkan metode AOCS Cd 29a-13 pada sampel analisa [16]. Untuk menganalisis 3-MCPD pada sampel dilakukan uji linieritas dan uji presisi. Linieritas adalah kemampuan metode analitik untuk memberikan respon yang proporsional terhadap konsentrasi analit dalam sampel [8]. Linearitas instrumen dilakukan dengan membuat sembilan larutan deret kalibrasi sesuai dengan metode AOCS dengan hasil menyatakan minimum enam dari delapan konsentrasi harus linier dengan kalibrasi standar nol dikecualikan. Hasilnya menunjukkan bahwa terdapat hubungan linier dengan persamaan $y = 1,10045x + 0,0387$ dan $R^2 = 0,9927$ dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Linieritas Kurva Kalibrasi

Waktu retensi merupakan waktu yang dibutuhkan oleh zat terlarut dari mulai diinjeksikan hingga keluar puncak kromatogram. Hasil dari waktu retensi diolah dan disajikan sebagai standar deviasi relatif (RSD) [8]. Standar deviasi (SD) menggunakan persamaan 1 dan nilai RSD dengan persamaan 2:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n-1}} \quad (1)$$

$$RSD (\%) = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100 \quad (2)$$

Presisi merupakan nilai yang menunjukkan derajat kedekatan diantara serangkaian pengukuran yang diperoleh dari pengujian sampel dengan metode analisis yang sama [12]. Waktu retensi rata-rata pada deret standar adalah 10,45 menit. Menggunakan persamaan 1 dan 2 diperoleh nilai SD adalah 0,0143 dan % RSD analisis sebesar 0,1372 %. Nilai linieritas dan waktu retensi yang presisi berdasarkan standar yang ditetapkan dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini [17]:

Tabel 3. Hasil Uji Kinerja Instrumen GC-MS Menggunakan Metode AOCS Cd 29a-13

Kinerja Instrumen	3-MCPD	Persyaratan (Standar)
Linieritas (R^2)	0,9927	> 0,990 (AOAC 2012)
Presisi waktu retensi (RSD %)	0,1372 %	< 2,0 % (JECFA 2006)

Berdasarkan ISO/IEC 17025:2017 pada butir 7.2 menyatakan bahwa laboratorium harus melakukan pemilihan, validasi dan verifikasi metode serta memastikan semua komponen di laboratorium dapat menerapkan metode standar yang benar sebelum menguji matriks material [18]. Dengan hasil uji kinerja instrumen GC-MS yang sudah memenuhi standar maka dapat dilanjutkan dengan proses analisa sampel minyak sawit.

3.2. Hasil Uji Sampel Minyak Sawit

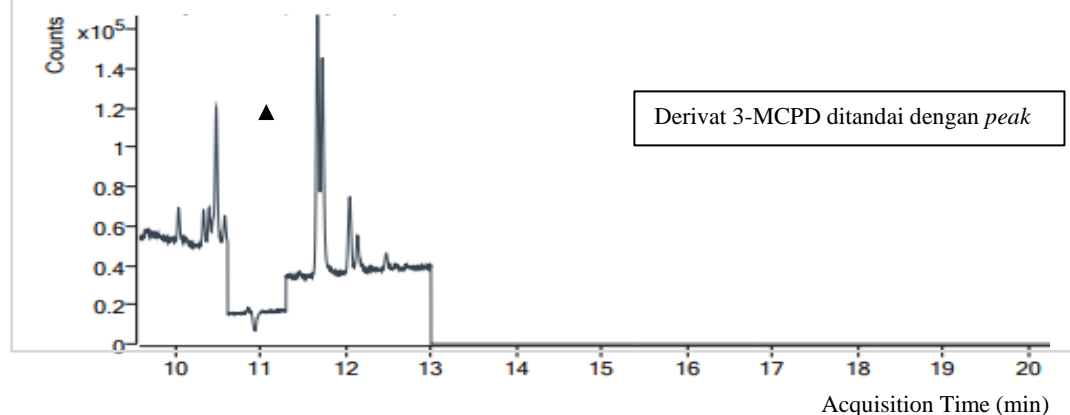
Analisa 3-MCPD dilakukan terhadap 7 (tujuh) sampel minyak sawit yang terdiri dari 4 sampel minyak curah yang diperoleh dari pasar bandung dan bogor serta 3 sampel CPO dari pabrik yang ada di medan, garut dan bogor. Hasil penetapan kadar 3-MCPD tercantum pada Tabel 4. Dalam tabel tersebut terlihat bahwa 100% sampel minyak goreng curah positif mengandung 3-MCPD sementara sampel CPO tidak terdeteksi adanya 3-MCPD.

Tabel 4. Kadar 3-MCPD pada sampel minyak sawit

Kode Sampel	Keterangan Sampel	3-MCPD (mg/kg^{-1})
1	Minyak curah bandung A	1,5748
2	Minyak curah bandung B	1,6000
3	Minyak curah pasar baru A	1,5885
4	Minyak curah pasar baru B	1,6129
5	CPO condong garut	ND*
6	CPO medan	ND*
7	CPO cikasingka	ND*

* *Not Detected* (Tidak terdeteksi)

Rentang konsentrasi kontaminan 3-MCPD dalam minyak curah yang terukur pada analisa ini, yaitu 1,57-1,61 mg/kg⁻¹ minyak. Konsentrasi 3-MCPD ini sudah melewati batas maksimum yang ditetapkan oleh *European Union* (EU) yaitu 0,02 mg/kg⁻¹. Bentuk kromatogram dari derivat 3-MCPD dapat dilihat pada Gambar 2. Dimana *peak* keluar pada menit 10,45 sesuai rata-rata waktu retensi pada standar 3-MCPD.



Gambar 2. *Spektrum mass* hasil derivatisasi untuk 3-MCPD

Dugaan sintesis yang menyebabkan terbentuknya 3-MCPD adalah reaksi antara klorin dan lipid yang terjadi pada saat penyimpanan atau reaksi enzim katalis [19]. Proses distribusi, penyimpanan dalam drum kaleng bahkan kontaminasi dari udara bisa menjadi penyebab terbentuknya 3-MCPD dalam minyak goreng curah yang ada di pasar. Perlu adanya peran pemerintah dalam mengawasi kualitas dan penerapan standar keamanan pangan untuk minyak goreng curah yang dijual di pasar karena kontaminan ini dapat berdampak pada kesehatan jika dikonsumsi dalam waktu yang lama. Sementara itu, kontaminan 3-MCPD sama sekali tidak terdeteksi pada sampel CPO. Hal ini dikarenakan beberapa perusahaan sudah paham bahaya dan merugikannya kontaminan ini jika ada dalam CPO yang diproduksi terutama perusahaan yang mengeksport hasil CPO ke negara luar karena ketatnya aturan keamanan pangan terutama Eropa.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

1. Validasi hasil uji kinerja instrumen GC-MS menggunakan metode AOCS Cd-29a-13 meliputi uji linieritas menghasilkan nilai $R^2 = 0,9927$, sementara uji presisi menghasilkan nilai % RSD = 0,1372 %. Hasil tersebut sudah sesuai dengan kriteria yang dipersyaratkan AOAC 2012.
2. Sampel minyak curah 100% mengandung kontaminan 3-MCPD dengan kadar melewati batas maksimal yaitu 1,57-1,61 mg/kg⁻¹. Hal ini dapat berdampak pada kesehatan jika dikonsumsi dalam jangka waktu lama. Sementara pada sampel CPO kontaminan 3-MCPD tidak terdeteksi keberadaannya.

4.2. Saran

Pembuatan reagen/pereaksi SR1, SR3 dan SR6 harus dalam keadaan baru dibuat, karena akan menghasilkan reaksi pemutusan ikatan ester dan derivatisasi lebih optimal dibandingkan dengan menggunakan reagen/pereaksi stok.

DAFTAR BACAAN

- [1] Direktorat Jenderal Perkebunan. 2021. Luas Areal Kelapa Sawit Menurut Provinsi di Indonesia 2017-2021. Kementerian Pertanian. Jakarta.
- [2] Yulia E, Mulyati AH, Nuraeni F. 2017. Kualitas Minyak Goreng Curah yang Berada Di Pasar Tradisional Di Daerah Jabotabek pada Berbagai Penyimpanan. *Ekologia*, Vol. 17 No.2, Oktober 2017: 29-38.
- [3] Hutapea HP, Sembiring YS, Ahmadi P. 2021. Uji Kualitas Minyak Goreng Curah yang dijual di Pasar Tradisional Surakarta dengan Penentuan Kadar Air, Bilangan Asam dan Bilangan Peroksida. *Quimica: Jurnal Kimia Sains dan Terapan*. Volume 3, Nomor 1.
- [4] Indonesian Risk Assessment Center. 2018. Kajian Risiko 3-MCPDes dan GEs Pada Produk Minyak Sawit. *Indonesian Risk Assessment Center*. Badan Pengawas Obat dan Makanan.
- [5] Seefelder W, Varga N, Struder A, Williamson G, Scanlan FP, Stadler RH. 2008. *Esters of 3-chloro-1,2-propanediol (3-MCPD) in vegetable oils: Significance in the formation of 3-MCPD*. *Food Additives and Contaminants*. 25(4): 391–400.
- [6] Hamlet CG, Asunc on L, Velišek J, Doležal, Zelinková Z, Crews C. 2011. Formation and occurrence of esters of 3-chloropropane-1,2-diol (3-CPD) in foods: What we know and what we assume. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 113(3): 279–303.
- [7] Sudiby A, Lestari N. 2015. Kajian Keamanan Pangan Senyawa Ester 3-MCPD dalam Produk Minyak/ Lemak Pangan dan Produk Pangan Lainnya. *Warta IHP*, 32(1),16-23. ISSN: 0215-1243.
- [8] Talitha ZA, Andarwulan N, Farida DN. 2020. *Verification of AOCS Cd 29a-13: 2013 Method for 3-Chloropropane-1,2-Diol Esters and Glycidol Esters Analysis in Palm Oil*. *International Journal of Oil Palm*. Volume 3, Number 1, Page 11-22.
- [9] Badan Standardisasi Nasional. 2021. Rencana Strategis Direktorat Penguatan Penerapan Standar dan Penilaian Kesesuaian. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- [10] European Union. 2006. *Commission Regulation (EC) No 1881/2006*. Official Journal of the European Union. 19 December 2006.

- [11] European Food Safety Authority (EFSA). 2016. Risks for human health related to the presence of 3- and 2-monochloropropanediol (MCPD), and their fatty acid esters, and glycidyl fatty acid esters in food. EFSA Journal. European Commission.
- [12] Hamlet CG, Sadd PA. 2004. Chloropropanols and their esters in cereal products. Czech Journal of Food Sciences. 22: 259–262.
- [13] Lioe HN, Yuliana ND, Indrasti D, Regiyana Y, Putri CA. 2015. Analisis 3-Monokloro-1,2-Propanadiol (3-MCPD) Ester dalam Minyak Sawit dengan Instrumen Kromatografi Gas-Spektroskopi Massa. Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI). Vol 20 (2):115-123.
- [14] Darmapatni KAG, Basori A, Suaniti NM. 2016. Pengembangan Metode GC-MS untuk Penetapan Kadar Acetaminophen pada Spesimen Rambut Manusia. Jurnal Biosains Pascasarjana Vol. 18.
- [15] Simanjuntak R. 2018. Penetapan Kadar Asam Lemak Bebas pada Sabun Mandi Cair Merek “Lx” Dengan Metode Titrasi Asidimetri. Jurnal Ilmiah Kohesi. Vol. 2 No.4.
- [16] American Oil Chemists’ Society (AOCS). 2013. Analysis Of 2-MCPD, 3-MCPD And Glycidyl Esters Using Aocs Method Cd-29a-13. AOCS Headquarters. Amerika Serikat.
- [17] Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). 2012. Guidelines for single laboratory validation of chemical method for dietary supplements and botanical. Association of Analytical Communities. Rockville, Maryland.
- [18] ISO/IEC 17025:2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.
- [19] Watkins C. 2009. Chloroesters in Food: An Emerging Issue. Inform Magazine. April edition. AOCS. Urbana.