

PERBANDINGAN MIGRASI MONOMER BISFENOL A (BPA) PADA KEMASAN AIR MINUM PLASTIK POLIKARBONAT (PC) DAN POLIETILENA TEREFTALAT (PET): KAJIAN META-ANALISIS**Nur Hikma, Muhammad Arpah**

Institut Pertanian Bogor, Indonesia

Email: hikmanurdin04@gmail.com, arpah@apps.ipb.ac.id

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan jumlah migrasi monomer Bisfenol A (BPA) pada air minum yang dikemas dengan botol plastik polikarbonat (PC) dan polietilena tereftalat (PET) serta menentukan berbagai faktor yang dapat mempengaruhi migrasi BPA. Penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi kepada masyarakat terkait migrasi BPA pada air minum yang dikemas dengan plastik PC dan PET serta dapat menjadi rujukan dalam hal pemilihan air minum kemasan. Penelitian meta-analisis untuk membandingkan migrasi BPA pada kemasan air minum berbahan Polycarbonate (PC) dan Polyethylene Terephthalate (PET) dilakukan dengan mengikuti panduan Tawfik. Penelitian diperoleh hasil dengan metode meta-analisis ini juga menganalisis bias publikasi pada studi yang digunakan. Hasil grafik funnel plot yang simetris menandakan tidak adanya bias publikasi. Hal ini diperkuat melalui perhitungan fail-safe number (Nft) dimana nilai $Nft > 5N + 10$ sehingga bias publikasi tergolong kecil dan model meta-analisis kuat.

Kata kunci: Migrasi Monomer Bisfenol A, Air Minum Plastik Polikarbonat, Polietilena Tereftalat

Abstract

The purpose of this study was to compare the amount of migration of Bisphenol A (BPA) monomers in drinking water packaged with polycarbonate (PC) and polyethylene terephthalate (PET) plastic bottles and determine various factors that can affect BPA migration. This research is expected to provide information to the public regarding BPA migration in drinking water packaged with PC and PET plastic and can be a reference in terms of choosing bottled drinking water. A meta-analysis to compare BPA migration in Polycarbonate (PC) and Polyethylene Terephthalate (PET) drinking water packaging was conducted following Tawfik's guidelines. The research obtained results with this meta-analysis method also analyzed publication bias in the studies used. The results of a symmetrical funnel plot graph indicate the absence of publication bias. This is reinforced through the calculation of the fail-safe number (Nft) where the Nft value $> 5N + 10$ so that the publication bias is relatively small and the meta-analysis model is strong

Keywords: Migration of Bisphenol A Monomer, Polycarbonate Plastic Drinking Water, Polyethylene Terephthalate

How to cite:	Nur Hikma, Muhammad Arpah (2024) Perbandingan Migrasi Monomer Bisfenol A (BPA) Pada Kemasan Air Minum Plastik Polikarbonat (PC) dan Polietilena Tereftalat (PET): Kajian Meta-Analisis, (06) 05, https://doi.org/10.36418/syntax-idea.v3i6.1227
E-ISSN:	2684-883X
Published by:	Ridwan Institute

PENDAHULUAN

Bisfenol A (BPA) merupakan salah satu bahan kimia yang umum digunakan dalam produksi polikarbonat dan epoksi resin (Rybczyńska-Tkaczyk, Skóra, & Szychowski, 2023). Plastik polikarbonat (PC) biasanya dijadikan bahan baku dalam pembuatan botol karena sifatnya yang tahan pecah dan transparan sementara epoksi resin banyak ditemui pada kaleng sebagai pelapis untuk menghindari kontak langsung antara aluminium dan pangan agar tidak terjadi korosi pada logam yang dapat mempengaruhi keamanan dan kualitas pangan yang dikemas (Geueke, 2014). Data dari Zeng et al., (2023) pada laporan bisphenol A market size and share analysis menunjukkan bahwa produksi BPA pada tahun 2022 mencapai 7,34 juta ton dimana 72% diantaranya digunakan sebagai resin polikarbonat dan sisanya untuk epoksi resin serta berbagai kebutuhan lainnya.

Penggunaan botol dari plastik PC di industri pangan ditujukan untuk wadah air minum. Selain itu, dikenal jenis plastik polietilena tereftalat (PET) yang umum pula dipakai sebagai botol kemasan air minum karena permeabilitas oksigen yang rendah sehingga mampu menjaga rasa dari air minum (Al-Zahrani et al., 2017). Berbeda dengan plastik PC, polietilena tereftalat (PET) tidak mengandung BPA. PET merupakan polimer rantai panjang dari poliester yang terdiri atas dua monomer yaitu asam tereftalat (TPA) dan etilen glikol (EG) yang merupakan turunan dari bahan baku minyak (Yun, Ho, Tan, & How, 2018). Meski demikian, penelitian dari Baz et al., (2023) melaporkan bahwa air yang dikemas dengan plastik PET mengandung cemaran BPA yang diduga berasal dari kontaminasi selama daur ulang botol plastik PET (recycled PET). Kontaminasi silang dari recycled PET (r-PET) dimungkinkan karena tinta cetak atau bahan lain yang digunakan dalam proses produksi mengandung BPA. Sumber paparan BPA lainnya pada botol plastik PET dapat berasal dari tutup botol yang mengandung BPA (Kramarczyk et al. 2022).

Migrasi BPA tidak hanya terjadi pada air yang dikemas dengan botol PET. Penelitian yang dilakukan Taskeen, Hameed, & Naeem, (2012) menunjukkan bahwa semua sampel air minum yang dikemas dengan botol berbahan plastik PC mengandung BPA dengan jumlah cemaran terbesar mencapai 11,39 ppb pada suhu penyimpanan 25°C. Adanya migrasi BPA dari botol minum berbahan plastik PET dan PC dapat disebabkan karena kondisi penyimpanan seperti suhu yang terlalu tinggi dan durasi penyimpanan yang panjang sehingga mendorong pelepasan monomer BPA dari kemasan (Ginter-Kramarczyk, Zembrzuska, Kruszelnicka, Zajac-Woźnialis, & Ciślak, 2022). Selain itu, peningkatan migrasi BPA juga terjadi pada botol yang terkena paparan sinar matahari secara langsung (Parto, Aazami, Shamsi, Zamani, & Savabieasfahani, 2022).

BPA dapat masuk kedalam tubuh melalui makanan maupun minuman. Konsumsi pangan yang mengandung BPA berpotensi menyebabkan masalah kesehatan serius seperti obesitas (Do Minh, 2017), gangguan sistem reproduksi (Ehrlich et al., 2012), penyakit kardiovaskular (Gao & Wang, 2014) dan risiko kanker (Khan et al., 2021). BPA merupakan monomer yang bersifat Endocrine Disrupting Chemical (EDC). Sistem endokrin berperan sebagai modulator untuk regulasi metabolisme, reproduksi, hingga keseimbangan air dalam tubuh. Penelitian dengan hewan percobaan membuktikan bahwa BPA dapat meniru peran estrogen dan menghambat diferensiasi sistem reproduksi (Seyhan et al., 2022). Potensi bahaya

dari BPA semakin mengkhawatirkan masyarakat dunia seiring laporan yang diterbitkan oleh US Centers for Disease Control and Prevention (2017) yang menunjukkan konsentrasi BPA di urin terdeteksi pada 92,6% populasi umum di Amerika Serikat dengan rata-rata kandungan BPA adalah 2,6 ng/L. Tingginya konsentrasi BPA diduga karena kebiasaan masyarakat Amerika Serikat yang setiap hari mengonsumsi air minum dalam botol (Yun et al., 2018)

Regulasi mengenai kandungan BPA pada pangan terus dikembangkan guna menekan potensi bahaya terhadap kesehatan yang mungkin disebabkan oleh migrasi BPA ini. Kajian risiko oleh European Food Safety Authority (EFSA) melalui penggunaan hewan percobaan dilakukan untuk mengetahui tolerable daily intake (TDI) BPA terhadap manusia. Adapun TDI awal yang disepakati adalah 50 µg per kg berat badan per hari kemudian diturunkan menjadi 4 µg per kg berat badan per hari pada tahun 2015 dan direvisi kembali pada tahun 2023 menjadi 0,2 ng per kg berat badan per hari yang artinya 20,000 kali lebih rendah dibanding TDI sebelumnya. Nilai TDI yang semakin kecil tersebut menunjukkan toksisitas suatu komponen yang semakin tinggi (Hwang, Park, & Lee, 2023).

Urgensi keberadaan BPA dalam pangan mendorong munculnya berbagai penelitian untuk mengetahui jumlah migrasi pada kemasan yang diduga mengandung BPA. Selain itu, peneliti juga berfokus pada potensi bahaya kesehatan yang dapat timbul akibat keberadaan BPA dalam pangan yang dikonsumsi. Salah satu studi yang banyak dilakukan adalah membandingkan jumlah migrasi BPA pada kemasan botol air minum berbahan PC dan PET. Hasil penelitian (Yun et al., 2018) diperoleh bahwa konsentrasi BPA dalam air kemasan PET lebih tinggi dibanding air pada PC di semua kondisi penyimpanan. Sementara temuan dari Wang et al. (2020) menunjukkan bahwa jumlah migrasi BPA dari botol PET lebih rendah dibanding botol PC sehingga pada penelitian tersebut disimpulkan material PET lebih baik dibandingkan PC. Perbedaan hasil tersebut mendorong perlu adanya studi yang mampu menganalisis berbagai hasil penelitian terdahulu untuk mengetahui perbandingan migrasi BPA pada botol air minum PC dan PET yang lebih komprehensif. Metode yang dapat digunakan adalah meta-analisis yaitu sebuah analisis statistik yang mampu mengkombinasikan berbagai studi ilmiah dan menampilkannya dalam bentuk ringkasan data kuantitatif (Pigott & Polanin, 2020).

Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan jumlah migrasi monomer Bisfenol A (BPA) pada air minum yang dikemas dengan botol plastik polikarbonat (PC) dan polietilena tereftalat (PET) serta menentukan berbagai faktor yang dapat mempengaruhi migrasi BPA. Penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi kepada masyarakat terkait migrasi BPA pada air minum yang dikemas dengan plastik PC dan PET serta dapat menjadi rujukan dalam hal pemilihan air minum kemasan. Selain itu, hasil penelitian terhadap berbagai faktor yang mempengaruhi migrasi BPA diharapkan mampu menjadi acuan masyarakat mengenai cara penggunaan kemasan plastik PC maupun PET untuk air minum sehingga migrasi BPA dapat diminimalisir.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2023 hingga Desember 2023 di Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian

Bogor. Alat yang digunakan pada penelitian berbasis meta-analisis ini adalah laptop, koneksi internet, software Microsoft Excel, Mendeley, Web Plot Digitizer, Meta-Essentials Tools dan OpenMEE. Penelitian meta-analisis untuk membandingkan migrasi BPA pada kemasan air minum berbahan Polycarbonate (PC) dan Polyethylene Terephthalate (PET) dilakukan dengan mengikuti panduan Tawfik et al., (2019) dengan beberapa modifikasi sebagai berikut:

Perumusan pertanyaan penelitian

Langkah awal dalam meta-analisis adalah penyusunan pertanyaan penelitian. Pertanyaan dirumuskan dengan menggunakan metode PICO (*Population, Intervention, Comparison, Outcome*). *Population* diartikan sebagai jumlah subyek atau populasi yang akan diberi perlakuan, *intervention* merupakan variabel bebas yang digunakan atau perlakuan yang diberikan, *comparison* adalah pembanding atau kontrol, sementara *outcome* merupakan luaran berupa variabel terikat atau respon yang hadir akibat adanya *intervention* (Tawfik et al. 2019). Aspek penelitian yang digunakan dalam metode PICO ini adalah sebagai berikut.

P : Air minum

I : Penggunaan kemasan plastik PC dan PET

C : Air minum tanpa pengemasan

O : Perbandingan migrasi antara air minum dalam kemasan plastik PC dan PET

Selain aspek pada metode PICO, terdapat pula variabel moderator atau komponen tambahan lain yang diduga dapat mempengaruhi hasil penelitian yaitu suhu penyimpanan, lama penyimpanan, paparan sinar matahari, asal negara dan volume kemasan. Dengan demikian, pertanyaan yang akan diajukan pada penelitian meta-analisis ini adalah sebagai berikut.

1. Apakah perbedaan jenis kemasan antara plastik PC dan PET mempengaruhi jumlah migrasi monomer bisfenol A (BPA) pada air minum?
2. Apakah suhu penyimpanan, lama penyimpanan, paparan sinar matahari, volume kemasan dan asal negara dapat mempengaruhi jumlah migrasi monomer bisfenol A (BPA) pada air minum?

Penelitian pendahuluan dan validasi ide

Langkah berikutnya adalah melakukan pencarian artikel yang relevan dengan topik penelitian dan pertanyaan yang diajukan. Hal tersebut bertujuan untuk meninjau ketersediaan artikel pada *database* jurnal. Pencarian artikel dilakukan dengan menggunakan *database* jurnal internasional bereputasi untuk memastikan validitas dari artikel yang akan digunakan dalam meta-analisis. Selain itu, pada tahap ini pula diidentifikasi faktor penentu lain yang dapat mempengaruhi migrasi monomer bisfenol A (BPA) baik pada kemasan plastik air minum Polycarbonate (PC) maupun Polyethylene Terephthalate (PET).

Penentuan kriteria inklusi dan eksklusi

Seleksi artikel yang akan digunakan pada meta-analisis harus memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi agar dapat menjawab rumusan pertanyaan yang telah ditentukan. Kriteria inklusi merupakan acuan untuk memilih artikel yang sesuai dengan penelitian berbasis meta-analisis sementara kriteria eksklusi dijadikan sebagai penentu artikel yang tidak relevan dengan rumusan pertanyaan. Adapun kriteria inklusi dan eksklusi pada meta-analisis ini adalah sebagai berikut.

Perbandingan Migrasi Monomer Bisfenol A (BPA) Pada Kemasan Air Minum Plastik Polikarbonat (PC) dan Polietilena Tereftalat (PET): Kajian Meta-Analisis

- a. Kriteria inklusi
 1. Artikel merupakan artikel penelitian,
 2. Artikel yang membahas mengenai migrasi monomer Bisphenol A (BPA) pada kemasan air minum berbahan plastik Polycarbonate (PC) maupun Polyethylene Terephthalate (PET) serta memiliki data statistik yang cukup untuk perhitungan pada meta-analisis,
 3. Artikel berasal dari jurnal internasional,
 4. Artikel diterbitkan oleh jurnal yang telah terindeks Scopus,
 5. Tidak ada batasan negara,
 6. Terdapat pembatasan lama publikasi artikel yaitu maksimal 20 tahun.
- b. Kriteria eksklusi
 1. Artikel *review* (selain artikel penelitian),
 2. Artikel dengan data statistik yang tidak lengkap.

Pengumpulan sumber studi

Terdapat beberapa strategi yang digunakan untuk mempermudah dalam pengumpulan sumber studi yaitu sebagai berikut.

- a. Penentuan kata kunci pencarian untuk mempermudah pengumpulan sumber studi,
- b. Pencarian sumber studi dengan memanfaatkan *boolean operator* yaitu kata sederhana (NO/AND/OR) yang digunakan sebagai konjungsi untuk menggabungkan beberapa kata kunci dalam satu pencarian,
- c. Penggunaan Mendeley *reference manager*,
- d. Penggunaan diagram alir PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses*) untuk memilah sumber studi yang tepat. Diagram alir PRISMA dapat dilihat pada Gambar 5.

Beberapa *database* jurnal yang digunakan pada penelitian meta-analisis ini adalah sebagai berikut.

- a. Proquest
- b. ACS Publication
- c. Springer
- d. Science Direct
- e. PubMed Central
- f. MDPI
- g. Sage Journal
- h. Heliyon
- i. AIMS Agriculture and Food
- j. Sains Malaysiana

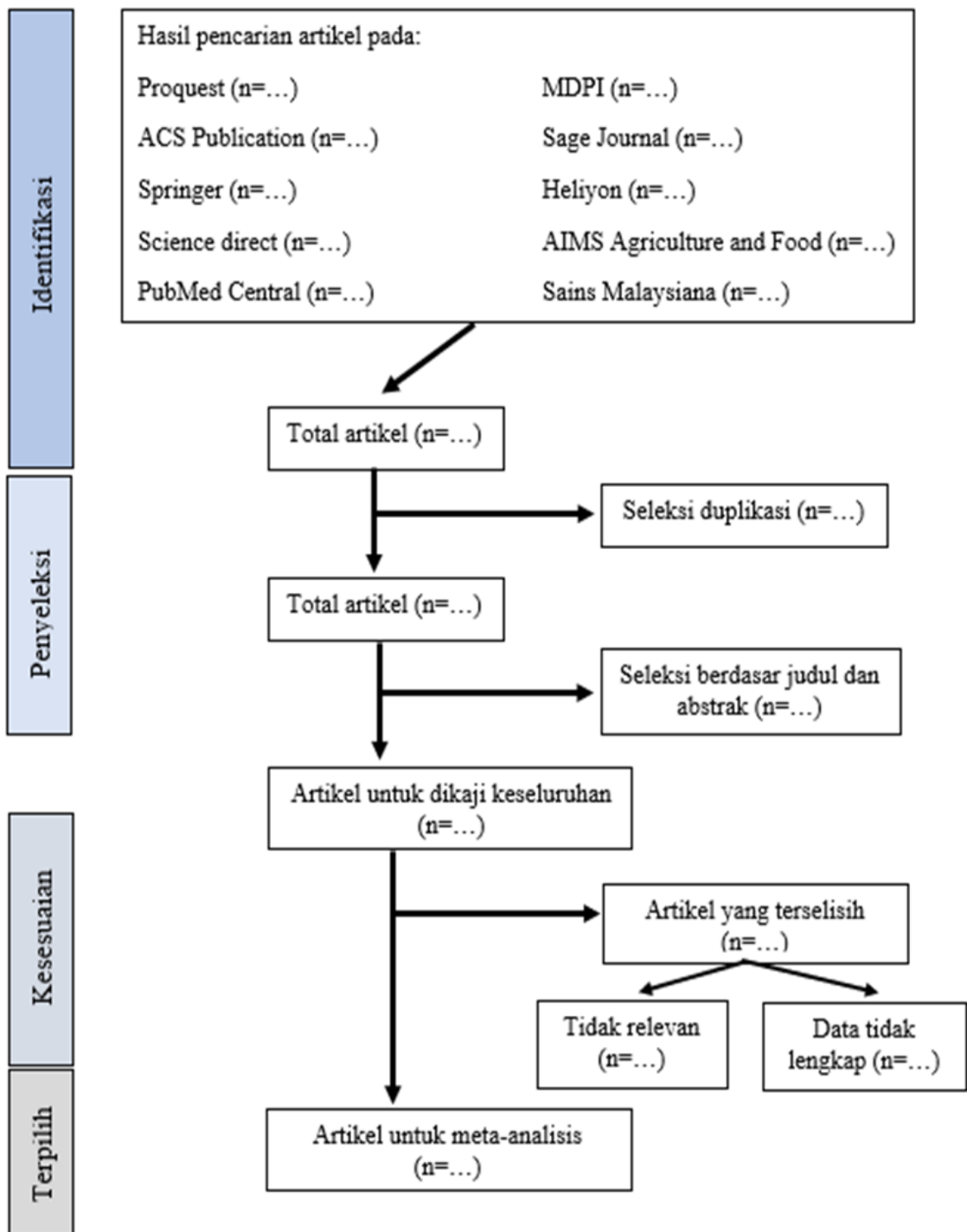
Adapun beberapa kata kunci yang digunakan dalam pencarian sumber studi adalah sebagai berikut.

- a. *Bisphenol A*
- b. *Polycarbonate plastic*
- c. *Polyethylene Terephthalate plastic*

Berdasar pada metode pencarian dengan memanfaatkan *boolean operator* (NO/AND/OR) maka kata kunci yang digunakan untuk memperoleh sumber studi adalah [(“*bisphenol A*” OR “BPA”) AND (“*polycarbonate plastic*” OR “PC plastic”) AND (“*polyethylene terephthalate plastic*” OR “PET plastic”)]. Apabila artikel sebagai sumber studi telah terkumpul dari berbagai *database* jurnal maka artikel tersebut akan diseleksi sesuai kriteria inklusi dan eksklusi yang telah disusun sebelumnya dengan menggunakan diagram alir PRISMA.

Ekstraksi data

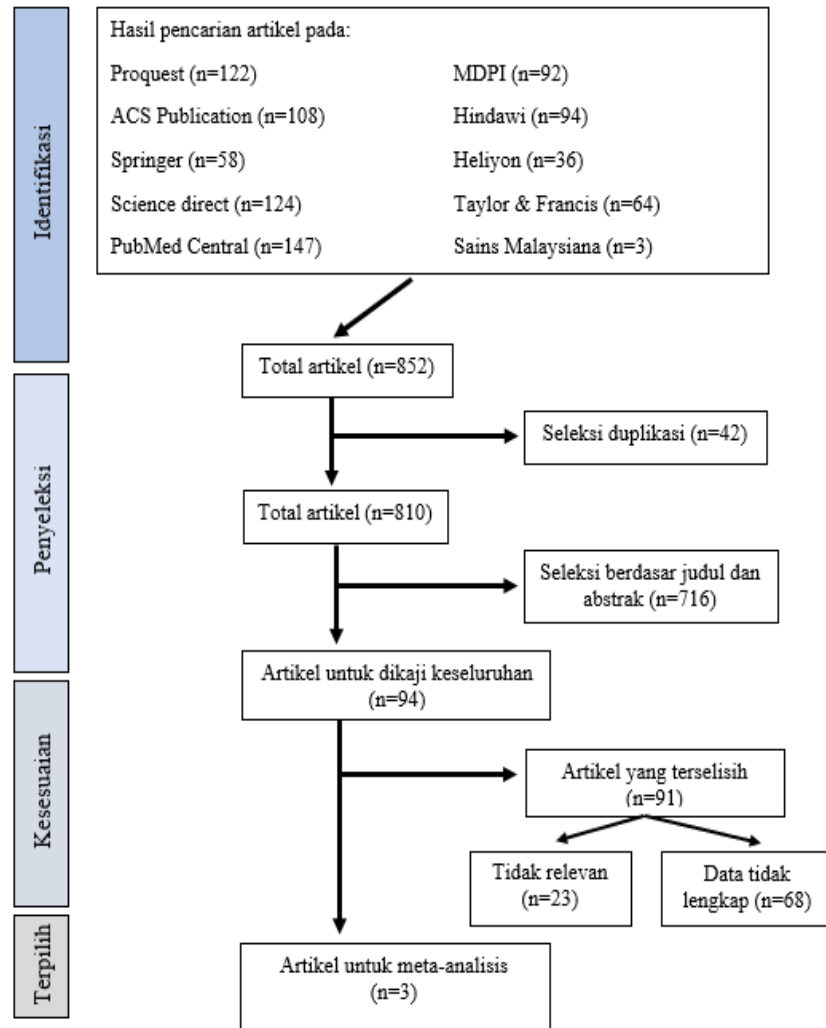
Ekstraksi data dari artikel dibagi menjadi dua yaitu ekstraksi data hasil penelitian dan identitas artikel yang digunakan. Data hasil penelitian ditabulasikan pada *software* Microsoft Excel sementara untuk memperoleh identitas artikel digunakan fitur metadata pada *software* Mendeley yang akan menampilkan judul artikel, tahun terbit, nama penulis, penerbit, indeks jurnal hingga DOI. Data penelitian yang digunakan untuk meta-analisis adalah jumlah migrasi monomer bisfenol A (BPA) pada air minum yang dikemas dengan plastik PC dan PET, suhu penyimpanan, lama penyimpanan, paparan sinar matahari, volume kemasan plastik, asal negara, pH air dan warna kemasan plastik yang digunakan. Data jumlah migrasi monomer bisfenol A (BPA) yang diekstrak adalah jumlah ulangan, nilai rata-rata, dan standar deviasi. Adapun data penelitian yang disajikan dalam bentuk grafik dengan nilai yang kurang jelas akan di *input* ke *software* Web Plot Digitizer agar hasil pembacaan nilai lebih akurat.



Gambar1 Diagram alir PRISMA

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Sumber Studi



Gambar 2 Skema pencarian dan penyeleksian sumber studi (diagram PRISMA)

Pencarian sumber studi untuk penelitian migrasi BPA pada kemasan botol plastik air minum PET dan PC dengan metode meta-analisis dilakukan pada 10 *database* jurnal internasional dan diperoleh sebanyak 852 artikel. Artikel tersebut kemudian diseleksi untuk mengeliminasi sumber studi yang terduplikasi. Hasil dari tahapan penyeleksian duplikasi diperoleh 810 artikel, kemudian berkurang menjadi 94 artikel pada seleksi berdasar judul dan abstrak. Artikel yang tersisa lalu masuk pada tahapan kesesuaian dengan menganalisis relevansi artikel berdasar kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan sebelumnya serta meninjau kelengkapan data statistik sehingga pada bagian ini akan diperoleh artikel yang siap untuk meta-analisis. Adapun pada tahapan kesesuaian, artikel yang tereliminasi sebanyak 91 sehingga jumlah artikel yang terpilih untuk meta-analisis pada penelitian ini adalah 3 artikel dengan rentang publikasi pada kisaran tahun 2011 hingga 2020.

Artikel yang digunakan di penelitian meta-analisis untuk migrasi BPA pada kemasan botol air minum plastik PC dan PET berasal dari artikel penelitian yang dilakukan oleh (Guart, Bono-Blay, Borrell, & Lacorte, 2011; Wang et al., 2022; Yun et al., 2018) serta

Perbandingan Migrasi Monomer Bisfenol A (BPA) Pada Kemasan Air Minum Plastik Polikarbonat (PC) dan Polietilena Tereftalat (PET): Kajian Meta-Analisis

Terdapat 36 hasil studi dengan rincian 2 studi dari (Guart et al., 2011) 10 hasil studi (Wang et al., 2022) dan 24 studi dari (Yun et al., 2018). Studi-studi tersebut berisi perbandingan migrasi BPA pada botol air minum berbahan plastik PC dan PET dengan berbagai perlakuan. Alur pencarian dan penyeleksian artikel untuk meta-analisis ditunjukkan pada diagram alir PRISMA (gambar 2)

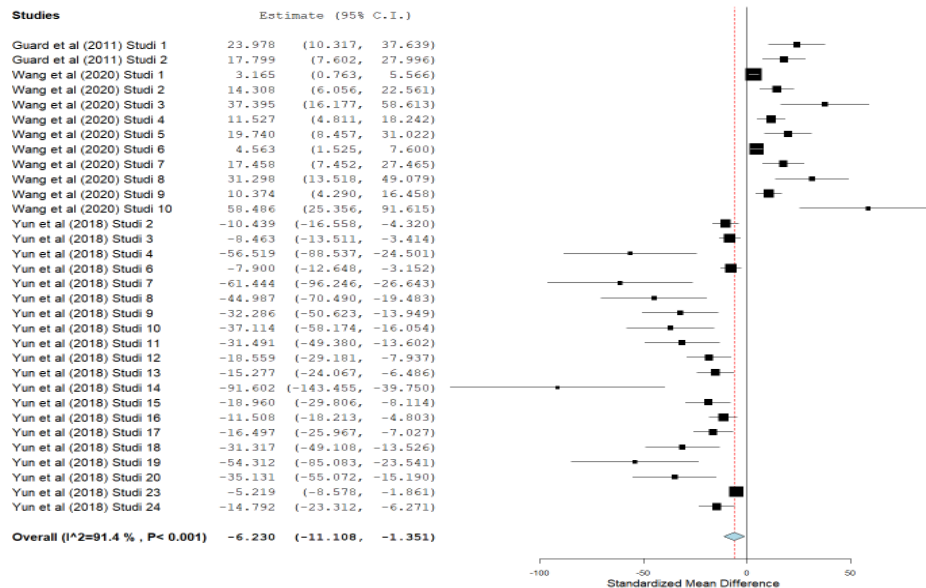
Analisis Data Migrasi BPA

Tabel 1 Rekapitulasi data meta-analisis

No Artikel	Kontrol (botol PC)				Perlakuan (botol PET)			
	Nc	Mc	Mc + SD	SDc	Np	Mp	Mp + SD	SDp
1	3	1,87	1,96	0,09	3	0,00	0,00	0,00
	3	3,42	3,64	0,22	3	0,00	0,00	0,00
2	3	111,80	146,10	34,30	3	15,60	15,70	0,10
	3	2833,10	3053,80	220,70	3	34,40	36,50	2,10
	3	6452,80	6646,10	193,30	3	44,90	49,60	4,70
	3	1452,80	1593,80	141,00	3	12,40	13,80	1,40
	3	818,40	863,69	45,29	3	24,80	27,40	2,60
	3	135,80	165,30	29,50	3	16,50	16,90	0,40
	3	641,60	682,00	40,40	3	16,30	17,40	1,10
	3	576,00	596,20	20,20	3	15,70	15,80	0,10
	3	151,80	166,60	14,80	3	15,70	16,00	0,30
	3	768,70	783,20	14,50	3	16,50	17,10	0,60
3	3	0,00	0,00	0,00	3	0,00	0,00	0,00
	3	9,13	9,25	0,12	3	11,53	11,76	0,23
	3	13,60	13,06	0,00	3	16,60	17,00	0,40
	3	23,74	23,89	0,42	3	54,67	55,13	0,46
	3	0,00	0,00	0,00	3	0,00	0,00	0,00
	3	15,07	15,19	0,12	3	18,67	19,17	0,50
	3	47,13	47,25	0,12	3	75,13	75,63	0,50
	3	109,33	109,64	0,31	3	151,07	152,07	1,00
	3	10,00	10,00	0,00	3	18,87	19,18	0,31
	3	29,27	29,73	0,46	3	44,40	44,40	0,00
	3	105,80	106,00	0,20	3	131,53	132,43	0,90
	3	168,67	168,90	0,23	3	181,73	182,49	0,76
	3	17,00	17,35	0,35	3	23,33	23,64	0,31
	3	45,07	45,19	0,12	3	66,13	66,36	0,23
	3	168,80	169,40	0,60	3	185,07	185,83	0,76
	3	257,67	258,37	0,70	3	269,87	270,84	0,97
	3	8,67	8,97	0,31	3	13,53	13,65	0,12
	3	13,07	13,30	0,23	3	20,27	20,39	0,12
	3	19,27	19,58	0,31	3	35,27	35,39	0,12
	3	22,13	22,36	0,23	3	45,07	45,77	0,70
3	0,00	0,00	0,00	3	0,00	0,00	0,00	
3	0,00	0,00	0,00	3	0,00	0,00	0,00	
3	6,67	6,90	0,23	3	7,87	7,99	0,12	
3	10,47	10,78	0,31	3	15,53	15,76	0,23	

Nc (jumlah ulangan kontrol), Mc (rata-rata kontrol), SDc (standar deviasi kontrol), Np (jumlah ulangan perlakuan), Mp (rata-rata perlakuan), SDp (standar deviasi perlakuan).

Kelompok data kontrol dan perlakuan kemudian dimasukkan ke *software* OpenMEE untuk menghitung *overall effect size* (keseluruhan ukuran efek) yang umum disajikan dalam bentuk diagram *forest plot*. Selain menentukan *overall effect size*, diagram ini juga dapat menghitung selang kepercayaan (CI), *p-value* hingga ukuran heterogenitas studi (I^2). *Effect size* pada migrasi BPA antara kontrol botol PC dan perlakuan menggunakan botol PET disajikan pada Gambar 3



Gambar 3 Forest plot migrasi BPA pada kemasan botol air minum PC dan PET

Gambar 3 *Forest plot* migrasi BPA pada botol kemasan air minum PC dan PET menunjukkan bahwa hanya 32 dari total 36 studi yang dapat dihitung ukuran efeknya (*effect size*). Hal tersebut disebabkan karena beberapa hasil studi yang dilaporkan tidak dapat mendeteksi keberadaan BPA pada kemasan air minum di botol PC maupun PET sehingga migrasi dan ukuran efek bernilai 0. Nilai *overall effect size* pada grafik *forest plot* diatas adalah sebesar -6,230 dengan selang kepercayaan (CI 95%) -11,108 hingga -1,351 serta *p-value* <0,001. Nilai *overall effect size* yang negatif menandakan bahwa migrasi BPA pada botol kemasan air minum polikarbonat (PC) lebih tinggi dibanding air minum yang dikemas pada botol polietilena tereftalat (PET).

Migrasi bisfenol A (BPA) yang lebih tinggi di botol air minum PC erat kaitannya dengan fungsi BPA di industri yang umum digunakan sebagai bahan baku plastik polikarbonat dan epoksi resin (Kubwabo *et al.* 2009). Adapun bahan utama pada plastik PET adalah monomer asam tereftalat (TPA) dan etilen glikol (EG) dari turunan minyak. Kedua monomer tersebut tidak mengandung BPA (Yun *et al.* 2018). Namun beberapa peneliti menduga adanya kontaminasi silang BPA dari tutup botol, proses daur ulang hingga tinta percetakan plastik. Kondisi ini dapat membuat terdeteksinya BPA tidak hanya pada PC tetapi juga di plastik PET. Meski demikian, konsentrasi cemaran BPA pada plastik PC lebih tinggi

karena pembentuk utama PC merupakan BPA sementara pada PET, adanya BPA disinyalir hanya berasal dari kontaminasi (Guart *et al.* 2011).

Hasil pengujian heterogenitas (I^2) adalah 91,4% sehingga tergolong dalam kelompok penelitian dengan heterogenitas yang tinggi karena nilai statistik I^2 lebih dari 75%. Oleh karena itu, dilakukan uji lanjutan berupa analisis *sub-group* dan meta regresi. Data variabel moderator yang bersifat kualitatif atau telah dikelompokkan seperti asal negara, suhu penyimpanan, lama penyimpanan, paparan sinar UV dan jenis alat penelitian digunakan untuk analisis *sub-group* sementara data volume air yang bersifat kualitatif akan diplot kan untuk menghasilkan grafik meta regresi. Kedua jenis analisis ini bertujuan untuk mengetahui adanya pengaruh terhadap masing-masing variabel moderator pada tingkat migrasi BPA. Selain itu, dikaji pula bias publikasi pada data studi yang digunakan di migrasi BPA pada botol PC dan PET.

Analisis Subgroup

Tabel 2 Analisis subgroup variabel asal negara terhadap migrasi BPA

No	Asal negara	n	SDM (CI 95%)	<i>p-value</i>
1	Spainyol	2	20,010 (11,839; 28,182)	<0,001
2	Cina	10	13,913 (8,715; 19,112)	<0,001
3	Malaysia	24	-20,161 (-25,045; -15,276)	<0,001

n (jumlah studi), SDM (*Standardized Mean Difference*), CI 95% (selang kepercayaan SDM)

Berdasarkan hasil analisis *subgroup* asal negara, terdapat tiga negara asal botol minum plastik PC dan PET yaitu Spanyol, Cina dan Malaysia (Tabel 2). Jumlah studi botol yang berasal dari masing-masing negara (n) berturut-turut adalah 2 studi, 10 studi serta 24 studi. Dari ketiga negara yang dianalisis, hanya botol dari Malaysia yang memiliki nilai ukuran efek *Standardized Mean Difference* (SDM) yang negatif yaitu -20,161 dengan selang kepercayaan (95%) berada pada rentang -25,045 hingga -15,276 dan *p-value* <0,001. Nilai SDM yang negatif menunjukkan bahwa migrasi BPA pada kemasan air minum botol PC lebih tinggi dibanding PET. Sementara nilai SDM pada botol dari negara Spanyol dan Cina yang bernilai positif mengindikasikan bahwa tingkat migrasi BPA di PET lebih tinggi.

Suhu penyimpanan

Semakin tinggi suhu penyimpanan pada botol plastik air minum maka tingkat migrasi BPA juga semakin besar (Baz *et al.* 2023). Hal tersebut dibuktikan melalui penelitian Godwin dan Igbum (2022) yang menunjukkan level BPA yang terdeteksi pada botol air minum berbahan plastik polikarbonat (PC) di suhu penyimpanan ruangan adalah sebesar $0,08 \pm 0,01$ ng/mL sementara botol air minum yang disimpan pada suhu 60°C dengan durasi penyimpanan yang sama yaitu 1 hari memiliki tingkat migrasi $3,20 \pm 0,10$. Rata-rata level migrasi BPA akan mengalami kenaikan dengan cepat ketika temperatur penyimpanan diatas

40°C dan cenderung bersifat eksponensial seiring pertambahan suhu (Cao dan Corriveau 2018).

Tabel 3 Analisis subgroup variabel suhu penyimpanan terhadap migrasi BPA

No	Suhu penyimpanan	n	SDM (CI 95%)	p-value
1	1 - 25°C	22	1,887 (-3,540; 7,314)	0,496
2	26 - 50°C	10	-17,819 (-30,515; -5,122)	0,006
3	>50°C	4	-26,307 (-41,536; -11,078)	<0,001

n (jumlah studi), SDM (*Standardized Mean Difference*), CI 95% (selang kepercayaan SDM)

Tabel 3 hasil analisis *subgroup* variabel moderator suhu penyimpanan terhadap tingkat migrasi BPA menunjukkan suhu penyimpanan di atas 26°C mempengaruhi tingkat migrasi bisfenol A pada kemasan botol air minum jenis polikarbonat (PC). Hal ini dapat dilihat melalui nilai SDM (*Standardized Mean Difference*) pada selang kepercayaan (CI 95%) yang menghasilkan angka negatif. Nilai SDM suhu penyimpanan antara 26 - 50°C adalah -17,819 dengan rentang kepercayaan (CI 95%) -30,515 sampai -5,122 dan *p-value* 0,006 sementara SDM >50°C yaitu -26,307 melewati rentang kepercayaan (CI 95%) -41,536 hingga -11,078 serta nilai *p-value* yang sangat signifikan karena <0,001. Adapun suhu penyimpanan 1 - 25°C menunjukkan kecenderungan pada tingginya migrasi BPA di kemasan air minum PET dibanding PC karena hasil SDM yang bernilai positif sebesar 1,887 dan rentang kepercayaan -3,540 hingga 7,314 meski hasil statistik *p-value* yang tidak menunjukkan signifikansi karena nilai *p-value* pada rentang suhu penyimpanan ini adalah 0,496 (>0,05) sehingga tidak berbeda nyata.

Lama penyimpanan

Berbagai studi telah dilakukan untuk mengetahui tingkat migrasi seiring lama waktu penyimpanan. Fan *et al.* (2014) melaporkan bahwa telah terjadi peningkatan konsentrasi BPA yang terlepas di botol air minum PET sebanyak 36 ng/L dari 23,4 ng/L pada minggu pertama penyimpanan menjadi 59,4 ng/L pada minggu keempat. Sementara penelitian dari (Kubwabo *et al.*, 2009) mengenai migrasi BPA di botol air minum PC juga menunjukkan hasil yang sama dengan (Fan *et al.*, 2014) yaitu terjadi kenaikan monomer BPA yang terdeteksi pada air minum selama waktu penyimpanan berlangsung. Migrasi awal yang terdeteksi pada botol air minum PC minggu pertama adalah 27,8 ng/L dan meningkat menjadi 63,9 ng/L setelah 6 minggu penyimpanan.

Tabel 4 Analisis subgroup variabel lama penyimpanan terhadap migrasi BPA

No	Lama penyimpanan	n	SDM (CI 95%)	p-value
1	1 – 20 hari	18	-14,021 (-20,939; -7,103)	<0,001
2	21 – 40 hari	14	5,308 (-1,001; 11,618)	0,099
3	41 – 60 hari	4	-17,743 (-28,046; -7,440)	<0,001

Analisis *subgroup* lama penyimpanan dikelompokkan menjadi tiga kategori yaitu penyimpanan di hari 1 – 20, 21 – 40 hari serta 41 – 60 hari. Jumlah studi yang digunakan untuk menentukan korelasi antara lama penyimpanan terhadap level migrasi BPA adalah 36 studi dengan rincian 18 studi untuk kelompok pertama (1 – 20 hari), 14 studi pada kelompok kedua (21 – 40 hari) dan 4 studi di kelompok terakhir (41 – 60 hari). Tabel 4 menunjukkan terdapat 2 nilai *Standardized Mean Difference* yang negatif pada selang kepercayaan (CI 95%) yaitu lama penyimpanan kelompok pertama dan ketiga. Nilai SDM lama penyimpanan kelompok pertama adalah -14,021 pada selang kepercayaan (CI 95%) -20,939 hingga -7,103 sementara kelompok ketiga bernilai -17,743 di selang kepercayaan (CI 95%) -28,046 sampai -7,440. *p-value* pada kedua kelompok ini <0,001 sehingga menghasilkan data yang sangat signifikan. Hasil analisis *subgroup* yang bernilai negatif mengindikasikan lama penyimpanan lebih berpengaruh terhadap peningkatan pelepasan BPA pada botol air minum berbahan plastik polikarbonat (PC).

Kelompok lama penyimpanan yang kedua (21 – 40 hari) diperoleh nilai SDM sebesar 5,308 pada selang kepercayaan (CI 95%) -1,001 hingga 11,618. Hasil yang bernilai positif mengindikasikan lama penyimpanan pada kelompok ini lebih berpengaruh pada peningkatan migrasi BPA di botol air minum PET. Meski demikian, nilai *p-value* yang dihasilkan pada analisis *subgroup* bernilai 0,099 lebih tinggi dari batas signifikan *p-value* <0,05 sehingga data yang ditunjukkan secara statistik tidak signifikan.

Paparan sinar matahari (UV)

Penelitian yang dilakukan oleh (Baz et al., 2023). telah menguji pengaruh penyimpanan botol air minum di dalam ruangan (*indoor*) dan di luar ruangan (*outdoor*) yang terpapar sinar matahari secara langsung terhadap total migrasi BPA. Hasil studi menunjukkan konsentrasi BPA di botol minum yang disimpan di luar ruangan dengan cahaya matahari lebih tinggi dibanding penyimpanan botol air minum di dalam ruangan dengan masing-masing *p-value* bernilai <0,05 sehingga perbedaan nilai jumlah migrasi antar sampel pada penelitian tersebut tergolong sangat signifikan.

Tabel 5 Analisis *subgroup* variabel paparan UV terhadap migrasi BPA

No	Paparan UV	n	SDM (CI 95%)	<i>p-value</i>
1	81,76 – 124,1	4	-30,265 (-44,820; -15,710)	<0,001
2	0,9 – 1,5	4	-9,172 (-6,230; -11,108)	0,052

n (jumlah studi), SDM (*Standardized Mean Difference*), CI 95% (selang kepercayaan SDM)

Analisis *subgroup* untuk variabel paparan sinar matahari (UV) terhadap tingkat migrasi BPA pada Tabel 5 dilakukan untuk melihat pengaruh cahaya matahari terhadap pelepasan BPA. Jumlah data studi yang digunakan untuk analisis adalah sebanyak 8 studi dari total 36 studi yang memenuhi syarat meta analisis. 28 studi diantaranya tidak mengukur pengaruh sinar UV terhadap migrasi BPA sehingga diasumsikan bernilai 0. Adapun analisis *subgroup* ini dibagi menjadi dua kelompok yaitu kelompok pertama dengan rentang paparan UV 81,76 – 124,1 serta kelompok kedua yang memiliki rentang 0,9 – 1,5 untuk paparan cahaya matahari.

Standardized Mean Difference (SDM) untuk kedua kelompok menunjukkan nilai yang negatif pada selang kepercayaan (CI 95%) yang berarti kedua rentang kelompok paparan UV akan memberi pengaruh yang lebih besar terhadap total migrasi BPA di kemasan air minum PC dibanding PET. Nilai SDM untuk rentang kelompok pertama adalah -30,265 dan selang kepercayaan (CI 95%) -44,820 hingga -15,710. Adapun kelompok nilai SDM kedua -9,172 di rentang kepercayaan (CI 95%) -6,230 sampai -11,108. *p-value* kelompok pertama memiliki tingkat signifikansi yang tinggi karena bernilai $<0,001$ sementara kelompok kedua menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata atau dapat dikatakan tidak signifikan karena nilai statistik *p-value* $>0,05$ yaitu 0,052.

Jenis alat penelitian

Prinsip utama analisis menggunakan instrumen GC-MS adalah analisis pada fase gas dimana bagian *gas chromatography* (GC) bertugas untuk memisahkan komponen volatil pada sampel kemudian MS akan membantu mengidentifikasi komponen fragmen berbasis pada massa. GC-MS memberikan hasil identifikasi dengan sensitivitas yang tinggi, hasil analisis yang cepat dan dapat digunakan di berbagai jenis sampel (Uljon, 2023). Sementara UHPLC-FLD merupakan instrumen yang mampu memisahkan molekul berdasar tingkat kepolaran menggunakan fase gerak dan fase diam. Untuk mendorong fase gerak, digunakan tekanan tinggi yang dapat mencapai 1,200 bar. UHPLC-FLD dapat mereduksi waktu persiapan sampel, ekstraksi serta tidak membutuhkan tambahan proses purifikasi (pemurnian) sehingga akan meningkatkan presisi dan input dari hasil analisis (Ismail et al., 2023)

Tabel 6 Analisis subgroup variabel jenis alat penelitian terhadap migrasi BPA

No	Jenis alat penelitian	n	SDM (CI 95%)	<i>p-value</i>
1	GC-MS	12	15,147 (10,150; 20,144)	$<0,001$
2	UHPLC-FLD	24	-20,161 (-25,045; -15,276)	$<0,001$

n (jumlah studi), SDM (*Standardized Mean Difference*), CI 95% (selang kepercayaan SDM)

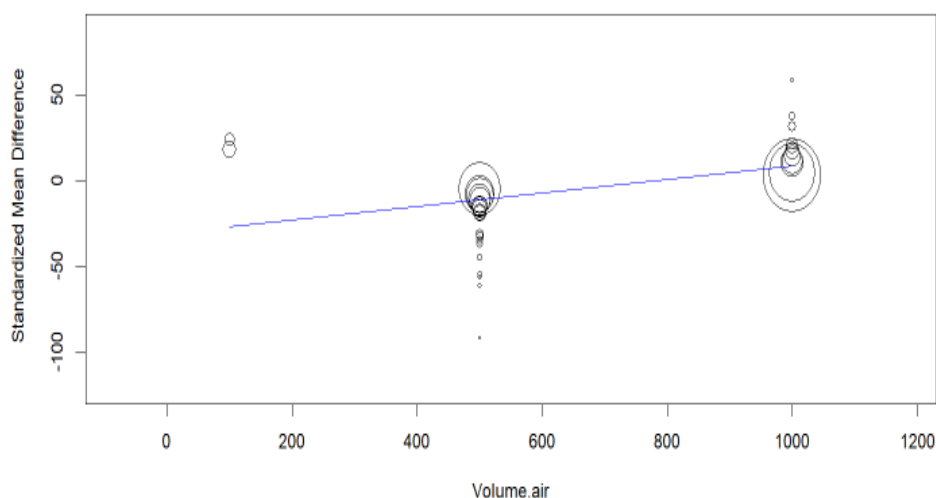
Tabel 6 hasil analisis *subgroup* untuk variabel moderator jenis alat penelitian terhadap migrasi BPA menunjukkan terdapat 12 sumber studi yang menggunakan instrumen GC-MS dan 24 studi dengan alat UHPLC-FLD. *Standardized Mean Difference* (SDM) instrumen GC-MS dengan selang kepercayaan (CI 95%) adalah 15,147 sementara nilai SDM pada UHPLC-FLD dengan selang kepercayaan yang sama ialah -20,161. Hasil SDM yang bernilai positif menandakan bahwa sensitivitas deteksi BPA lebih besar pada kemasan PET, begitupun sebaliknya. Masing-masing instrumen memiliki nilai *p-value* $<0,001$ sehingga hasil yang diperoleh signifikan secara statistik.

Terdapat beberapa kekurangan pada instrumen analisis GC-MS diantaranya adalah kurang efisien dalam proses pemisahan komponen, sulit mendeteksi senyawa non-volatil serta adanya potensi kebocoran (*leak*) senyawa lain sehingga ikut teranalisis dan menyebabkan kesalahan positif yaitu pembacaan hasil yang lebih tinggi dari nilai sebenarnya (Sapozhnikova dan Lehotay 2015). Adapun salah satu bahan utama dari plastik PET adalah etilen glikol yang relatif mudah menguap dengan viskositas rendah. Hal ini memungkinkan adanya *leak* pada analisis GC-MS sehingga instrumen ini diasumsikan memiliki kemampuan dalam

menganalisis migrasi BPA pada PET yang lebih signifikan. Sementara tingkat akurasi dari hasil analisis UHPLC-FLD cenderung lebih besar karena memiliki kapasitas separasi pada berbagai komponen dan tingkat ketelitian yang tinggi (Rubert dan Zachariasova 2015).

Analisis Meta-Regresi

Uji meta-regresi digunakan untuk melihat hubungan variabel volume air dengan tingkat migrasi BPA pada botol air minum baik di kemasan PC maupun PET. Plot meta-regresi ditunjukkan pada Gambar 8, dengan sumbu x merupakan volume air yang ditambahkan kedalam plastik untuk selanjutnya dianalisis. Terdapat 3 volume air yaitu 100 mL pada studi 1-2, 1000 mL untuk studi 3-10 serta 500 mL pada studi 11-36 dengan masing-masing pH air $>4,5$ menuju normal. Sementara sumbu y menunjukkan *effect size* untuk setiap studi.



Gambar 4 Plot meta-regresi variabel moderator volume air

Terdapat nilai *intercept* dan *slope* pada plot meta-regresi. *Intercept* adalah rata-rata nilai yang terdapat pada variabel Y jika variabel X bernilai 0. Meski demikian, pada analisis menggunakan meta-regresi ini, nilai variabel $X \neq 0$ sehingga *intercept* tidak memiliki makna. *Slope* pada meta-regresi diartikan sebagai tingkat kemiringan garis yang dihasilkan. Apabila *slope* menunjukkan kenaikan maka variabel X berpengaruh positif terhadap variabel Y sehingga semakin besar nilai variabel X maka semakin besar pula nilai variabel Y (Suyono 2015).

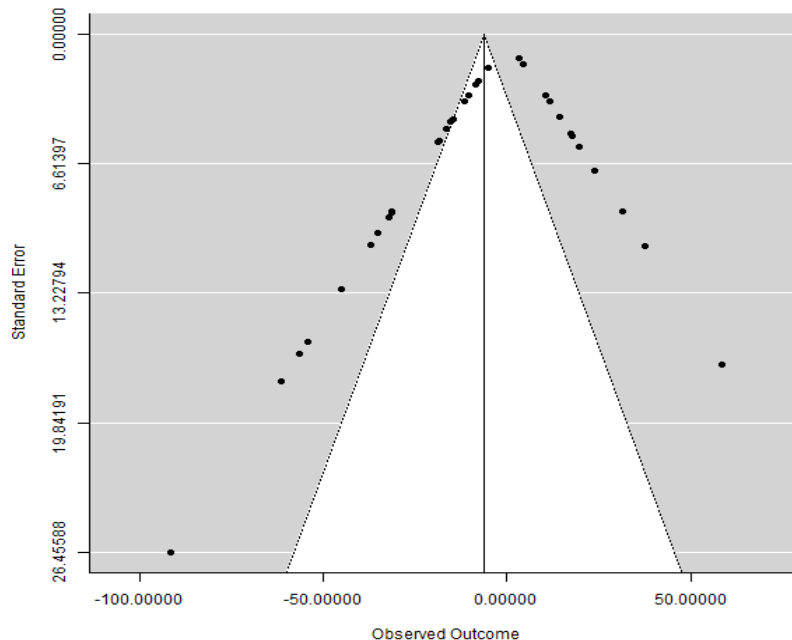
Tabel 7 Hasil meta-regresi variabel moderator volume air

Variabel	Intercept	Slope	p-value
Volume air	-31,179	5,562	<0,001

Nilai *slope* (kemiringan) pada meta-regresi untuk variabel moderator volume air (Tabel 7) bernilai positif yaitu 5,562 sehingga dapat diinterpretasikan bahwa semakin besar volume air maka tingkat migrasi BPA juga akan semakin tinggi. Adapun *p-value* pada analisis ini bernilai $<0,001$ sehingga perbedaan antara masing-masing volume air dalam meningkatkan pelepasan BPA dari kemasan botol minum berpengaruh signifikan. Hal ini diduga disebabkan karena semakin tinggi media cair seperti air minum yang bersentuhan langsung dengan plastik PC maupun PET akan semakin mempermudah pelepasan BPA

Analisis Bias Publikasi

Bias publikasi didasarkan pada tidak adanya informasi hasil analisis yang disebabkan berbagai alasan personal peneliti seperti hasil statistik yang tidak signifikan sehingga terkesan mengganggu data (Fagerland 2015). Umumnya terdapat dua jenis bentuk *funnel plot* yaitu simetris dan asimetris. Bentuk asimetri menandakan adanya data yang memiliki bias.



Gambar 5 Funnel plot migrasi BPA pada botol air minum kemasan PC dan PET

Hasil analisis bias publikasi dalam bentuk grafik *funnel plot* untuk semua studi yang digunakan dalam meta analisis disajikan pada Gambar 9. Titik-titik yang terdapat pada grafik merepresentasikan bias publikasi pada masing-masing studi. Bentuk yang dihasilkan pada grafik *funnel plot* ini adalah simetri menunjukkan bahwa tidak terdapat bias publikasi pada setiap studi sehingga data memiliki tingkat presisi yang tinggi (Haidich 2010UHPLC-FLD).

Interpretasi *funnel plot* memiliki kecenderungan bersifat subjektif sehingga diperlukan uji lain yang dapat mendukung hasil dari *funnel plot*. Nilai bias publikasi juga dapat dihitung melalui *fail-safe number* (Nft) yaitu sebuah nilai yang mampu memperkirakan total studi yang dapat digunakan untuk menyangkal hasil meta-analisis yang signifikan. Pada bagian ini, telah digunakan metode Rosenthal pada perhitungan Nft dimana apabila $Nft > 5N + 10$ maka bias publikasi tergolong kecil sehingga model meta-analisis kuat (Fragkos, Tsagris, & Frangos, 2014)). Adapun Nft pada penelitian ini adalah $263 > 5(36) + 10$ yang mengindikasikan kajian meta-analisis untuk migrasi BPA pada kemasan botol air minum plastik PC dan PET kuat terhadap adanya kemungkinan bias publikasi.

KESIMPULAN

Data meta-analisis pada 36 studi terpilih diperoleh tingkat migrasi BPA yang lebih tinggi terjadi pada kemasan botol air minum berbahan plastik PC dibanding PET. Analisis lanjutan dilakukan pada beberapa variabel yang dapat mempengaruhi migrasi meliputi asal negara botol air, suhu dan lama penyimpanan, paparan sinar matahari, jenis alat penelitian

yang digunakan pada setiap studi serta volume air yang ditambahkan semasa proses analisis berlangsung.

Asal negara produsen botol memberi pengaruh yang signifikan terhadap migrasi BPA baik pada plastik PC maupun PET. Sementara analisis pada variabel suhu penyimpanan menunjukkan bahwa pada temperatur rendah, migrasi BPA lebih tinggi terjadi di botol plastik PET meskipun p-value menunjukkan hasil yang tidak signifikan. Semakin lama botol air minum disimpan maka semakin tinggi pula pelepasan BPA yang terjadi, analisis menghasilkan terdapat 2 dari 3 kelompok lama penyimpanan yang bernilai negatif sehingga variabel ini menunjukkan kecenderungan peningkatan total BPA pada botol plastik PC.

Data tingkat paparan sinar matahari pada meta-analisis berada pada 0,9 – 124,1 W/m. Rentang tersebut memberi nilai SDM yang negatif sehingga peningkatan intensitas paparan sinar matahari memiliki korelasi yang lebih tinggi di botol air PC. Adapun instrumen yang digunakan terdiri atas GC-MS dan UHPLC-FLD. GC-MS memiliki sensitifitas yang lebih tinggi terhadap BPA pada botol PET sedangkan UHPLC-FLD sebaliknya. Hasil analisis variabel volume air diperoleh adanya korelasi terhadap peningkatan volume air terhadap kenaikan jumlah migrasi BPA.

Penelitian dengan metode meta-analisis ini juga menganalisis bias publikasi pada studi yang digunakan. Hasil grafik funnel plot yang simetris menandakan tidak adanya bias publikasi. Hal ini diperkuat melalui perhitungan fail-safe number (Nft) dimana nilai $Nft > 5N + 10$ sehingga bias publikasi tergolong kecil dan model meta-analisis kuat.. .

BIBLIOGRAFI

- Al-Zahrani, F. S. A., Albaqshi, H. A. A., Alhelal, G. A. M., Mohamed, I. A., Aga, O. O., & Abdel-Magid, I. M. (2017). Bottled water quality in KSA. *IJISSET-International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, 4, 2348–7968.
- Baz, Lina, Alharbi, Asmaa, Al-Zahrani, Maryam, Alkhabbaz, Sedra, Alsousou, Rasha, & Aljawadri, Hanan. (2023). The Effect of Different Storage Conditions on the Levels of Bisphenol A in Bottled Drinking Water in Jeddah City, Saudi Arabia. *Advances in Public Health*, 2023.
- Do Minh, T. (2017). Urinary bisphenol A and obesity in adults: results from the Canadian Health Measures Survey. *Health Promotion and Chronic Disease Prevention in Canada: Research, Policy and Practice*, 37(12), 403.
- Ehrlich, Shelley, Williams, Paige L., Missmer, Stacey A., Flaws, Jodi A., Berry, Katharine F., Calafat, Antonia M., Ye, Xiaoyun, Petrozza, John C., Wright, Diane, & Hauser, Russ. (2012). Urinary bisphenol A concentrations and implantation failure among women undergoing in vitro fertilization. *Environmental Health Perspectives*, 120(7), 978–983.
- Fan, Ying Ying, Zheng, Jian Lun, Ren, Jing Hua, Luo, Jun, Cui, Xin Yi, & Ma, Lena Q. (2014). Effects of storage temperature and duration on release of antimony and bisphenol A from polyethylene terephthalate drinking water bottles of China. *Environmental Pollution*, 192, 113–120.
- Fragkos, Konstantinos C., Tsagris, Michail, & Frangos, Christos C. (2014). Publication bias in meta-analysis: Confidence intervals for Rosenthal's fail-safe number. *International Scholarly Research Notices*, 2014.
- Gao, Xiaoqian, & Wang, Hong Sheng. (2014). Impact of bisphenol A on the cardiovascular system—Epidemiological and experimental evidence and molecular mechanisms.

- International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(8), 8399–8413.
- Geueke, B. (2014). Dossier–bisphenol A. *Food Packaging Forum*, 1.
- Ginter-Kramarczyk, Dobrochna, Zembrzuska, Joanna, Kruszelnicka, Izabela, Zajac-Woźnialis, Anna, & Ciślak, Marianna. (2022). Influence of temperature on the quantity of bisphenol A in bottled drinking water. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(9), 5710.
- Guart, Albert, Bono-Blay, Francisco, Borrell, Antonio, & Lacorte, Silvia. (2011). Migration of plasticizersphthalates, bisphenol A and alkylphenols from plastic containers and evaluation of risk. *Food Additives and Contaminants*, 28(5), 676–685.
- Hwang, Myungsil, Park, Seon Joo, & Lee, Hae Jeung. (2023). Risk assessment of bisphenol a in the korean general population. *Applied Sciences*, 13(6), 3587.
- Ismaiel, Lama, Fanesi, Benedetta, Kuhalskaya, Anastasiya, Barp, Laura, Moret, Sabrina, Pacetti, Deborah, & Lucci, Paolo. (2023). The Determination of Triacylglycerols and Tocopherols Using UHPLC–CAD/FLD Methods for Assessing the Authenticity of Coffee Beans. *Foods*, 12(23), 4197.
- Khan, Nadeem Ghani, Correia, Jacinta, Adiga, Divya, Rai, Padmalatha Satwadi, Dsouza, Herman Sunil, Chakrabarty, Sanjiban, & Kabekkodu, Shama Prasada. (2021). A comprehensive review on the carcinogenic potential of bisphenol A: clues and evidence. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 19643–19663.
- Kubwabo, C., Kosarac, I., Stewart, B., Gauthier, B. R., Lalonde, K., & Lalonde, P. J. (2009). Migration of bisphenol A from plastic baby bottles, baby bottle liners and reusable polycarbonate drinking bottles. *Food Additives and Contaminants*, 26(6), 928–937.
- Parto, M., Aazami, J., Shamsi, Z., Zamani, A., & Savabieasfahani, M. (2022). Determination of bisphenol-A in plastic bottled water in markets of Zanjan, Iran. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19(4), 3337–3344.
- Pigott, Terri D., & Polanin, Joshua R. (2020). Methodological guidance paper: High-quality meta-analysis in a systematic review. *Review of Educational Research*, 90(1), 24–46.
- Rybczyńska-Tkaczyk, Kamila, Skóra, Bartosz, & Szychowski, Konrad A. (2023). Toxicity of bisphenol A (BPA) and its derivatives in divers biological models with the assessment of molecular mechanisms of toxicity. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(30), 75126–75140.
- Seyhan, Gumrah, Ustundag, Unsal Veli, Unal, Ismail, Kalkan, Perihan Seda Ates, Cansız, Derya, Alturfan, Ebru Emekli, & Alturfan, Ata. (2022). The effect of different storage conditions on the migration of chemicals from polyethylene terephthalate and polycarbonate bottles to water. *Experimed*, 12(2), 74–79.
- Taskeen, ABIDA, Hameed, RABIA, & Naeem, ISMAT. (2012). Sources of bisphenol A contamination in drinking water in Pakistan and determination of migration rates. *Biomedical & Pharmacology Journal*, 5(2), 235–240.
- Tawfik, Gehad Mohamed, Dila, Kadek Agus Surya, Mohamed, Muawia Yousif Fadlelmola, Tam, Dao Ngoc Hien, Kien, Nguyen Dang, Ahmed, Ali Mahmoud, & Huy, Nguyen Tien. (2019). A step by step guide for conducting a systematic review and meta-analysis with simulation data. *Tropical Medicine and Health*, 47, 1–9.
- Uljon, Sacha. (2023). Advances in fentanyl testing. *Advances in Clinical Chemistry*, 116, 1–30.
- Wang, Xin, Nag, Rajat, Brunton, Nigel P., Siddique, Md Abu Bakar, Harrison, Sabine M., Monahan, Frank J., & Cummins, Enda. (2022). Human health risk assessment of bisphenol A (BPA) through meat products. *Environmental Research*, 213, 113734.
- Yun, Wen Min, Ho, Yu Bin, Tan, Eugenie Sin Sing, & How, Vivien. (2018). Release of

Perbandingan Migrasi Monomer Bisfenol A (BPA) Pada Kemasan Air Minum Plastik Polikarbonat (PC) dan Polietilena Tereftalat (PET): Kajian Meta-Analisis

Bisphenol A From Polycarbonate and Polyethylene Terephthalate Drinking Water Bottles Under Different Storage Conditions and Its Associated Health Risk. *Malaysian Journal of Medicine & Health Sciences*, 14.

Zeng, Qinghe, Klein, Christophe, Caruso, Stefano, Maille, Pascale, Allende, Daniela S., Mínguez, Beatriz, Iavarone, Massimo, Ningarhari, Massih, Casadei-Gardini, Andrea, & Pedica, Federica. (2023). Artificial intelligence-based pathology as a biomarker of sensitivity to atezolizumab–bevacizumab in patients with hepatocellular carcinoma: a multicentre retrospective study. *The Lancet Oncology*, 24(12), 1411–1422.

Copyright holder:

Nur Hikma, Muhammad Arpah (2024)

First publication right:

[Syntax Idea](#)

This article is licensed under:

