



ANALISIS BISPHENOL A DAN DI-ETHYLHEXYL PHTHALATE DALAM AIR GALON YANG BEREDAR DI KOTA MAKASSAR

Bisphenol A and Di-ethylhexyl Phthalate Analysis in Gallon Water Distributed in Makassar

Endah Dwijayanti¹, Rachim Munadi², Sry Wahyuningsih³, Iffana Dani Maulida⁴

^{1,2,3} Chemistry Study Program of Islam University of Makassar

Jl. Perintis Kemerdekaan Km.9, Makassar, South Sulawesi 90245, Indonesia

⁴Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Terbuka

e-mail: endahdwijayanti.dty@uim-makassar.ac.id

DOI: 10.33830/fsj.v3i1.4739.2023

Diterima: 23 Januari 2023, Diperbaiki: 21 Mei 2023, Disetujui: 9 Juni 2023

ABSTRACT

Bisphenol A (BPA) and Di-Ethylhexyl Phthalate (DEHP) are chemical compounds that are used as raw materials for making disposable bottles or PET, including gallons. BPA can migrate into food or drink if the temperature is raised due to heating processes. This research aimed to identify BPA and DEHP compounds in various brands of gallon water distributed in Makassar and the effect of sun exposure towards BPA and DEHP migration. The sampling method was done based on an early analysis from field survey data in the location that represents all gallon water refills distributed in Makassar. There were 4 selected samples from 2 most marketed brands of gallon water refill. Research method included sample preparation with two different treatments, namely with exposure and without exposure to sunlight by letting them settle inside and outside the room for 6 days, afterwards, BPA and DEHP were analyzed using Gas Chromatography - Mass Spectrometry (GC-MS). The results of the study show that in various brands gallon water packages, both with sun exposure or without, no BPA and DEHP compounds were detected.

Keywords : *gallon water, BPA, DEHP, GC-MS.*

ABSTRAK

Bisphenol A (BPA) dan Di-Ethylhexyl Phthalate (DEHP) merupakan senyawa kimia yang menjadi bahan pembuatan botol sekali pakai atau PET, tak terkecuali galon. BPA dan DEHP dapat berpindah atau bermigrasi ke dalam makanan atau minuman jika suhunya dinaikkan karena pemanasan. Penelitian ini telah dilakukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi senyawa BPA dan DEHP pada beberapa air galon berbagai merek yang beredar di Kota

Makassar serta pengaruh paparan cahaya matahari terhadap migrasi BPA dan DEHP. Metode pengambilan sampel dilakukan berdasarkan analisis data awal yang diperoleh dari hasil survei lapangan di tempat yang mewakili semua air galon isi ulang yang beredar di Kota Makassar. Sampel air galon yang diambil sebanyak 4 sampel, dari 2 merek sampel air galon isi ulang yang paling banyak dipasarkan. Metode penelitian meliputi preparasi sampel dengan 2 perlakuan berbeda yaitu dengan paparan dan tanpa paparan cahaya matahari dengan cara mendinginkan di dalam dan di luar ruangan selama 6 hari. Selanjutnya BPA dan DEHP dianalisis dengan menggunakan Gas Chromatography- Mass Spectrometry (GC-MS). Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa air galon berbagai merek yang beredar di Kota Makassar baik yang terpapar maupun yang tidak terpapar cahaya matahari tidak terdeteksi mengandung BPA dan DEHP.

Kata Kunci : air galon, BPA, DEHP, GC-MS.

PENDAHULUAN

Bertambahnya jumlah penduduk menyebabkan bertambahnya penggunaan air untuk berbagai kebutuhan. Perkembangan kemajuan teknologi dan kesibukan aktivitas masyarakat mengakibatkan masyarakat cenderung memilih cara yang lebih praktis dengan biaya yang relatif murah dalam memenuhi kebutuhan penggunaan air, khususnya air minum di daerah perkotaan seperti kota Makassar. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Sulawesi Selatan (2023), persentase rumah tangga yang menggunakan sumber air minum utama dari air kemasan bermerk dan air isi ulang di provinsi Sulawesi Selatan pada tahun 2018, 2019 dan 2020 secara berturut-turut adalah 33,63%, 34,16% dan 35,75% yang menunjukkan peningkatan penggunaan air minum utama dari kemasan bermerek dan air isi ulang.

Air minum isi ulang pada depot air isi ulang menjadi salah satu pilihan yang paling sering digunakan oleh sebagian masyarakat. Air minum isi ulang dianggap sebagai alternatif air minum yang praktis, efisien dan harganya yang terjangkau. Hal ini membuat banyak pelaku usaha memilih untuk memproduksi air galon isi ulang, karena menjadi suatu peluang usaha yang sangat menjanjikan. Banyak pelaku usaha yang hanya memikirkan tujuan mencari keuntungan (*money-oriented*), dan tidak memperhatikan keamanan serta keselamatan bagi para konsumen air minum isi ulang yang akan mengkonsumsinya (Purwanti, 2020).

Penggunaan galon isi ulang dapat memberikan dampak terhadap kesehatan dan lingkungan. Dampak negatif yang ditimbulkan dapat berasal kandungan kimia yang terdapat pada galon yang cukup membahayakan bagi kesehatan diantaranya adalah Bisphenol A (BPA) yang berpotensi menimbulkan gangguan sistem (endokrin)

hormon atau *endocrine-disrupting chemicals* (EDC), kerusakan pada organ kelamin jantan pria, menurunkan produksi sperma, kanker pada testis, pubertas dini pada wanita, peningkatan berat badan, komplikasi kehamilan, memberi efek pada organ prostat dan malignasi dan menyebabkan sampah plastik tidak dapat terurai (Ilmiawati, *et al.*, 2017; Bahagia *et al.*, 2019; Girsang, *et al.*, 2020).

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan nomor 492/MENKES/PER/IV/2010, persyaratan kualitas air minum untuk seluruh penyelenggara air minum wajib memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimia dan radioaktif. Batas maksimum BPA menurut BPOM (2011) pada peraturan kepala Badan POM No. HK 03.1.23.07.11.6664 ditetapkan pada peralatan makan-minum adalah 0,6 ppm.

Selain BPA, Di-Ethylhexyl Phthalate (DEHP) yang merupakan bahan tambahan pembuatan botol Polietilena Tereftalat (PET) yang umumnya digunakan sebagai pengemas air mineral, dapat mengakibatkan penyakit seperti diare, muntah-muntah dan tukak lambung (Kurniawan & Pusfitasari, 2017). DEHP bersifat karsinogenik dan ambang batas DEHP dalam air minum yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan nomor 492/MENKES/PER/IV/2010, yaitu sebesar 0.008 mg/L.

Penelitian yang dilakukan oleh Girsang, *et al.* (2020) yang berjudul deteksi migrasi material pembungkus makanan ke air karena pemanasan mendapatkan hasil bahwa terjadi migrasi material pembungkus makanan ke dalam air akuades, kemungkinan merupakan material dari bahan aditif ftalat, yaitu dimetil ftalat. Berdasarkan penelitian tersebut, migrasi senyawa kimia BPA dan DEHP dapat menyebabkan kontaminasi air. Selain itu, hasil penelitian Kristiyanto (2013) menunjukkan adanya pengaruh kadar BPA terhadap paparan sinar matahari. Begitu juga dengan penelitian yang dilakukan oleh Lubis, *et al.* (2021) yang menunjukkan sampel air botol kemasan yang disimpan pada suhu paparan sinar matahari mengandung BPA dibandingkan sampel tanpa paparan sinar matahari.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi keberadaan BPA dan DEHP pada sampel air galon di kota Makassar. Selain itu juga untuk menentukan pengaruh paparan sinar matahari terhadap kandungan BPA dan DEHP pada air galon berbagai merek di Kota Makassar. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi bagi masyarakat terkait timbulnya senyawa-senyawa berbahaya yang

kemungkinan ada di dalam air minum galon akibat pengaruh penempatan galon yang terpapar sinar matahari.

METODE

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *sentrifuge*, gelas kimia, pipet mikro, pipet volume, pipet tetes dan *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS) QP2010 Ultra Shimadzu. Bahan-bahan yang digunakan adalah air galon isi ulang, aquades (H₂O) p.a., asam klorida (HCl) p.a., gas nitrogen (N₂), heksana (C₆H₁₄), *N,O-bis(trimethylsilyl)-trifluoroacetamide* (BSTFA), metanol (CH₃OH) p.a., *Trimethylchlorosilane* (TMCS) 1 %, natrium hidroksida (NaOH) dan piridin (C₅H₅N).

Prosedur Kerja

Pengambilan Sampel

Sampel dipilih berdasarkan hasil analisis data awal yang diperoleh dari survei lapangan di lokasi yang mewakili rata-rata persebaran semua merek air galon isi ulang yang beredar di Kota Makassar. Pengambilan sampel menggunakan metode *purposive sampling* dengan kriteria sampel adalah air galon isi ulang yang paling banyak diminati atau dikonsumsi masyarakat (Syamsul *et al.*, 2020). Survei lapangan dilakukan di beberapa lokasi yang tersebar di Kota Makassar (Kecamatan Biringkanaya, Kecamatan Panakukang, Kecamatan Tamalate, Kecamatan Mariso, dan Kecamatan Manggala). Pada setiap kecamatan, 3 minimarket yang berbeda dipilih secara acak sebagai lokasi survei lapangan. Survei lapangan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui galon merek apa saja yang paling banyak diminati oleh masyarakat Kota Makassar dan untuk mengetahui tempat penyimpanan galon bermerek di minimarket tersebut. Hasil dari survei lapangan menunjukkan 2 merek galon isi ulang dengan peminat terbanyak yaitu merek A dan merek B, yang dijadikan sampel pada penelitian ini. Hasil survei lapangan juga menunjukkan bahwa terdapat 2 cara penyimpanan untuk air galon bermerek yang beredar di kota Makassar, sehingga sampel air galon yang diambil juga diberi 2 perlakuan yaitu dengan paparan cahaya matahari yang diberi tambahan kode “1” dan tanpa paparan cahaya matahari yang diberi kode “2”.

Preparasi Sampel

Sampel galon bermerek yang berisi air minum isi ulang (A1, A2, B1 dan B2) didiamkan selama 6 hari, dengan penyimpanan sampel air galon (A1 dan B1) di luar

ruangan atau terpapar cahaya matahari langsung dan sampel air galon (A2 dan B2) di dalam ruangan yang tidak terpapar cahaya matahari. Setelah 6 hari, masing-masing sampel air galon di ambil sebanyak 100 mL, kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 250 rpm selama 10 menit. Hasil sentrifugasi dimasukkan ke dalam wadah kaca sebanyak 75 mL, selanjutnya hasil pemisahan digunakan untuk mengidentifikasi senyawa BPA dan DEHP yang terdapat dalam sampel.

Identifikasi Senyawa Bisphenol A (BPA)

Nilai pH masing-masing sampel disesuaikan pada rentang pH 5,5 dan 6,5 dengan menggunakan larutan HCl. Kolom *Solid Phase Extraction* (SPE) dikondisikan dengan metanol dan ditambahkan dengan air Milli-Q sebagai *buffer* sebelum sampel dimasukkan ke dalamnya. Kolom kemudian dicuci dengan metanol 5% dan dikeringkan dengan menarik udara secara vakum. Selanjutnya, analit dielusi dengan metanol ke dalam botol bersih dan dikeringkan di bawah aliran gas nitrogen. BPA kemudian diderivatisasi dengan menambahkan 70 mL BSTFA dan 1 % TMCS dan 10 L piridin ke dalam vial dan ditempatkan ke dalam oven pada suhu 70°C selama 15 menit. Selanjutnya larutan dikeringkan di bawah gas nitrogen dan ditambahkan 1 mL heksana. Analisis dilakukan dengan GC-MS menggunakan kolom DB-5 (Mead & Seaton, 2011).

Identifikasi Senyawa *Di-Ethylhexyl Phthalate* (DEHP)

Masing-masing sampel diambil sebanyak 25 mL dan diekstraksi dengan heksana menggunakan metode ekstraksi cair-cair. Selanjutnya, ekstrak dianalisis menggunakan GC-MS dengan metode ion selektif. Laju alir helium, hidrogen, dan udara secara berturut-turut adalah 4, 30, dan 300 mL/menit. Suhu sisi injeksi dan detektor dijaga pada 250°C dan 280°C. Suhu oven terprogram dimulai dari 50°C selama 3 menit dan meningkat dengan kecepatan 15°C/menit sampai dengan 260°C. Selanjutnya analisa dilakukan secara isothermal sampai kromatogram diperoleh. Identifikasi senyawa dilakukan dengan membandingkan waktu retensi dengan larutan standar DEHP menggunakan dua ion dan perbandingannya pada setiap analit (Amin *et al.*, 2018). Penentuan Bisphenol A (BPA) dan *Di-Ethylhexyl Phthalate* (DEHP) dilakukan dengan menggunakan data yang diperoleh dari penelitian ini berupa kromatogram dengan puncak (*peak*), waktu retensi (tR) dan luas puncak.

HASIL PEMBAHASAN

Identifikasi BPA dan DEHP dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya kontaminasi BPA pada sampel air galon bermerek yang beredar di Kota Makassar serta pengaruh paparan sinar matahari terhadap kandungan BPA dan DEHP. Pengaruh panas matahari merupakan faktor eksternal yang dapat mengakibatkan kerusakan pada bahan kemasan galon. Panas dari matahari akan mengakibatkan terjadinya reaksi kimia pada bahan plastik galon. Akibat reaksi kimia yang terjadi akan membuat ikatan kimia pada plastik akan bereaksi membuat bahan aditif kimia plastik terlepas ke air. Reaksi ini tidak dapat dihindarkan karena adanya panas yang berasal dari cahaya matahari (Girsang *et al.*, 2020).

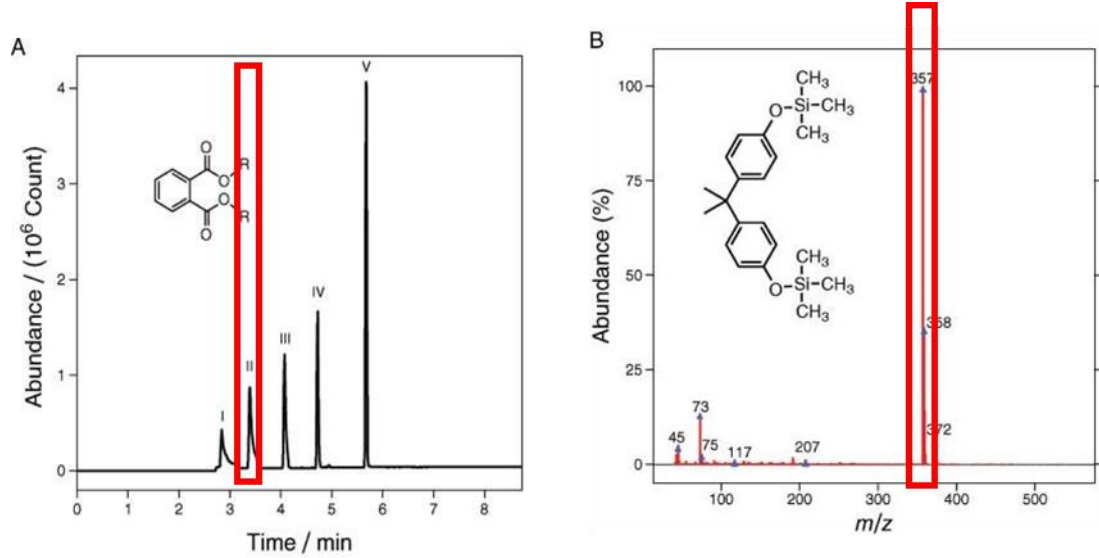
Identifikasi BPA dan DEHP yang dilakukan pada semua merek menggunakan GC-MS QP2010 Ultra Shimadzu. Informasi dari spektra GC adalah waktu retensi untuk tiap senyawa dalam sampel. Sedangkan untuk MS, bisa diperoleh informasi mengenai massa molekul relatif dari tiap senyawa dalam sampel tersebut (Setyowati, *et al.*, 2013). Data yang diperoleh dari GC-MS ini berupa kromatogram dengan puncak (*peak*), waktu retensi (*tR*) dan luas puncak (% area). *Peak* kromatogram yang diharapkan sesimetris mungkin dan seruncing mungkin untuk menjamin bahwa pemisahan efisien (Darmapatni *et al.*, 2016).

Waktu retensi adalah waktu analit dideteksi setelah terelusi pada fase diam. Waktu retensi biasanya digunakan dalam analisis kualitatif dengan membandingkan waktu retensi antara standar dengan analit. Luas puncak adalah jumlah total analit yang dihitung dari awal puncak hingga titik akhir puncak. Konsentrasi analit dapat dihitung melalui area puncak yang terukur pada kromatogram dibandingkan dengan plot grafik kurva kalibrasi standar eksternal (Kristiyanto, 2013). Pada Gambar 3, menurut Mead & Seaton (2011), jika suatu sampel mengandung BPA maka waktu retensi senyawa tersebut adalah 3,4320 menit (*peak* ke II) dengan fragmentasi *mass peak* tertinggi pada MS yang dihasilkan adalah 357 *m/z* dan 358 *m/z*, sedangkan jika suatu sampel mengandung DEHP maka waktu retensi senyawa tersebut adalah 7,668 menit dengan fragmentasi *mass peak* tertinggi pada MS yang dihasilkan adalah 149 *m/z* dan 167 *m/z* yang terlihat pada Gambar 4 (Kurniawan & Pusfitasari, 2018).

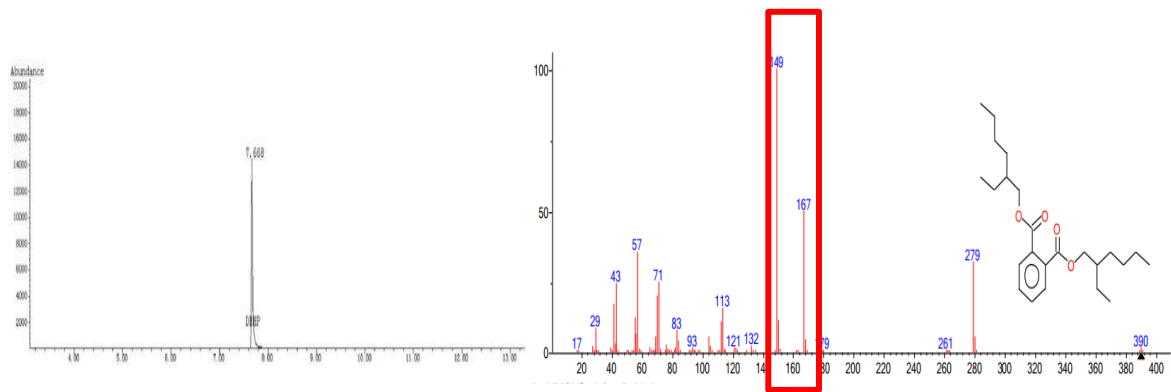
Hasil pada GC-MS yang diperoleh pada penelitian ini tidak sesuai dengan teori tersebut, yaitu ternyata pada sampel A1, A2, B1, dan B2 tidak terdeteksi adanya BPA dan DEHP. Dari Kromatogram yang diperoleh untuk sampel A1 terdeteksi 20 *peak*

yang mengindikasikan ada 20 jenis senyawa. Namun beberapa *peak* menunjukkan hasil deteksi senyawa yang sama. Hal ini bisa terjadi karena pengaruh fase gerak dan fase diam yang ada di dalam alat GC serta interaksi-interaksi fisik yang terjadi antara sistem dalam kromatografi. Kromatogram sampel A1 menunjukkan persen area tertinggi adalah senyawa piridin pada *peak* 17 (Gambar 5 (a)) dan pada kromatogram sampel B1 juga diperoleh senyawa piridin sebagai persen area tertinggi, yaitu pada *peak* 20 (Gambar 5 (b)). Gambar 6 menunjukkan spektra MS dari senyawa piridin yang terdeteksi sebagai kandungan tertinggi dalam sampel A1 dan B1. Senyawa yang terdeteksi dalam sampel A2 dan B2 pada kondisi tidak terpapar sinar matahari ditunjukkan pada kromatogram pada Gambar 7. Persen area tertinggi masing-masing yaitu senyawa *disiloxane* dan senyawa piridin. Gambar 8 menunjukkan spektra MS senyawa *disiloxane* dan piridin sebagai dua senyawa tertinggi kandungannya di dalam sampel yang terdeteksi di kromatogram. Senyawa piridin merupakan senyawa aromatik yang digunakan sebagai bahan baku di industri kimia salah satunya sebagai pelarut pada proses pembuatan polikarbonat. Tipe polikarbonat yang paling umum adalah bisphenol A (BPA) (Mitchell, 2001). Adanya senyawa tersebut pada dua merek sampel yang dianalisis menunjukkan bahwa wadah galon tersebut terbuat dari jenis polikarbonat akan tetapi kadar atau konsentrasi BPA yang terkandung dalam air galon sangat kecil sehingga tidak terdeteksi langsung pada instrumen GC.

Hasil untuk pengujian DEHP kromatogram sampel merek A1 dan B1 diperoleh data senyawa dengan persen area tertinggi masing-masing yaitu senyawa metana (Gambar 9 (a)) dan senyawa *piperazine* (Gambar 9 (b)). Gambar 10 menunjukkan spektra MS kedua senyawa tersebut. Kromatogram sampel merek A2 dan B2 menunjukkan bahwa senyawa dengan persen area tertinggi masing-masing yaitu senyawa *carbamic acid* (Gambar 11 (a)) dan senyawa *3-isobutyryloxy* (Gambar 11 (b)). Gambar 12 menunjukkan spektra MS masing-masing senyawa tersebut. Plastik dapat melepaskan senyawa kimia dalam proses degradasi salah satunya gas methane akibat radiasi sinar matahari,



Gambar 3. Kromatogram GC dan Spektra MS BPA

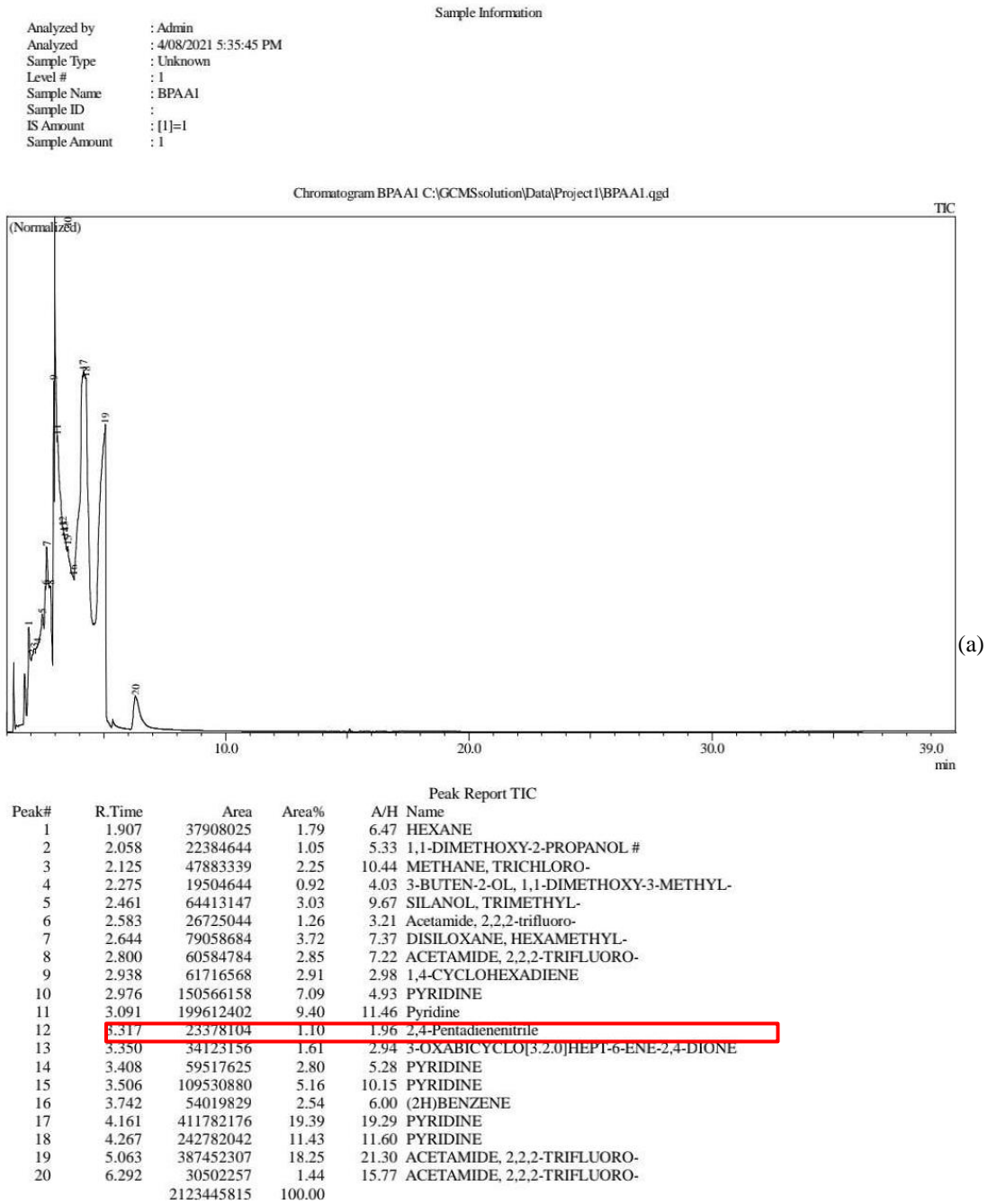


Sumber: Luo et al. (2014)

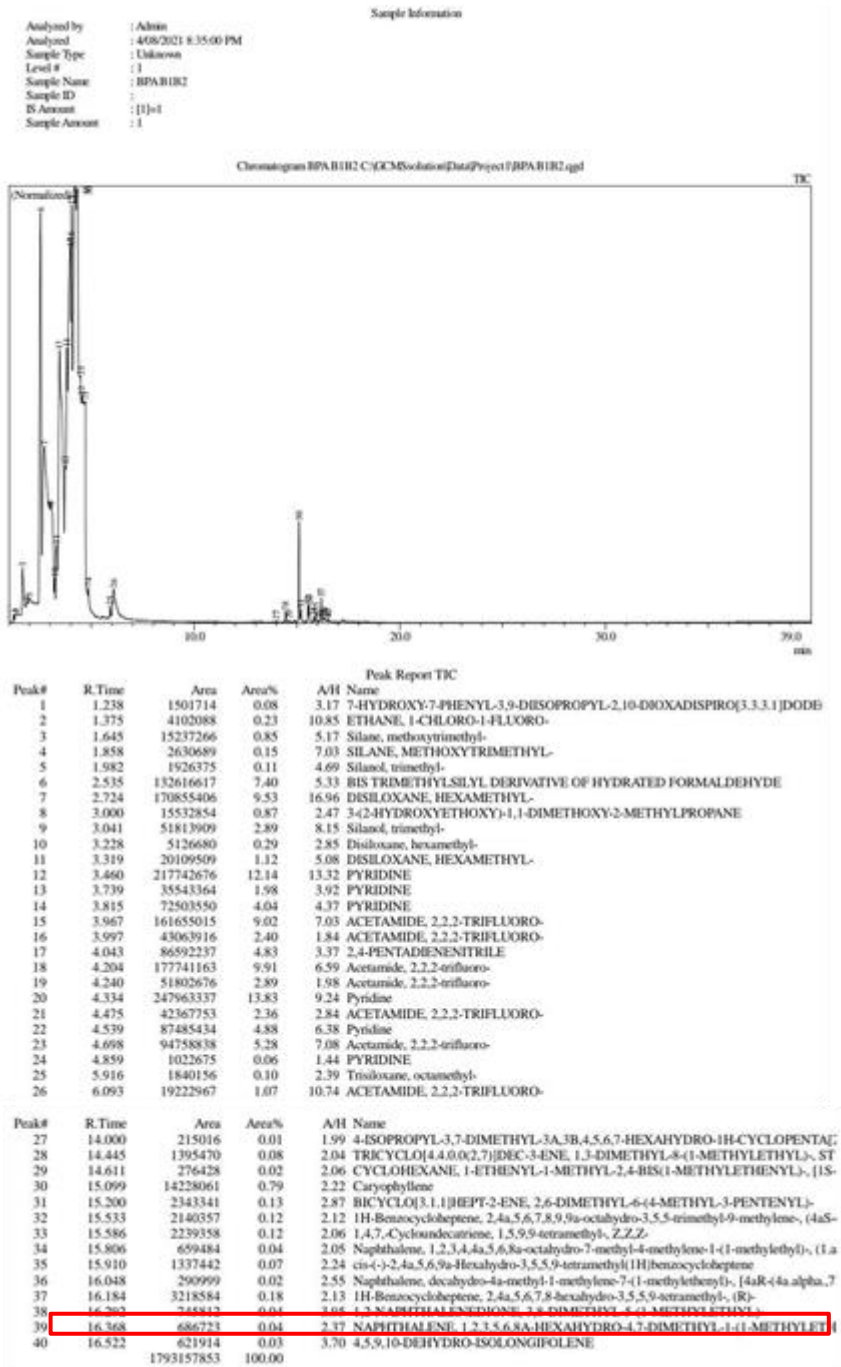
Sumber: Kurniawan & Pusfitasari (2018)

Gambar 4. Kromatogram GC dan Spektra MS DEHP

Hal ini didukung dari hasil kromatogram yang menunjukkan methane terbentuk pada sampel yang terpapar sinar matahari (Royer *et al.*, 2018). Hasil kromatogram juga menunjukkan adanya senyawa *piperazine*, *carbamic acid* dan *3-Isobutyryloxy*. Senyawa-senyawa tersebut merupakan senyawa yang digunakan pada proses pembuatan plastik (Material Safety Data Sheet, 2010; Kopp, *et al.*, 1982; SWECO, 2018). Dari data kromatogram tersebut menunjukkan bahwa senyawa-senyawa kontaminan dari bahan plastik tersebut terlepas ke air dan terdeteksi.

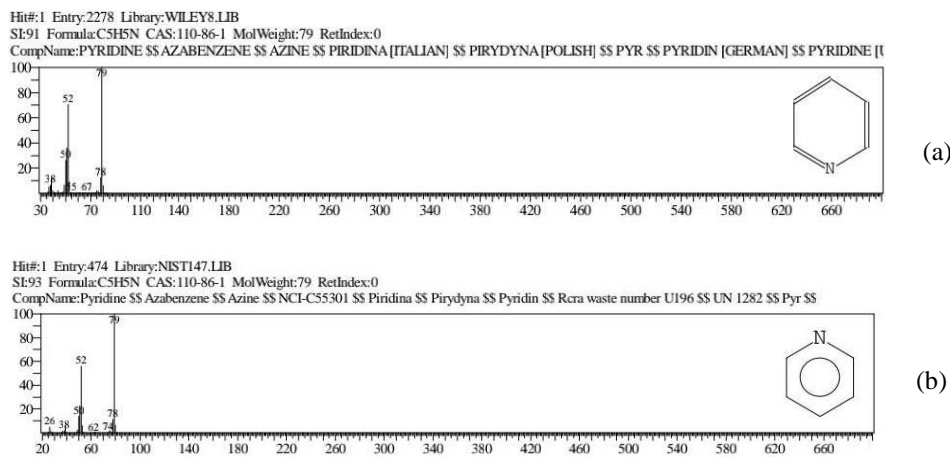


Gambar 5a. Kromatogram BPA merek A1

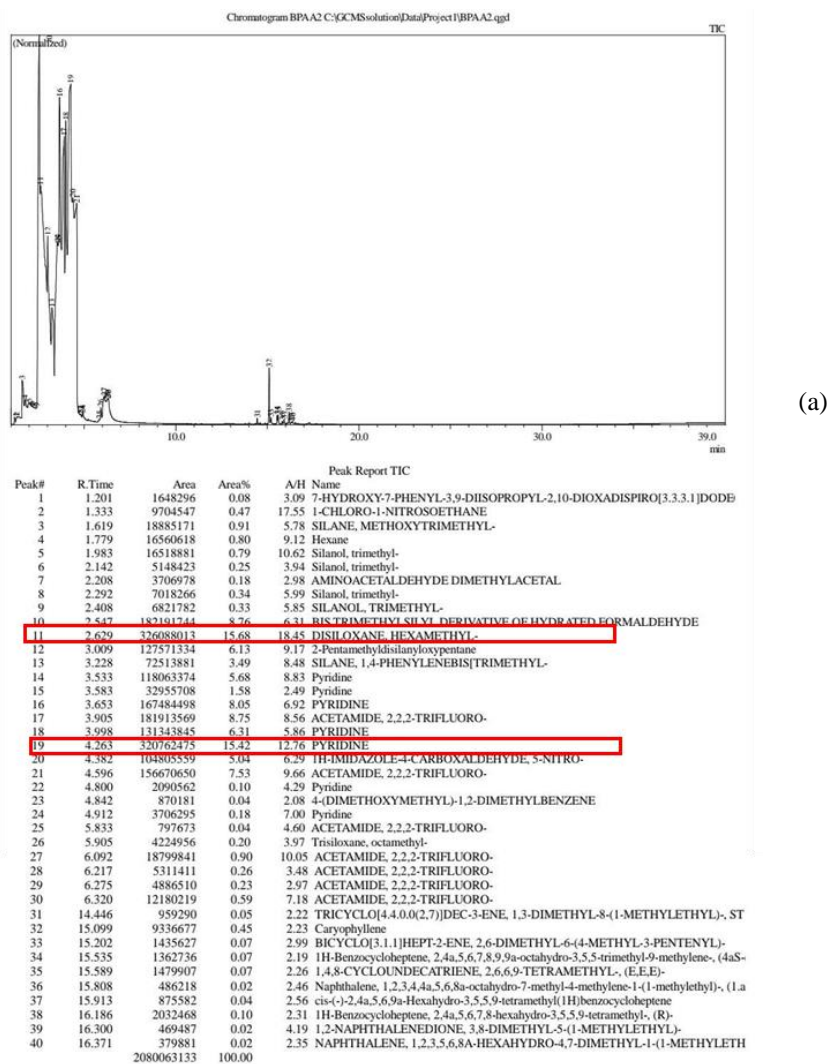


(b)

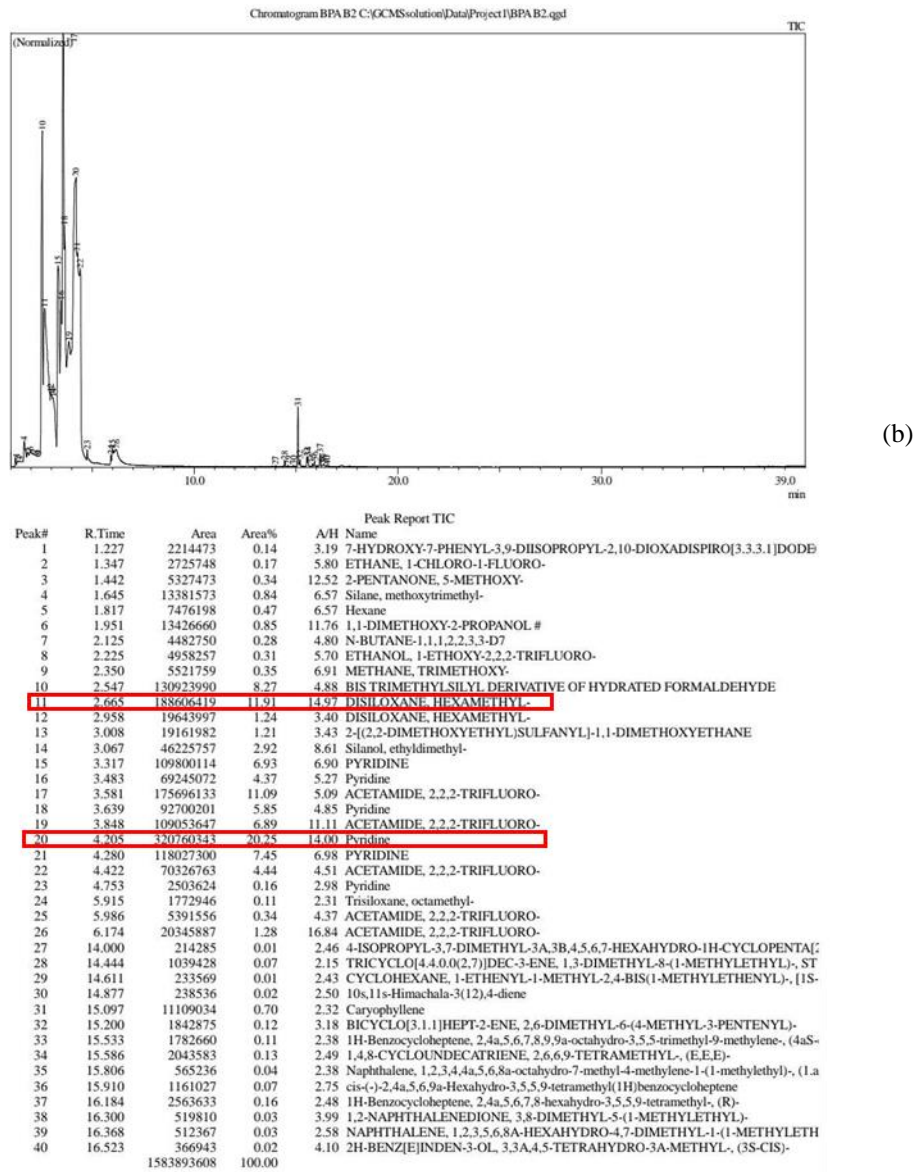
Gambar 5b. Kromatogram BPA merek B1



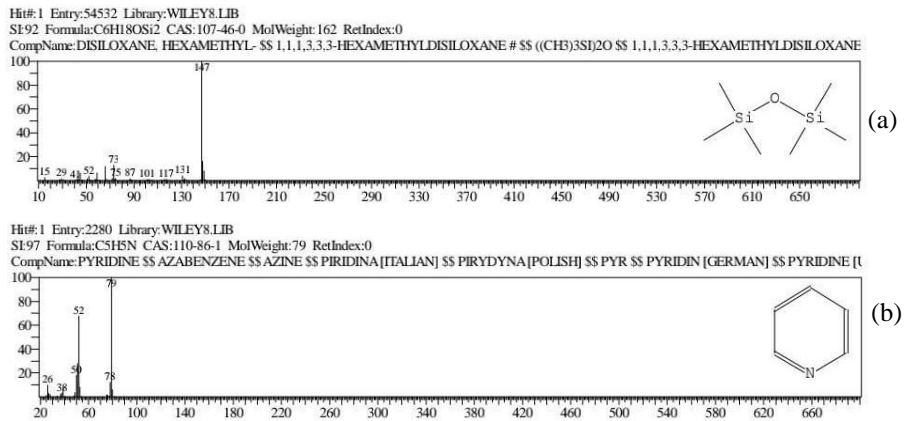
Gambar 6. Spektra MS senyawa dari sampel merek A1 (a) pyridine dan merek B1 (b) pyridine



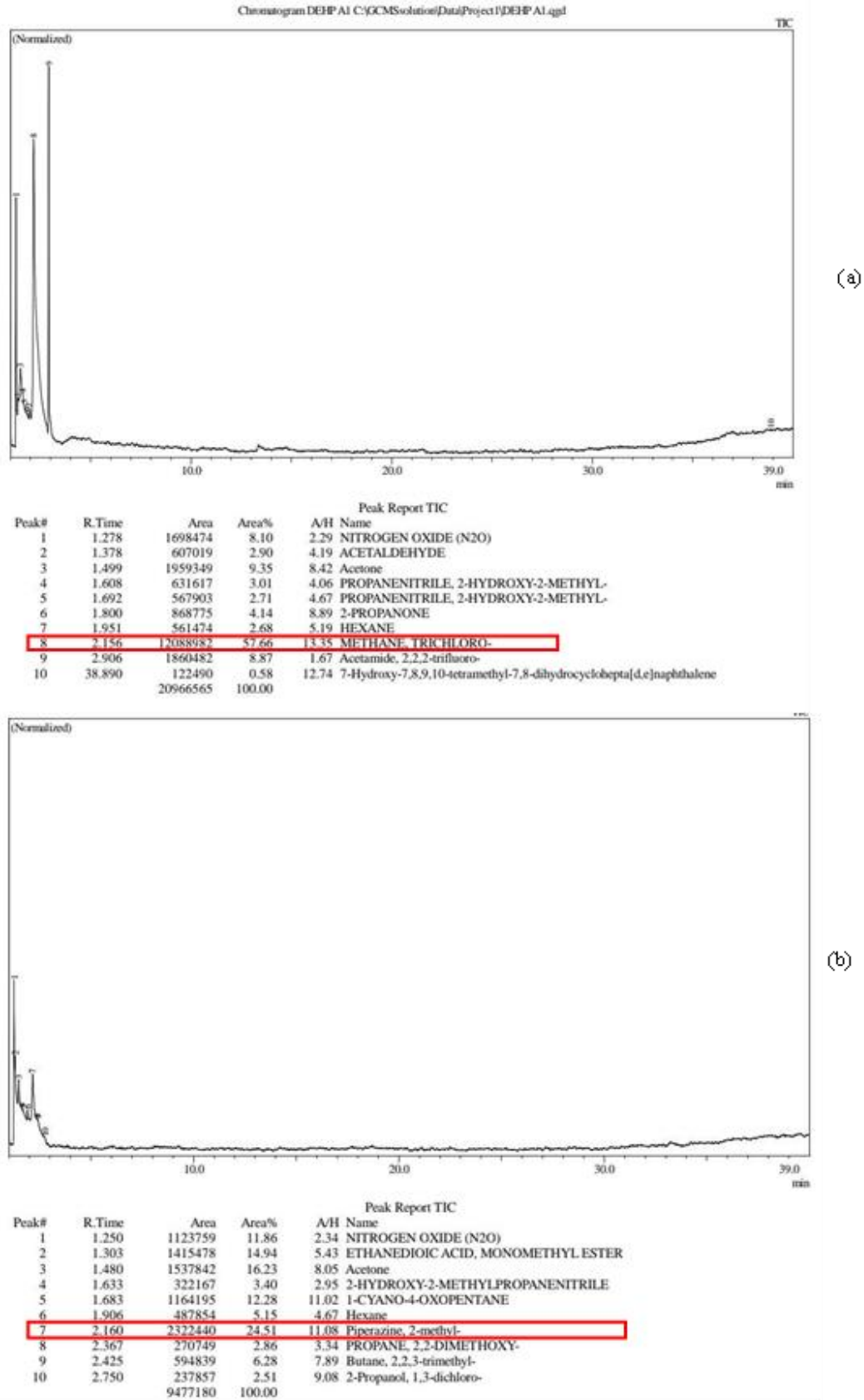
Gambar 7a. Kromatogram BPA sampel merek A2



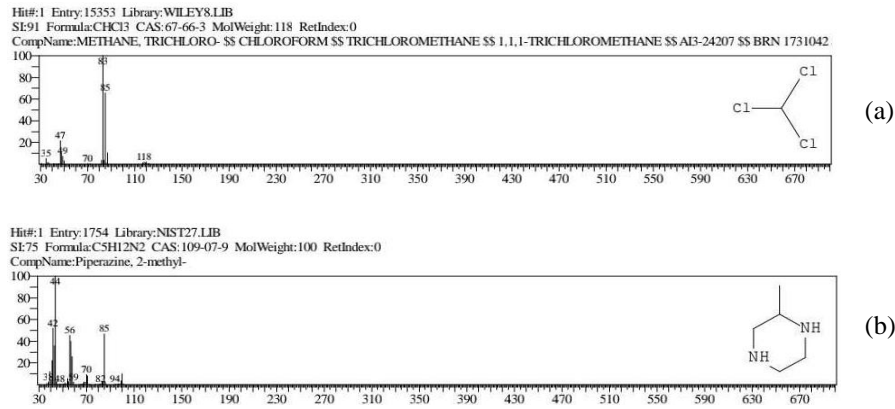
Gambar 7b. Kromatogram BPA sampel merek B2



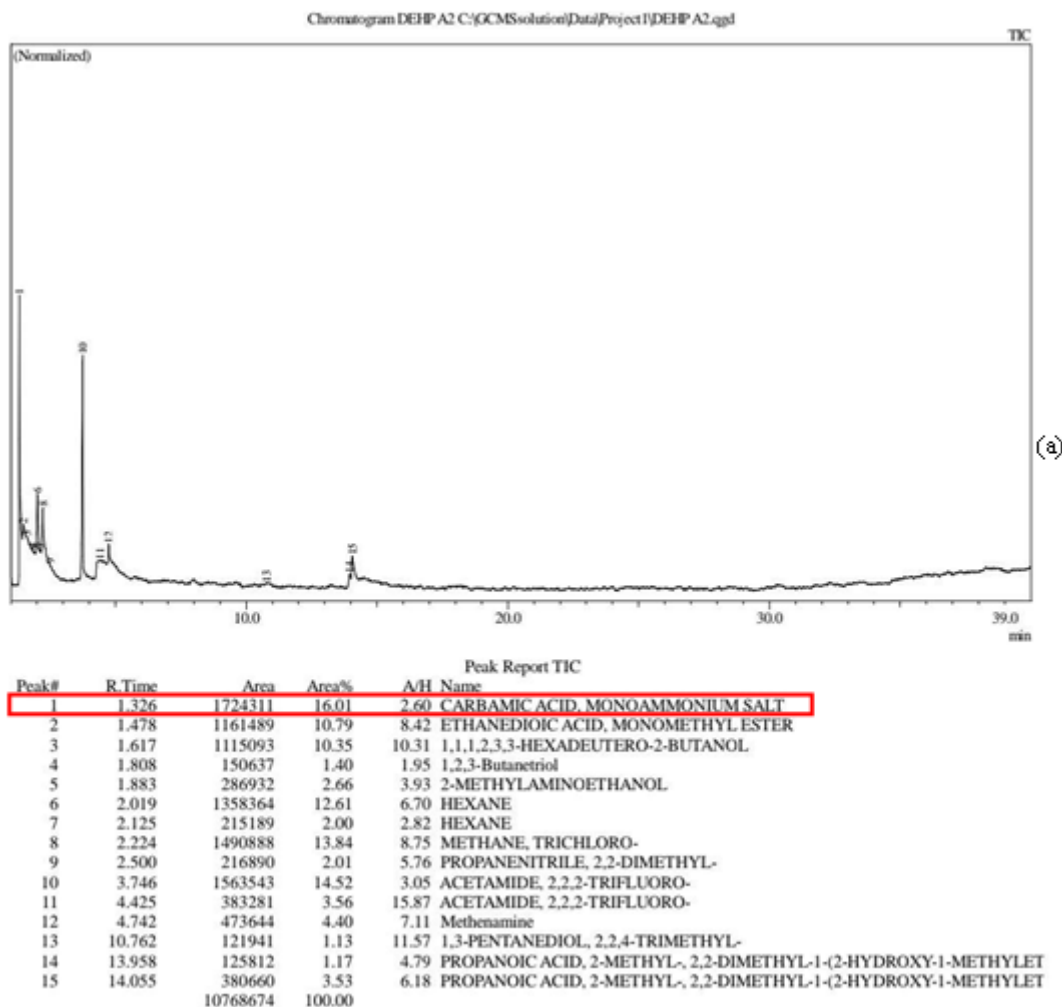
Gambar 8. Spektra MS sampel merek A2 (a) Disiloxane (b) Pyridine



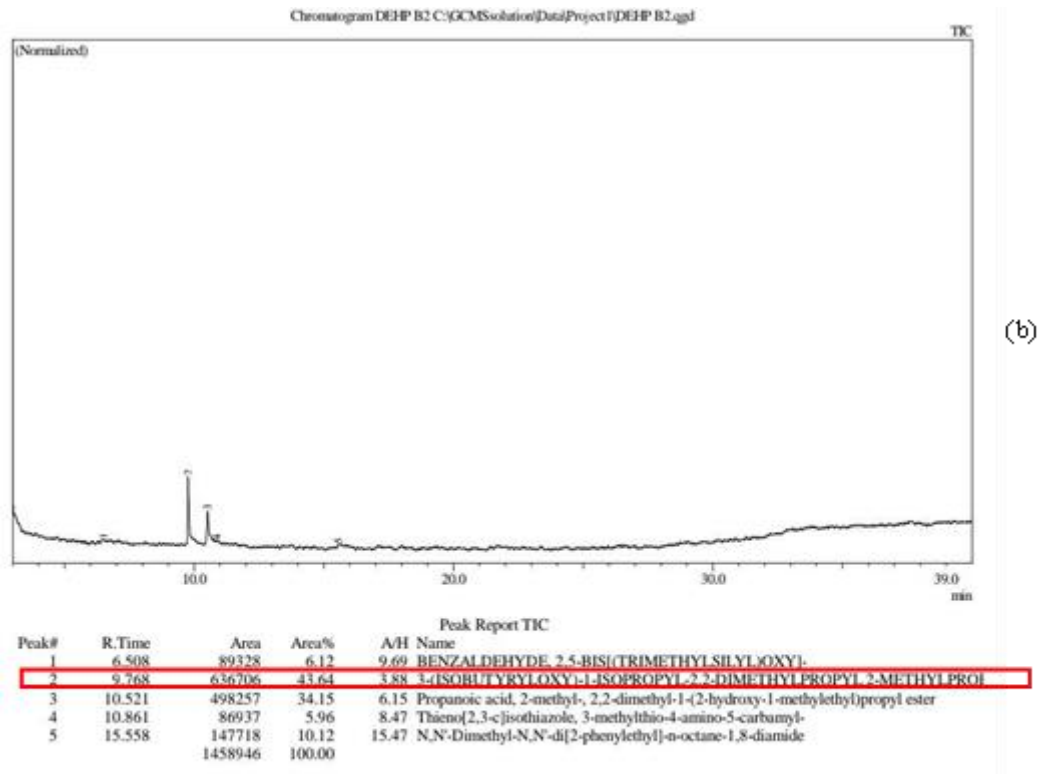
Gambar 9. Kromatogram DEHP sampel (a) merek A1 (b) merek B1



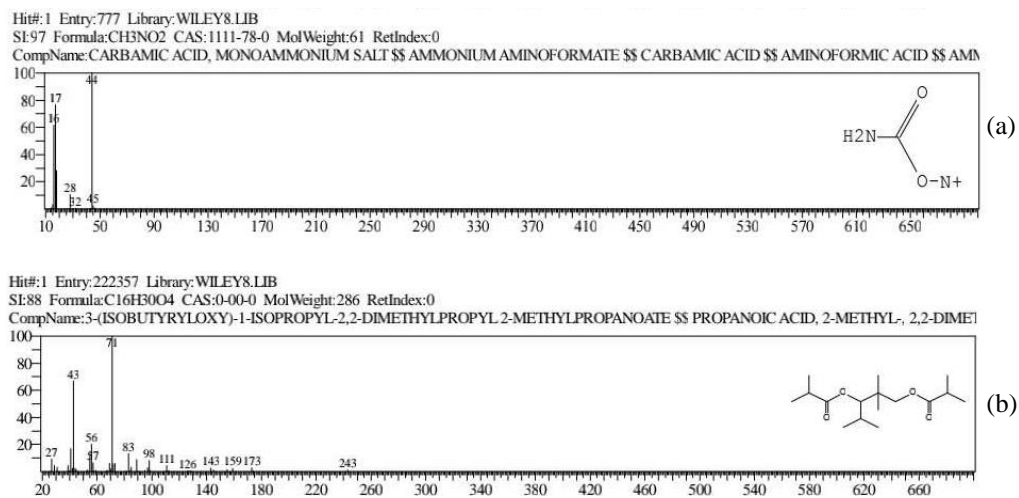
Gambar 10. Spektre MS sampel merek A1 (a) Methane dan merek B1 (b) Piperazine



Gambar 11a. Kromatogram DEHP sampel merek A2



Gambar 11b. Kromatogram DEHP sampel merek B2



Gambar 12. Spektra MS sampel merek A2 (a) *carbamic acid* dan merek B2 (b) *3-Isobutyryloxy*

Hasil metode identifikasi BPA sampel A dengan dan tanpa paparan cahaya matahari, menunjukkan sejumlah senyawa kimia yang terdeteksi. Senyawa kimia yang banyak terdeteksi terdapat pada sampel air galon yang tidak terpapar cahaya matahari untuk identifikasi BPA. Hal tersebut disebabkan oleh adanya perlakuan pendahuluan

pada metode kromatografi yang dilakukan untuk analisis BPA. Sedangkan pada metode identifikasi DEHP pada sampel A dan B menunjukkan hasil yang berbeda. Sampel A menunjukkan sampel yang tidak terpapar sinar matahari lebih banyak senyawa yang terdeteksi, sedangkan pada sampel B menunjukkan sampel yang terpapar sinar matahari terdeteksi lebih banyak senyawa dibanding sampel yang tidak terpapar. Hal ini dimungkinkan karena metode identifikasi yang menggunakan ion selektif sangat memungkinkan banyak ion-ion yang dipertukarkan atau terlibat. Karakter DEHP dan BPA yang merupakan bahan pembentuk polimer seperti halnya plastik sangat mudah berubah dan mengalami kondensasi maupun propagasi membentuk senyawa lain. Akibatnya senyawa yang terdeteksi antara sampel A dan sampel B pada metode kromatografi ini mengalami bias.

Jenis senyawa yang terdeteksi di kromatogram adalah senyawa-senyawa hasil degradasi polimer bahan kemasan galon. Masing-masing memiliki ambang batas yang diperbolehkan oleh standar BPOM. Menurut Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) (2019), masyarakat harus dilindungi dari penggunaan kemasan pangan yang tidak memenuhi persyaratan keamanan pangan. Batas migrasi kemasan pangan berdasarkan tipe pangan dan kondisi penggunaan untuk jenis kemasan plastik sebagaimana telah ditetapkan dalam Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor HK.03.1.23.07.11.6664 tahun 2011 tentang pengawasan kemasan pangan, perlu disesuaikan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terkini. Kemasan plastik memiliki potensi untuk melepaskan komponen penyusunnya ke dalam produk. Pelepasan tersebut dapat terjadi karena suhu yang tinggi dan penyimpanan yang lama. Hasil pengawasan dan kajian yang dilakukan BPOM terhadap beberapa jenis kemasan plastik menunjukkan bahwa tingkat paparan masyarakat Indonesia masih dalam taraf aman.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada beberapa air galon bermerek yang beredar di Kota Makassar dapat disimpulkan bahwa baik yang terpapar maupun yang tidak terpapar cahaya matahari tidak terdeteksi mengandung Bisphenol A (BPA) dan Di-Ethylhexyl Phthalate (DEHP). Senyawa yang terdeteksi adalah piridin, Disiloxane, Piperazine, dan Isobutyriloyl. Saran untuk penelitian lebih lanjut dapat menggunakan sampel air galon merek lain dan menggunakan metode instrumen

lainnya yang lebih *reliable*, seperti *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC).

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, F., Rohaeti, E., & Rafi, M. (2018). Evaluasi migrasi di-(2-etilheksil)ftalat dari botol polietilena tereftalat menggunakan gc/ms. *Jurnal ITEKIMIA*, 3(1).
- Badan Pusat Statistik Sulawesi Selatan. (2023). *Persentase rumah tangga menurut sumber air utama yang digunakan rumah tangga untuk minum di provinsi Sulawesi Selatan*.
- Bahagia, Yunita, I., & Susanti, R. M. (2019). Analisis implementasi kebijakan kantong plastik berbayar di ritel modern Banda Aceh. *Serambi Engineering*, IV(2), 549–556.
- BPOM. (2011). *Peraturan kepala badan pengawas obat dan makanan Republik Indonesia nomor HK.03.1.23.07.11.6664 tahun 2011*. Jakarta.
- Consumer Product Safety Commission (CPSC). (2018). *Test method: CPSC-CH-C1001-09.4. standard operating procedure for determination of phthalates*. <https://www.cpsc.gov/en/Business--Manufacturing/BusinessEducation/Business->
- Darmapatni, K. A. G., Basori, A., & Suaniti, N. M. (2016). Pengembangan metode gc-ms untuk penetapan kadar acetaminophen pada spesimen rambut manusia. *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 18(3).
- Girsang, T. P., Wijaya, I. M. M., & Gunam, I. B. W. (2020). Deteksi migrasi material pembungkus makanan ke air karena pemanasan. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 8(2), 310–318.
- Ilmiawati, C., Reza, M., Rahmatini, & Rustam, E. (2017). Edukasi pemakaian plastik sebagai kemasan makanan dan minuman serta risikonya terhadap kesehatan pada komunitas di kecamatan bungus teluk kabung, Padang. *Logista Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1), 20–28.
- Kementrian Kesehatan Republik Indonesia. (2010). *Keputusan menteri kesehatan Republik Indonesia nomor 492/MENKES/Per/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum*. Jakarta.
- Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan. (2019). *Peraturan badan pengawas dan makanan nomor 20 tahun 2019 tentang kemasan pangan*.

- Kopp, R. D., Grogler, G. D., & Mann, M. D. (1982). *Use of carbonic-acid/carbamic-acid anhydrides as CO₂-cleaving blowing agents in the production of cellular or foam-like plastics*. (Patent No. EP0051211 (A1)).
- Kristiyanto, L. N. (2013). Pengaruh paparan radiasi sinar matahari terhadap kadar bisfenol a dalam botolplastik jenis polikarbonat yang ditetapkan menggunakan kromatografi cair kinerja tinggi fase terbalik. Skripsi. Jurusan Farmasi. Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta.
- Kurniawan, H. H., & Pusfitasari, E. D. (2017). Uji kualitatif bisphenol a dan diethylhexyl phthalate menggunakan teknik gc/ms berdasarkan perhitungan isotop rasio dan indeks retensi. Prosiding Seminar Nasional Kimia UNY. Yogyakarta.
- Luo, H., Sun, G., Shi, Y., Shen, Y., & Xu, K. (2014). Evaluation of the Di(2-ethylhexyl)phthalate released from polyvinyl chloride medical devices that contact blood. *SpringerPlus*, 3(1), 58. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-58>
- Mead, R. N., & Seaton, P. J. (2011). GC-MS quantitation and identification of bisphenol-A isolated from water. *Journal of Chemical Education*, 88(8), 1130–1132. <https://doi.org/10.1021/ed1006053>
- Purwanti, E. A. (2020). Air minum galon isi ulang studi tentang perlindungan hukum bagi konsumen pada depot air minum isi ulang TIRTA QTA. Skripsi. Program Studi Ilmu Hukum. Fakultas Hukum. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Solo.
- Royer, S. J., Ferrón, S., Wilson, S. T., & Karl, D. M. (2018). Production of methane and ethylene from plastic in the environment. *PLoS ONE*, 13(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200574>
- Sulistiyanto, M. T. (2020). Pengaruh marketing mix terhadap keputusan konsumen untuk membeli air isi ulang (studi kasus di depot moya syariah Surakarta). Skripsi. Program Studi Ekonomi Islam. Fakultas Agama Islam. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- SWECO. (2018). *Substitutes for regulated plasticizers Ersättningsämnen för reglerade mjukgörare*. Swedish Environmental Protection Agency, Environmental Monitoring Unit SE-106 48 Stockholm, Sweden.

- Syamsul, M., Nur, N. H., & Mat, M. A. (2020). Bacteriology quality of refill drinking water in some part of Makassar city. *Diversity: Disease Preventive of Research Integrity*, *I*(1), 15–20.
<https://doi.org/https://doi.org/10.24252/diversity.v1i1.18722>
- Mitchell, G. R. (2001). Structure of polymer glasses: short-range order. *Encyclopedia of Materials: Science and Technology (Second Edition)*, 8926–8932.