

PERBANDINGAN MIGRASI MONOMER BISFENOL A (BPA) PADA PRODUK PANGAN KALENG TUNA DALAM MEDIUM MINYAK DAN MEDIUM AIR GARAM: KAJIAN META-ANALISIS**Nadira Salsabila¹, Muhammad Arpah²**

Institut Pertanian Bogor, Indonesia

Email: salsaywt@gmail.com¹, arpah@apps.ipb.ac.id²**Abstract**

this study aims to investigate the impact of oil and brine mediums on BPA migration in tin canned tuna, along with the parameters influencing this migration. The research was carried out utilizing the meta-analysis approach involving six key stages: formulating research questions, conducting preliminary research and validating ideas, establishing inclusion and exclusion criteria, gathering study sources, extracting data, and performing statistical analysis. A total of thirteen articles were identified through the search and selection of study sources, which were then analyzed using the OpenMEE application to calculate the standardized mean difference (SMD) with a 95% confidence interval. The analysis was conducted using the continuous random effects method. The results indicated that there was a standardized mean difference value of 0.233 [-0.960 s.d. 1.425] with a p-value of 0.702, which exceeded the alpha (α) value of 0.05. It was concluded that BPA migration was more pronounced in tin canned tuna stored in oil medium compared to brine medium, although there was no statistically significant difference in the overall amount of BPA migration. Furthermore, an examination of heterogeneity, subgroup analysis, meta-regression, and publication bias was conducted to enhance the findings of the meta-analysis. The analysis revealed that the origin of tin canned tuna production and the method of BPA detection did not have a significant impact on BPA migration in oil and brine medium canned tuna across different subgroups. It was observed that tin canned tuna products with higher fat content exhibited higher levels of BPA migration, while those with lower protein content showed lower levels of migration. Moreover, all studies included in this research indicated the use of epoxy-type resin coatings, which emerged as a key factor influencing BPA migration in tin canned tuna products. Notably, BPA monomers were more prevalent in the experimental group with lower or acidic pH values compared to the control group.

Abstrak

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh perbedaan medium minyak dan air garam pada tuna kaleng terhadap migrasi BPA, serta parameter yang mendorong terjadinya migrasi BPA. Penelitian ini dilakukan dengan metode meta-analisis dengan 6 tahapan, antaranya perumusan pertanyaan penelitian, penelitian pendahuluan dan validasi ide, penentuan kriteria inklusi dan eksklusi, pengumpulan sumber studi, ekstraksi data, dan analisis statistik. Hasil pencarian dan seleksi sumber studi, diperoleh sebanyak tiga belas artikel yang kemudian diekstraksi datanya dengan aplikasi OpenMEE untuk mengukur *Standardized Mean Difference* (SMD) menggunakan CI 95% dan metode analisis yang digunakan adalah *continuous random effects*. Ukuran efek dalam penelitian ini mengukur perbedaan antara migrasi BPA yang terdeteksi pada tuna kaleng medium air garam sebagai kelompok kontrol dan medium minyak sebagai kelompok eksperimen, dengan nilai estimasi *Standardized Mean Difference* dari seluruh studi yang digunakan adalah 0.233 [-0.960 s.d. 1.425] dan nilai *p-value* 0.702 yang nilainya lebih besar dari nilai alpha (α) yaitu 0.05. Diinterpretasikan migrasi BPA

Article History

Submitted: 26 Mei 2024

Accepted: 28 Mei 2024

Published: 9 June 2024

Key WordsBisphenol A,
BPA Monomer,
Tin Canned Tuna,
Oil, Brine,
Meta Analysis.**Sejarah Artikel**

Submitted: 26 Mei 2024

Accepted: 28 Mei 2024

Published: 9 June 2024

Kata KunciBisfenol A,
Monomer BPA,
Tuna Kaleng,
Minyak, Air Garam,
Meta-Analisis.

lebih tinggi terjadi pada tuna kaleng dengan medium minyak, walaupun secara keseluruhan tidak terdapat perbedaan yang signifikan dalam jumlah migrasi BPA. Di samping itu, dilakukan pengujian heterogenitas studi, analisis subkelompok, meta-regresi, dan bias publikasi untuk melengkapi hasil meta-analisis. Antar subkelompok asal produksi tuna kaleng dan metode deteksi BPA tidak ditemukan pengaruh yang signifikan terhadap migrasi BPA yang terjadi pada tuna kaleng medium minyak maupun air garam. Kandungan lemak yang semakin tinggi pada produk tuna kaleng akan menyebabkan migrasi BPA yang semakin tinggi juga. Semakin rendah kandungan protein pada produk tuna kaleng, akan mengurangi migrasi BPA yang terjadi. Hasil seluruh studi yang digunakan dalam penelitian ini menyatakan menggunakan lapisan resin jenis epoksi, sehingga menjadi faktor utama terjadinya migrasi BPA pada produk tuna kaleng. Monomer BPA lebih besar terdeteksi pada kelompok eksperimen dengan nilai pH lebih rendah atau asam dibandingkan kontrol.

Pendahuluan

Sebagian besar produk pangan yang diperjualbelikan dikemas dengan berbagai jenis kemasan, fungsi utama dari penggunaan kemasan pada produk pangan untuk melindungi produk dari kontaminasi luar. Berdasarkan peraturan BPOM nomor 20 tahun 2019, kemasan pangan juga memiliki fungsi untuk mawadahi atau membungkus pangan baik digunakan sebagai kemasan primer maupun kemasan sekunder. Selain berperan sebagai pelindung dari kontaminasi luar, kemasan memiliki peran penting lain yaitu menjaga kualitas produk dan memperpanjang masa simpan serta ketahanan produk pangan yang dikemasnya. Salah satu jenis kemasan yang mengalami perkembangan pesat dalam beberapa tahun terakhir adalah kemasan kaleng. Pengalengan adalah metode pemrosesan dan pengemasan bahan pangan yang melibatkan penempatan bahan pangan dalam wadah logam kedap udara yang kemudian dipanaskan untuk menghilangkan mikroorganisme yang dapat mempengaruhi kualitas dan keamanan bahan pangan, termasuk mikroba pembusuk dan jenis patogen yang menyebabkan penyakit pada manusia (Prayogo & Mazda 2021).

Pengalengan menjadi metode pengemasan pangan yang populer karena kemampuannya untuk memperpanjang umur simpan produk pangan, menjaga kesegaran, serta kualitas nutrisi produk. Kemudahan dalam penyimpanan dan distribusi adalah faktor lain yang memperkuat popularitas metode pengalengan. Berdasarkan riset *Grand View Research* dengan judul “*Ready Meals Market Size, Share & Trends Report*” dihasilkan data bahwa pasar makanan siap saji secara global mencatat nilai 143.86 miliar dolar Amerika pada 2021, serta diperkirakan akan terus berkembang dengan tingkat pertumbuhan tahunan rata-rata sekitar 5.1% dari tahun 2022 hingga 2030. Popularitas penggunaan kemasan kaleng pada pangan juga terjadi pada pasar local, berdasarkan informasi yang terdapat dalam aplikasi pencarian produk pangan yang telah disetujui oleh Badan POM saat ini terdapat sekitar 5403 produk pangan kaleng dengan varian dan ukuran yang beragam (Chasfila 2023). Dari data tersebut, dapat dilihat bahwa industri pangan banyak menggunakan kemasan kaleng untuk produknya dewasa ini.

Kemasan kaleng merupakan kemasan yang terbuat dari logam, dibagian dalamnya dilapisi dengan pelapis untuk mencegah korosi yang dapat timbul akibat kontak langsung antara logam kemasan dan produk pangan. Saat ini salah satu jenis pelapis yang paling umum digunakan terbuat dari epoksi. Pelapis kaleng jenis epoksi dihasilkan dari reaksi yang melibatkan bisfenol A (BPA). Seiring berjalannya waktu mulai muncul temuan migrasi atau perpindahan BPA dari enamel

(kemasan) ke dalam produk pangan yang dikalengkan. Monomer BPA yang bermigrasi dari kemasan ke dalam produk pangan memiliki sifat toksik bagi tubuh manusia (Tarafdar *et al.* 2022). BPA adalah monomer yang dapat membahayakan kesehatan manusia jika terpapar melalui makanan, hal ini karena BPA memiliki potensi sebagai disruptor endokrin dan berpotensi merusak berbagai jaringan dan organ tubuh (Ma *et al.* 2019).

Pangan kaleng merupakan produk pangan yang mudah dibeli dan sangat sering dikonsumsi dalam kehidupan sehari-hari. Akibat adanya ditemukan bahaya migrasi BPA dalam produk pangan menyebabkan kekhawatiran bagi konsumen. Di Indonesia, pemerintah memiliki kewajiban untuk menetapkan standar untuk menjamin keamanan masyarakatnya dalam mengonsumsi suatu produk. Dijelaskan dalam Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 20 Tahun 2019 tentang Kemasan Pangan keamanan kemasan pangan termasuk zat kontak pangan yang diizinkan, dilarang, maupun dibatasi dengan batas migrasi yang diatur. Hal tersebut salah satu wujud kepedulian pemerintah terhadap Kesehatan Masyarakat.

Di pasaran beragam jenis pangan kaleng yang dijual, salah satu produk pangan yang banyak dijumpai dalam kemasan kaleng adalah ikan tuna. Ikan tuna merupakan pangan yang digemari masyarakat karena berbagai manfaat Kesehatan dan rasa yang enak. Tuna terkenal karena tekstur dagingnya yang padat dan kaya akan protein, serta sebagai sumber asam lemak omega-3 yang bermanfaat bagi kesehatan. Daging tuna sangat kaya protein dan lemak, namun sayangnya bersifat *perishable* atau sangat mudah rusak. Pengalengan adalah cara yang tepat untuk mengawetkan tuna dan memperpanjang masa simpannya. Penjualan ikan tuna kaleng di pasar global telah menjadi fenomena besar yang didorong oleh popularitas konsumsi tuna yang meluas di seluruh dunia. Maka dari itu ikan tuna kaleng begitu diminati karena kemudahan konsumsinya.

Ikan tuna kaleng sendiri memiliki banyak varian bumbu dan rasa. Secara umum dan banyak ditemukan jenis produk tuna kaleng dengan medium air garam dan minyak. Medium atau cairan pengisi ini selain menambah rasa ke dalam ikan tuna juga memiliki fungsi untuk menghantarkan panas dengan merata ke seluruh bagian produk makanan yang dikalengkan. Dari dua jenis tuna kaleng yang sering ditemui terdapat hasil yang berbeda mengenai migrasi BPA yang ditemukan, mengingat karakteristik medium yang berbeda juga. Arar *et al.* (2017), menyatakan bahwa tuna dengan medium minyak mengandung konsentrasi BPA lebih tinggi. Sedangkan, Fasano *et al.* (2012), menyatakan sebaliknya. Perbedaan hasil dari beberapa penelitian mendorong perlunya studi meta-analisis untuk dapat menganalisis hasil penelitian sebelumnya dan mendapatkan kesimpulan mengenai migrasi BPA pada produk tuna kaleng dengan medium minyak dan medium air garam yang valid, serta perkiraan parameter yang mendorong terjadinya migrasi BPA tersebut. Oleh karena itu, kajian meta analisis yang komprehensif dan terperinci tentang migrasi monomer BPA dalam konteks medium yang digunakan pada produk pangan kaleng sangat penting.

Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober 2023 hingga Mei 2024 di Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Alat yang digunakan dalam penelitian metode meta-analisis ini adalah laptop, jaringan internet, artikel jurnal, *software Microsoft Excel, Mendeley, Meta-Essentials Tools, dan OpenMEE*. Metode PICO (*Population, Intervention, Comparison, Outcome*) digunakan dalam perumusan pertanyaan, metode ini dikenalkan oleh Cook dan West (2012). Keterangan metode PICO yang digunakan dalam penelitian meta-analisis ini adalah

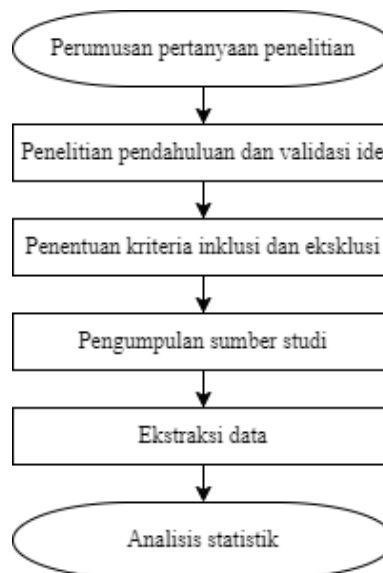
- P: migrasi komponen bisfenol A (BPA)

- I: produk tuna kaleng dengan medium air garam
- C: produk pangan tuna kaleng dengan medium minyak
- O: perbandingan konsentrasi migrasi BPA

Terdapat variabel moderator atau komponen tambahan yang memiliki pengaruh terhadap hasil analisis. Variabel moderator dalam penelitian ini berupa metode deteksi, asal produksi, dan karakteristik pangan ikan tuna dan mediumnya, seperti nilai pH, kandungan lemak, dan kandungan protein. Pengelolaan data yang dikumpulkan dari tahap ekstraksi untuk penelitian meta-analisis ini dilakukan menggunakan *software* Microsoft Excel, OpenMEE, dan *Meta-essentials Tools*. Analisis data yang dilakukan merupakan perhitungan *effect size* atau ukuran efek, perhitungan ukuran efek bertujuan mengetahui seberapa besar pengaruh dari penelitian tunggal. *Effect size* digunakan dalam meta-analisis yang akan menggabungkan beberapa studi menjadi satu analisis. Jenis ukuran *effect size* yang digunakan dalam penelitian ini adalah Hedge's *g*. *Effect size* Hedge's *g* digunakan karena memungkinkan memiliki ukuran sampel yang beragam dan menggunakan skala atau metode pengukuran yang berbeda-beda. Seluruh rumus perhitungan untuk analisis data yang mengikuti penjelasan Hedges dan Olkin (1985).

3.1 Prosedur Kerja

Prosedur kerja yang digunakan dalam penelitian meta-analisis ini diadaptasi dari panduan yang telah disusun oleh Tawfik et al. (2019), dengan dilakukannya modifikasi. Adapun tahapan penelitian yaitu sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Tahapan Penelitian

Hasil dan Pembahasan

4.1 Analisis Sumber Studi dan Meta-Analisis

Hasil dari studi yang dikumpulkan, terdapat perbedaan hasil, beberapa studi menyatakan bahwa kelompok kontrol memiliki rata-rata migrasi BPA lebih tinggi dan studi lain menyatakan kelompok eksperimen memiliki rata-rata migrasi BPA lebih tinggi. Dari hasil ekstraksi data yang sudah direkapitulasi pada Tabel 1, dapat dilihat beberapa studi yang menyatakan juga bahwa nilai rata-rata konsentrasi migrasi BPA yang sama antara kelompok eksperimen dan kontrol.

Tabel 1. Rekapitulasi Data Meta-Analisis

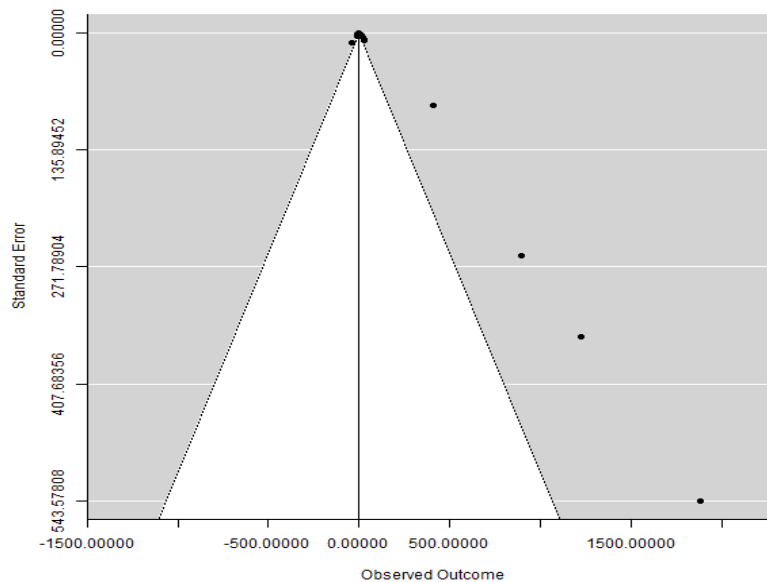
Studi	Nama penulis	Tahun publikasi	Kontrol (ikan tuna kaleng medium air garam)			Eksperimen (ikan tuna kaleng medium minyak)		
			Nc	Xc	SDc	Ne	Xe	SDe
1	Arar <i>et al.</i>	2017	6	2.60	0.80	6	2.70	0.80
2	Lapviboonsuk <i>et al.</i>	2014	3	0.00	0.05	3	0.00	0.05
3-1	Toptancı <i>et al.</i>	2022	3	52.00	0.05	3	170.00	0.05
3-2	Toptancı <i>et al.</i>	2022	3	52.00	0.05	3	52.00	0.05
3-3	Toptancı <i>et al.</i>	2022	3	52.00	0.05	3	52.00	0.05
4	Geens <i>et al.</i>	2010	3	126.4	0.028	3	169.3	0.028
5-1	Tian <i>et al.</i>	2022	4	0.00	0.00	4	0.00	0.00
5-2	Tian <i>et al.</i>	2022	2	11.70	2.70	2	14.80	2.60
6	Ghoul <i>et al.</i>	2020	74	197.00	0.03	74	197.00	0.029
7-1	Fattore <i>et al.</i>	2015	3	50.46	1.60	3	94.40	0.80
7-2	Fattore <i>et al.</i>	2015	3	0.00	0.00	3	55.80	4.80
7-3	Fattore <i>et al.</i>	2015	3	38.50	4.80	3	48.20	5.00
7-4	Fattore <i>et al.</i>	2015	3	0.00	0.00	3	49.10	4.90
7-5	Fattore <i>et al.</i>	2015	3	55.40	2.80	3	147.50	4.70

Studi	Nama penulis	Tahun publikasi	Kontrol (ikan tuna kaleng medium air garam)			Eksperimen (ikan tuna kaleng medium minyak)		
			Nc	Xc	SDc	Ne	Xe	SDe
7-6	Fattore <i>et al.</i>	2015	3	187.00	4.40	3	25.40	0.40
7-7	Fattore <i>et al.</i>	2015	3	49.00	4.00	3	30.40	1.50
7-8	Fattore <i>et al.</i>	2015	3	60.60	3.70	3	94.40	0.80
7-9	Fattore <i>et al.</i>	2015	3	0.00	0.00	3	124.10	4.70
8	Poovarodom <i>et al.</i>	2017	3	0.00	0.03	3	0.00	0.03
9	Fasano <i>et al.</i>	2012	3	0.82	0.15	3	0.00	0.00
10-1	Cunha <i>et al.</i>	2012	6	32.80	0.15	6	99.90	0.15
10-2	Cunha <i>et al.</i>	2012	6	2.20	0.15	6	1.00	0.15
11	Kawamura <i>et al.</i>	2014	3	6.00	0.01	3	10.50	0.01
12	Noonan <i>et al.</i>	2011	2	5.80	0.06	2	4.50	0.06
13-1	Podlipna <i>et al.</i>	2007	3	0.90	0.10	3	6.50	1.00
13-2	Podlipna <i>et al.</i>	2007	3	2.30	0.30	3	1.80	0.30
13-3	Podlipna <i>et al.</i>	2007	3	3.20	0.50	3	2.00	0.30
13-4	Podlipna <i>et al.</i>	2007	3	7.70	1.20	3	5.10	0.80
13-5	Podlipna <i>et al.</i>	2007	3	2.60	0.40	3	2.80	0.40

Tabel 1 di atas menunjukkan rekapitulasi data berupa, nama penulis, tahun publikasi artikel, jumlah sampel atau uji pada sampel kontrol (Nc) dan eksperimen (Ne), nilai rata rata kelompok kontrol (Xc) dan eksperimen (Xe), serta standar deviasi kontrol (SDc) dan eksperimen (SDe). Data hasil ekstraksi database yang kemudian dilakukan meta-analisis melalui aplikasi OpenMEE untuk mengukur *Standardized Mean Difference* (SMD) menggunakan CI 95% dengan metode analisis *continuous random effect*.

4.2 Analisis Bias Publikasi

Untuk memvisualisasikan dan mengevaluasi potensi adanya bias publikasi dalam meta-analisis digunakan diagram *funnel plot*. Diagram ini menggambarkan hubungan antara ukuran sampel studi dan ukuran efek. Hasil *funnel plot* untuk penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 8. Berdasarkan *funnel plot* tersebut titik-titik studi sebagian besar berada di atas kurva dan terlihat simetris, sehingga diperkirakan estimasi *effect size* akurat.



Gambar 2. Funnel Plot Perbandingan Migrasi BPA pada Tuna Kaleng Medium Air Garam dan Medium Minyak

Untuk memastikan lebih lanjut dilakukan uji *Fail N-Safe*, yang ditunjukkan pada Tabel 4. Didapatkan nilai observasi 0.0002 yang nilainya lebih kecil dari *target significance level*. Maka dari itu, tidak terdapat bias pada publikasi meta-analisis ini.

Tabel 2. Uji Fail N-Safe Studi

<i>Observed Significance level</i>	<i>Target Significance level</i>	$5N + 10$	<i>Fail -Safe N</i>
0.0002	0.05	75	102

Berdasarkan olah data yang dilakukan pada Tabel 2, diperoleh nilai N_{ft} pada perhitungan $5N + 10$. Dengan demikian, kajian meta-analisis yang dilakukan untuk melihat perbandingan migrasi BPA pada produk tuna kaleng medium air garam dan medium minyak ini kuat terhadap kemungkinan bias publikasi.

4.3 Forest Plot dan Uji Random Effect Model

Model Efek Acak atau *Random Effect Model* merupakan salah satu pendekatan yang digunakan dalam meta-analisis untuk menggabungkan hasil dari beberapa studi yang mungkin memiliki variasi dalam populasi yang diteliti. Ukuran efek dalam penelitian ini mengukur

perbandingan migrasi BPA yang terdeteksi pada tuna kaleng medium air garam sebagai kelompok kontrol dan medium minyak sebagai kelompok eksperimen. Tabel 5 menunjukkan hasil *random effect model* dengan interval kepercayaan 95%. Nilai estimasi SMD atau *Standardized Mean Difference* digunakan sebagai gambaran hasil statistik studi secara keseluruhan studi yang digunakan, dengan nilai 0.233 [-0.960 s.d. 1.425]. Nilai SMD positif menandakan bahwa migrasi monomer BPA lebih banyak ditemukan pada tuna kaleng dengan medium minyak. Hasil nilai *p-value* atau nilai probabilitas *random effect model* yang di dapatkan adalah 0.702, dimana nilainya lebih besar dari nilai alpha (α) yaitu 0.05.

Selain itu dilakukan juga uji heterogenitas dari seluruh studi yang digunakan, hal ini guna untuk melihat keragaman data yang digunakan untuk menarik kesimpulan dalam metode meta analisis. Hasil uji heterogenitas pada penelitian ini menunjukkan nilai I^2 sebesar 89.3%, menurut Higgins *et al.* (2003), bila nilai I^2 lebih besar dari 75% menunjukkan penelitian memiliki keragaman data yang tinggi. Didapatkan juga nilai *p-value* heterogenitasnya adalah <0.001, maka dari itu seluruh data studi yang akan digunakan memiliki potensi untuk dilakukan analisis moderator.

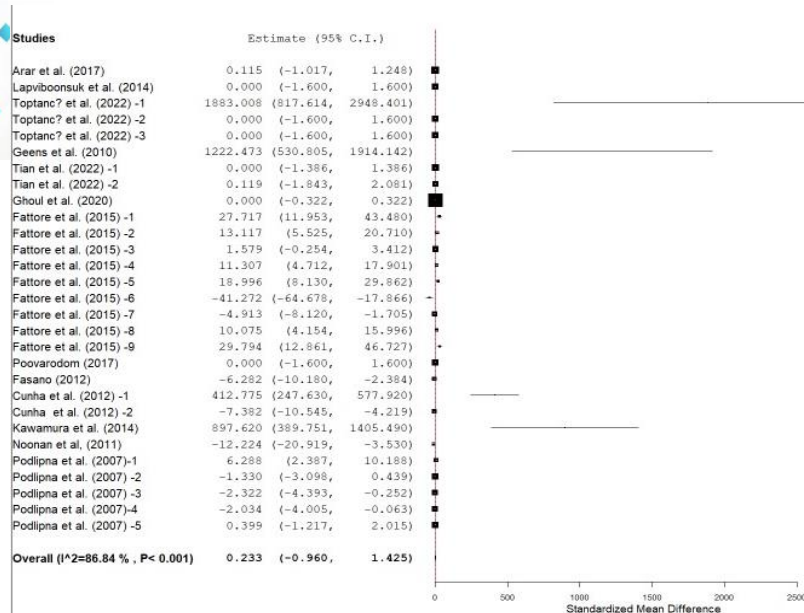
Tabel 3. Uji Random Effect Model Studi

Uji	Estimasi SMD	CI 95%		Std. error	p-value
		BB	BA		
Random effects model	0.233	-0.960	1.425	0.609	0.702

Keterangan: SMD: *Standardized Mean Difference*; CI: *Confidence Interval*; BB: Batas Bawah; BA: Batas Atas.

Tabel 4. Uji Heterogenitas Studi

Uji	τ^2	Q(df=28)	Het. p-value	I^2
Heterogenitas	5.858	212.786	<0.001	86.841



Gambar 3. Forest Plot Studi

Diagram *forest plot* merupakan hasil luaran yang di dapatkan dari meta-analisis selain diagram *funnel plot*. *Forest plot* digunakan untuk memahami *summary effect size*. Diagram ini dilengkapi bagian plot atau batang yang terdapat informasi mengenai *effect size* tiap data dari studi, beserta nilai interval kepercayaannya. Terdapat empat studi yang terletak di sebelah kanan garis interval kepercayaan (Gambar 3), yaitu studi oleh Toptanci *et al.* (2022) pada data pertama, Geens *et al.* (2010), Cunha *et al.* (2012) pada data pertama, dan Kawamura *et al.* (2014). Studi yang letaknya di sebelah kanan garis interval kepercayaan diartikan pada masing-masing studi tersebut terdapat perbedaan secara nyata terhadap migrasi BPA antara kelompok tuna kaleng dalam medium minyak dan kelompok tuna kaleng dalam medium air garam. Secara spesifik, keempat studi tersebut menyatakan bahwa migrasi BPA secara signifikan terjadi pada kelompok eksperimen atau tuna kaleng dengan medium minyak. Namun secara keseluruhan tidak terdapat perbedaan yang signifikan terhadap migrasi BPA antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen.

4.4 Analisis Subkelompok

A. Subkelompok Lokasi Produksi Tuna Kaleng

Lokasi produksi produk tuna kaleng memiliki implikasi signifikan terhadap migrasi BPA ke dalam produk akhir. Perbedaan regulasi keamanan pangan antar negara menjadi faktor utama yang mempengaruhi risiko migrasi BPA. Negara-negara dengan peraturan yang lebih ketat terkait penggunaan BPA cenderung menerapkan kontrol yang lebih ketat dalam proses produksi untuk meminimalkan risiko tersebut. Selain itu, proses produksi yang berbeda di setiap lokasi juga dapat memengaruhi kemampuan BPA untuk bermigrasi ke dalam kaleng tuna. Misalnya, perbedaan dalam bahan baku, teknik pengelasan, dan lapisan pelindung dalam kaleng dapat berdampak signifikan terhadap tingkat migrasi BPA. Faktor-faktor lain seperti ketentuan penyimpanan dan

transportasi juga dapat berperan dalam migrasi BPA. Kesadaran konsumen dan teknologi produksi yang digunakan di lokasi produksi juga dapat memainkan peran penting dalam mengurangi risiko migrasi BPA.

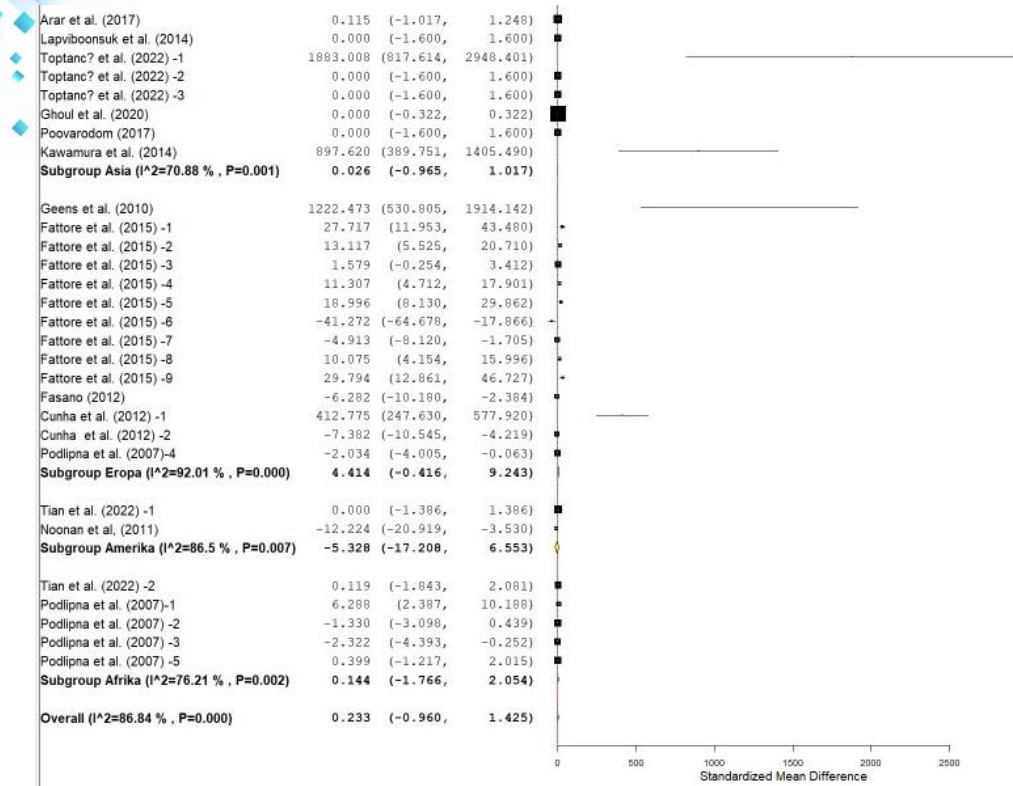
Tabel 5. Hasil Forest Plot Subkelompok Lokasi Produksi Tuna Kaleng

Studi	Estimasi SMD	N	CI 95%		<i>p-value</i>
			BB	BA	
Subkelompok Asia	0.026	8	-0.965	1.017	0.959
Subkelompok Eropa	4.414	14	-0.416	9.243	0.073
Subkelompok Amerika	-5.328	2	-17.208	6.553	0.379
Subkelompok Afrika	0.144	5	-1.766	2.054	0.882
Overall	0.233	29	-0.960	1.425	0.702

Keterangan: SMD: *Standardized Mean Difference*; CI: *Confidence Interval*; BB: Batas Bawah; BA: Batas Atas.

Dapat dilihat pada Tabel 5, terdapat subkelompok Asia dengan nilai SMD 0.026 [-0.965 s.d. 1.017], subkelompok Eropa dengan nilai SMD 4.414 [-0.416 s.d. 9.243], subkelompok Amerika dengan nilai SMD -5.328 [-17.208 s.d. 6.553], dan subkelompok Afrika dengan nilai SMD 0.144 [-1.766 s.d. 2.054]. Dari analisis subkelompok keempat lokasi produksi tuna kaleng tersebut diketahui bahwa subkelompok Asia, Eropa, dan Afrika memiliki nilai SMD positif. Maka dari itu, diartikan bahwa lokasi-lokasi tersebut dideteksi migrasi BPA lebih tinggi pada tuna kaleng medium minyak. Sebaliknya, migrasi BPA pada tuna kaleng medium air garam dideteksi lebih tinggi pada subkelompok Amerika. Rata-rata migrasi BPA paling tinggi terdeteksi pada subkelompok Amerika, namun hanya disumbangkan oleh dua studi saja sehingga kurang merepresentasikan populasi secara keseluruhan.

Semua subkelompok lokasi memiliki nilai rata-rata *effect size* gabungan tidak signifikan, ditunjukkan dari hasil analisis nilai *p-value* lebih dari alfa 0.05. Antara keempat lokasi tersebut, dapat dilihat pada *forest plot* (Gambar 4) saling berurusan sehingga keempat lokasi diindikasikan memiliki rata-rata *effect size* tidak berbeda secara signifikan. Pengaruh subkelompok lokasi produksi tuna kaleng berdasarkan analisis subkelompok seluruh studi tidak berpengaruh secara signifikan terhadap migrasi BPA pada tuna kaleng.



Gambar 4. Forest Plot Subgrup Lokasi Produksi Tuna Kaleng

B. Subkelompok Metode Deteksi BPA pada Produk Tuna Kaleng

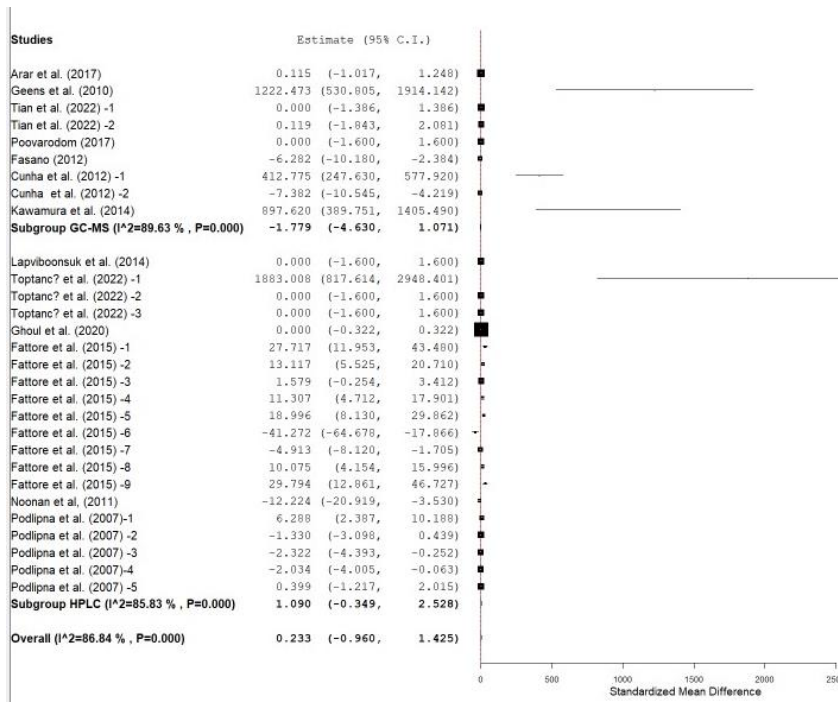
Tabel 6. Hasil Forest Plot Subkelompok Metode Deteksi BPA pada Tuna Kaleng

Studi	Estimasi SMD	N	CI 95%		p-value
			BB	BA	
Subkelompok GC	-1.779	9	-4.630	1.071	0.221
Subkelompok HPLC	1.090	20	-0.340d	2.528	0.138
Overall	0.233	29	-0.960	1.425	0.702

Keterangan: SMD: *Standardized Mean Difference*; CI: *Confidence Interval*; BB: Batas Bawah; BA: Batas Atas

Hasil *forest plot* subkelompok pengaruh metode deteksi BPA pada tuna kaleng dapat dilihat pada Tabel 6, dimana studi yang menggunakan metode GC memiliki nilai Standardized Mean Difference (SMD) sebesar -1.779 [-4.630 s.d 1.071] dan metode deteksi HPLC memiliki nilai SMD sebesar 1.090 [-0.340 s.d 2.528]. Deteksi BPA menggunakan dengan subkelompok metode GC-MS menghasilkan nilai SMD yang negatif, dapat diartikan metode ini lebih banyak mendeteksi migras BPA pada produk tuna kaleng medium air garam. Sebaliknya, subkelompok HPLC dengan nilai SMD positif menggambarkan deteksi BPA lebih banyak terjadi pada produk

tuna kaleng medium minyak. Antara kedua metode tidak saling berbeda secara signifikan dalam mendeteksi BPA pada produk pangan kaleng, hal tersebut dapat dilihat dari diagram *forest plot* (Gambar 5) yang saling beririsan. Antara metode yang digunakan dalam mendeteksi migrasi BPA pada tuna kaleng tidak berpengaruh secara signifikan terhadap migrasi BPA berdasarkan analisis subkelompok metode.



Gambar 5. Forest Plot Subgrup Metode Deteksi BPA pada Tuna Kaleng

4.5 Analisis Meta-Regresi

A. Analisis Meta-Regresi Pengaruh Kandungan Lemak Terhadap Migrasi BPA pada Tuna Kaleng

Antara produk tuna kaleng dalam medium air garam sebagai kelompok kontrol dan produk tuna kaleng dalam medium minyak sebagai kelompok eksperimen memiliki perbedaan karakteristik terbesar dari kandungan lemaknya. Dengan jelas kelompok eksperimen memiliki kandungan lemak yang lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol karena medium minyak digunakan dalam kelompok eksperimen. Berdasarkan studi Manzoor *et al.* (2022), monomer BPA bersifat larut dalam lemak, sehingga ketika produk pangan kaleng mengandung kadar lemak yang lebih tinggi akan mendorong molekul BPA larut dalam produk pangan dan bermigrasi dari lapisan resin kaleng ke dalam produk. Hal ini juga sejalan dengan salah satu studi yang digunakan dalam penelitian meta-analisis ini, dimana studi yang dilakukan oleh Fattore *et al.* (2015), memiliki hasil akhir konsentrasi migrasi BPA pada tuna kaleng medium minyak lebih besar dibandingkan konsentrasi BPA yang dideteksi pada tuna kaleng medium air garam. Minyak atau lemak dalam produk pangan kaleng tuna dapat memfasilitasi migrasi BPA dari lapisan kaleng.

Tabel 7. Hasil Meta-Regresi Pada Pengaruh Kandungan Lemak

Studi	Estimasi SMD	CI 95%		p-value
		BB	BA	
Kandungan lemak kontrol	-532.204	-1803.53	739.122	0.412
Kandungan lemak eksperimen	23.180	-2.985	49.344	0.082

Keterangan: SMD: *Standardized Mean Difference*; CI: *Confidence Interval*; BB: Batas Bawah; BA: Batas Atas

Kedua kandungan lemak yang diukur dari studi-studi yang digunakan, baik pada kelompok kontrol maupun eksperimen memberikan hasil nilai *p-value* lebih dari nilai alfa 0.05. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kandungan lemak tidak berpengaruh secara signifikan terhadap migrasi BPA yang terjadi pada tuna kaleng. Bila dilihat dari hasil meta-regresi berupa SMD dan rumus model meta-regresi yang dihasilkan, untuk kelompok kontrol dengan nilai SMD -532.204 [-1803.53 s.d. 739.122] dan rumus model meta-regresi yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

$$y = 584.266 - 532.204x$$

Keterangan:

- y : Standerized Mean Difference
x : Kandungan Lemak Kelompok Kontrol (%)

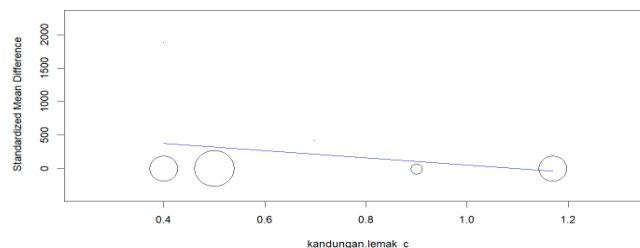
Hasil nilai SMD kandungan lemak kelompok eksperimen adalah 23.180 [-2.985 s.d. 49.344] dan rumus model meta-regresi yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

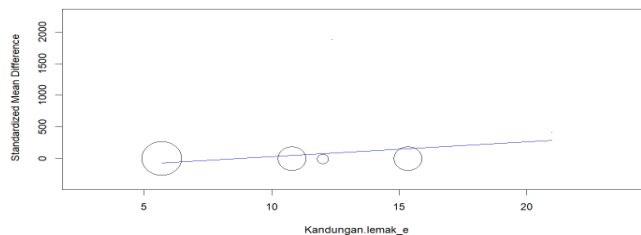
$$y = -203.644 + 23.18x$$

Keterangan:

- y = Standerized Mean Difference
x = kandungan lemak kelompok eksperimen (%)

Hasil meta-regresi tersebut dapat diartikan bahwa konsentrasi migrasi BPA akan semakin meningkat apabila konsentrasi lemak yang terkandung dalam produk juga meningkat. Sebaliknya dengan nilai kandungan lemak lebih rendah pada kelompok kontrol dapat dilihat pada gambar di bawah, terjadi penurunan slope dan rumus model meta-regresinya bernilai negatif. Pada kelompok kontrol diartikan, migrasi BPA akan semakin berkurang bila kandungan lemak yang terkandung dalam produk semakin menurun. *Bubble* yang mewakili studi pada kandungan lemak lima persen memiliki luas yang lebih besar secara visual daripada *bubble* lain. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan lemak 5% pada produk tuna kaleng berpengaruh paling besar terhadap migrasi BPA. Secara keseluruhan, kandungan lemak yang lebih tinggi pada kelompok eksperimen memiliki efek yang lebih besar dibandingkan kandungan lemak rendah, sehingga hal tersebut sejalan dengan teori yang ada.

**Gambar 6. Diagram Buble Plot untuk Parameter Kandungan Lemak Kelompok Kontrol**



Gambar 7. Diagram Bubble Plot untuk Parameter Kandungan Lemak Kelompok Eksperimen

B. Analisis Meta-Regresi Pengaruh Kandungan Protein Terhadap Migrasi BPA Pada Tuna Kaleng

Kelompok eksperimen yang merupakan tuna kaleng dengan medium minyak memiliki kandungan protein sedikit lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol berdasarkan data yang didapatkan dari studi yang digunakan dalam meta-analisis ini. Selain lemak, protein juga dapat berinteraksi dengan BPA. Protein dalam produk yang tinggi akan protein, seperti *seafood* dapat mempengaruhi kelarutan BPA dalam produk pangan. Protein dalam makanan laut seperti tuna dapat memfasilitasi migrasi BPA karena interaksi dengan senyawa tersebut. Hal ini juga dibahas oleh Thomson dan Grounds (2004), yang menyatakan migrasi BPA pasti terjadi pada makanan yang memiliki kandungan protein tinggi seperti ikan. Kadar BPA yang tinggi pada produk tuna kaleng disebabkan oleh kandungan asam amino dihasilkan dari degradasi protein, kemudian akan terjadi pengikatan yang kuat terhadap protein melalui ikatan hidrogen dan interaksi non-kovalen lainnya dengan gugus fungsi amina dan karboksil (Osman *et al.* 2018).

Tabel 8. Hasil Meta-Regresi pada Pengaruh Kandungan Protein

Studi	Estimasi SMD	CI 95%		p-value
		BB	BA	
Kandungan protein kontrol	-0.129	-1.973	1.714	0.891
Kandungan protein eksperimen	-74.464	-548.894	399.965	0.758

Keterangan: SMD: *Standardized Mean Difference*; CI: *Confidence Interval*; BB: Batas Bawah; BA: Batas Atas.

Berdasarkan tabel di atas, pengaruh parameter kandungan protein pada tuna kaleng baik kelompok kontrol maupun eksperimen tidak berpengaruh secara signifikan terhadap migrasi BPA karena dihasilkan nilai *p-value* kurang dari nilai α (0.05). Untuk kelompok kontrol pada parameter kandungan protein, nilai SMD yang dihasilkan -0.129 [-1.973 s.d. 1.714] dan rumus model meta-regresi yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

$$y = 2.067 - 0.129x$$

Keterangan:

- y = Standerized Mean Difference
- x = kandungan protein kelompok kontrol (%)

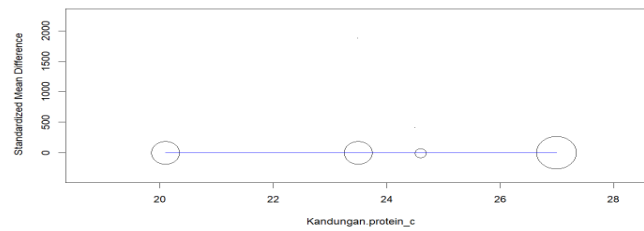
◆ Hasil nilai SMD kandungan lemak kelompok eksperimen adalah -74.464 [-548.894 s.d. 399.965] dan rumus model meta-regresi yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

$$y = 1990.751 - 74.464x$$

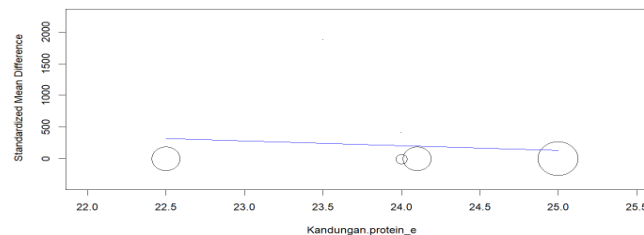
Keterangan:

y = Standerdized Mean Difference
x = kandungan protein kelompok eksperimen (%)

Bubble yang mewakili studi pada kandungan protein dua puluh lima persen memiliki luas yang lebih besar secara visual daripada *bubble* lain. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan lemak 25% pada produk tuna kaleng berpengaruh paling besar terhadap migrasi BPA. Kedua *bubble plot* untuk kelompok kontrol dan eksperimen memiliki slope negatif dan menurun. Maka dari itu, dapat diartikan secara keseluruhan kandungan protein yang semakin rendah akan menyebabkan migrasi BPA yang rendah dalam produk tuna kaleng.



Gambar 8. Diagram Bubble Plot untuk Parameter Kandungan Protein Kelompok Kontrol



Gambar 9. Diagram Bubble Pot untuk Parameter Kandungan Protein Kelompok

4.6 Parameter Lain yang Memengaruhi Migrasi BPA pada Produk Tuna Kaleng

Seluruh studi yang dikumpulkan dan digunakan dalam menyusun penelitian ini menjelaskan bahwa seluruh sampel tuna kaleng baik dalam medium minyak maupun air garam menggunakan pelapis bagian dalam resin jenis epoksi. Studi-studi tersebut menyatakan hasil sampel tuna kaleng terdeteksi migrasi BPA, sehingga salah satu faktor utama dideteksinya senyawa BPA pada produk pangan tuna kaleng karena menggunakan lapisan dalam epoksi pada kaleng. Hal tersebut membuktikan bahwa terjadi sintesis BPA pada resin epoksi melibatkan kondensasi antara BPA dan epiklorohidrin yang akan menghasilkan bisfenol A diglisidil eter dan polimer dengan berbagai massa molekul yang berbeda. Ketika reaksi polimerisasi tidak memadai terjadi pelepasan BPA dan mengakibatkan potensi perpindahan BPA ke dalam pangan yang dikalengkan (Sadrabad *et al.* 2023). Jumlah atau konsentrasi migrasi BPA akibat penggunaan

lapisan epoksi ini didukung oleh beberapa faktor lain yang terjadi karena pemrosesan produk hingga karakteristik produk tuna.

Faktor atau parameter lain yang mendorong terjadinya migrasi BPA pada tuna kaleng adalah karakteristik asam dari produk. Tingkat keasaman yang dinyatakan dalam pH juga dapat mendorong terjadinya migrasi BPA tersebut. Secara ilmiah dijelaskan oleh Bingol *et al.* (2018), bahwa stabilitas gugus hidroksil pada BPA sangat dipengaruhi oleh pH. Monomer BPA cenderung lebih stabil pada pH lingkungan netral dan sedikit basa. Kondisi produk pangan asam dapat mempercepat hidrolisis dan degradasi resin epoksi, sehingga menyebabkan pelepasan BPA yang lebih besar ke dalam produk pangan yang bersifat asam. Terdapat dua studi yang digunakan dalam studi meta-analisis ini yang menjelaskan secara rinci mengenai pH kelompok kontrol dan kelompok eksperimen.

Hasil nilai pH kelompok kontrol dan eksperimen dari studi Arar *et al.* (2017) Secara berturut-turut adalah 6.40 dan 5.70. Nilai pH juga dicantumkan pada studi Toptanci *et al.* (2022) dengan nilai kelompok kontrol dan eksperimen secara berturut-turut 6.00 dan 5.90. Kelompok eksperimen dari kedua studi memiliki nilai pH yang lebih rendah dari kelompok kontrol dan dinyatakan monomer BPA lebih besar terdeteksi pada kelompok eksperimen dengan nilai pH lebih rendah atau asam dibandingkan kontrol, dimana hasil tersebut sesuai dengan teori yang ada.

Kesimpulan

Hasil analisis data menggunakan metode meta-analisis didapatkan migrasi BPA lebih tinggi terjadi pada produk tuna kaleng medium minyak dibandingkan tuna kaleng medium air garam, namun secara keseluruhan hasilnya tidak berbeda secara signifikan dalam konsentrasi BPA yang terdeteksi. Dilakukan analisis subkelompok dan meta-regresi untuk menentukan faktor atau parameter yang dapat mempengaruhi atau mendorong migrasi BPA pada produk tuna kaleng. Analisis subkelompok yang dilakukan adalah subkelompok asal produksi tuna kaleng dan subkelompok metode deteksi BPA pada sampel. Dideteksi pada subkelompok Asia, Eropa, dan Afrika nilai migrasi BPA pada tuna kaleng medium minyak lebih tinggi. Sebaliknya, migrasi BPA pada tuna kaleng medium air garam dideteksi lebih tinggi pada subkelompok Amerika. Analisis subkelompok metode dihasilkan metode GC-MS lebih banyak mendeteksi migrasi BPA pada produk tuna kaleng medium air garam. Sebaliknya, subkelompok HPLC mendeteksi BPA lebih banyak terjadi pada produk tuna kaleng medium minyak. Kedua analisis subkelompok yang dilakukan memiliki pengaruh yang tidak signifikan terhadap migrasi BPA pada tuna kaleng.

Hasil analisis meta regresi yang dilakukan berdasarkan parameter kandungan lemak dan kandungan protein produk tuna didapatkan bahwa kandungan lemak yang tinggi pada produk tuna kaleng dapat mempengaruhi peningkatan konsentrasi migrasi BPA dan pada kandungan protein yang rendah terdeteksi migrasi BPA yang rendah pada produk tuna kaleng. Faktor utama penyebab migrasi BPA pada produk tuna kaleng adalah digunakannya resin epoksi dalam pelapis kaleng yang dideteksi pada seluruh studi yang digunakan. Didapatkan juga berdasarkan studi yang dikumpulkan faktor lain yang mempengaruhi migrasi BPA pada produk tuna kaleng adalah nilai pH produk tuna lebih rendah atau asam.

Saran

Perlu adanya beberapa penelitian lebih lanjut mengenai factor yang mempengaruhi migrasi BPA terhadap produk tuna kaleng dengan medium air garam dan minyak untuk lebih meyakinkan hasil dari meta-analisis. Dapat dicantumkan data lebih lengkap untuk setiap sampel yang

digunakan, sehingga dapat dilakukan olah data secara kuantitatif dalam melihat faktor-faktor yang mempengaruhi. Hasil penelitian lanjutan dapat diselaraskan dengan hasil penelitian ini agar dapat diambil kesimpulan pengaruh medium dan faktor lain dalam migrasi BPA pada tuna kaleng.

Referensi

- Ahn E, Kang H. 2018. Introduction to systematic review and meta-analysis. *Korean Journal of Anesthesiology*. 71(2): 103-112. doi: <https://doi.org/10.4097/kjae.2018.71.2.103>.
- Alabi A, Caballero-Casero N, Rubio S. 2014. Quick and simple sample treatment for multiresidue analysis of bisphenols, bisphenol diglycidyl ethers and their derivatives in canned food prior to liquid chromatography and fluorescence detection. *Journal of Chromatography A*. 1336: 23-33. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2014.02.008>.
- Alamri MS, Qasem AA, Mohamed AA, Hussain S, Ibraheem M A, Shamlan G, Alqah HA, Qasha AS. 2021. Food packaging's materials: A food safety perspective. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 28(8): 4490-4499. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.04.047>.
- Al Ghoul L, Abiad MG, Jammoul A, Matta J, El Darra N. 2020. Zinc, aluminium, tin and Bisphenol a in canned tuna fish commercialized in Lebanon and its human health risk assessment. *Heliyon*. 6(9): 1-8. doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04995>
- Anindhyta CK, Yudianto A. 2022. Korelasi antara grit dan kepuasan kerja: studi meta-analisis. *Psycho Idea*. 20(2): 184-192. doi: <https://doi.org/10.30595/psychoidea.v20i2.12697>.
- Arar S, Alawi M. 2019. A new solvent extraction method with gas chromatography–mass spectrometry for bisphenol A determination in canned foods. *Acta Chromatographica*. 31(1): 71-78. doi: <https://doi.org/10.1556/1326.2017.00388>
- Aulia G, Mita SR. 2023. Review: pengaruh bisphenol-A (BPA) dalam kemasan pangan terhadap kesehatan. *Farmaka*. 21(1): 43-49.
- Bingol M, Konar N, Poyrazoğlu ES, Artik N. 2018. Influence of storage conditions on bisphenol A in polycarbonate carboys of water. *European International Journal of Science and Technology*. 7(3): 107–123. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3398>
- BPOM RI-Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia. 2014. Mengenal bisfenol A (BPA) pada kemasan pangan. *InfoPOM*. 15(2):1-11
- [BPOM] Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia. 2019a. Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 20 Tahun 2019 tentang Kemasan Pangan. Badan Pengawas Obat dan Makanan. Jakarta (ID): BPOM.
- Cunha SC, Cunha C, Ferreira AR, Fernandes JO. 2012. Determination of bisphenol A and bisphenol B in canned seafood combining QuEChERS extraction with dispersive liquid–liquid microextraction followed by gas chromatography–mass spectrometry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 404: 2453-2463. doi: <https://doi.org/10.1007/s00216-012-6389-5>
- Cook DA, West CP. 2012. Conducting systematic reviews in medical education: a stepwise approach. *Medical education*. 46(10): 943-952. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2012.04328.x>.
- Dettori JR, Norvell DC, Chapman JR. 2021. Seeing the forest by looking at the trees: how to interpret a meta-analysis forest plot. *Global Spine Journal*. 11(4): 614-616. doi: <https://doi.org/10.1177/21925682211003889>.
- [EFSA] European Food Safety Authority. 2006. Opinion of the scientific panel on food additives, flavourings, processing aids and materials in contact with food on a request from the

- Commission related to 2,2-bis(4-hydroxyphenyl) propane (Bisphenol A). *The EFSA Journal [Internet]*. 428: 1-75.
- [EFSA] European Food Safety Authority. 2018. Commission Regulation (EU) No 2018/213 on the use of bisphenol A in varnishes and coatings intended to come into contact with food and amending regulation (EU) No 10/2011 as regards the use of that substance in plastic food contact materials. *Official Journal of the European Union*. 2018(178): 6–12
- [EFSA] European Food Safety Authority. 2023. Re-evaluation of the risks to public health related to the presence of bisphenol A BPA in Foodstuffs. *EFSA J*. 21(4):6857.
- Fabusola GP, Akpambang VOE. 2021. Determination of 4, 4-(propane-2, 2-diyl) diphenol (bisphenol A) concentration in canned tomatoes. *Journal of Tropical Pharmacy and Chemistry*. 5(3): 174-181. doi: <https://doi.org/10.25026/jtpc.v5i3.273>.
- Fasano E, Bono-Blay F, Cirillo T, Montuori P, Lacorte S. 2012. Migration of phthalates, alkylphenols, bisphenol A and di (2-ethylhexyl) adipate from food packaging. *Food control*. 27(1): 132-138. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.03.005>
- Fattore M, Russo G, Barbato F, Grumetto L, Albrizio S. 2015. Monitoring of bisphenols in canned tuna from Italian markets. *Food and Chemical Toxicology*. 83: 68-75. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2015.05.010>
- Geens T, Apelbaum TZ, Goeyens L, Neels H, Covaci A. 2010. Intake of bisphenol A from canned beverages and foods on the Belgian market. *Food Additives and Contaminants*. 27(11): 1627-1637. doi: <https://doi.org/10.1080/19440049.2010.508183>
- Harris RJ, Deeks JJ, Altman DG, Bradburn MJ, Harbord RM, Sterne JAC. 2008. Meta: fixed- and random-effects meta-analysis. *The Stata Journal: Promoting Communications on Statistics and Stata*. 8(1): 3–28. doi: <https://doi.org/10.1177/1536867X0800800102>.
- Hedges LV, Olkin I. 1985. Meta-analysis in the physical and biological sciences. *Statistical Methods for Meta-Analysis*. 32. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-057065-5.50020-8>.
- Higgins JP, Thompson SG, Deeks JJ, Altman DG. 2003. Measuring inconsistency in meta-analyses. *Bmj*. 327(7414): 557-560. doi: <https://doi.org/10.1136/bmj.327.7414.557>
- Ismail M. 2013. Optimizing the sterilization process of canned food using temperature distribution studies. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR- JAVS)*. 6(4): 26–33. doi: <https://doi.org/10.9790/2380-0642633>
- Juraidah J, Utama QD. 2023. Penetapan kadar migrasi melamin dalam peralatan makan yang beredar di Kota Banjarmasin dengan metode kromatografi cair kinerja tinggi. *Jurnal Teknologi dan Mutu Pangan*. 1(2): 50-57. doi: <https://doi.org/10.30812/jtmp.v1i2.2548>
- Kawamura Y, Etoh M, Hiraoka Y, Abe Y, Mutsuga M. 2014. Bisphenol A in domestic and imported canned foods in Japan. *Food Additives & Contaminants: Part A*. 31(2): 330-340. doi: <https://doi.org/10.1080/19440049.2013.874047>
- Lapviboonsuk J, Leepipatpiboon N. 2014. A simple method for the determination of bisphenol A diglycidyl ether and its derivatives in canned fish. *Analytical Methods*. 6(15): 5666-5672. doi: <https://doi.org/10.1039/C4AY00757C>
- Maiolini E, Ferri E, Pitasi AL, Montoya A, Di Giovanni M, Errani E, Girotti S. 2014. Bisphenol A determination in baby bottles by chemiluminescence enzyme-linked immunosorbent assay, lateral flow immunoassay and liquid chromatography tandem mass spectrometry. *Analyst*. 139(1): 318-324. doi: <https://doi.org/10.1039/C3AN00552F>.
- Manzoor MF, Tariq T, Fatima B, Sahar A, Tariq F, Munir S, Khan S, Ranjha MMAN, Sameen A, Zeng XA, Ibrahim SA. 2022. An insight into bisphenol A, food exposure and its adverse

- effects on health: A review. *Frontiers in nutrition*. 9: 1047827. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1047827>
- Marqueno A, Perez-Albaladejo E, Flores C, Moyano E, Porte C. 2019. Toxic effects of bisphenol A diglycidyl ether and derivatives in human placental cells. *Environmental Pollution*. 244: 513-521. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.045>.
- Metz CM. 2016. Bisphenol A: Understanding the controversy. *Workplace health & safety*. 64(1): 28-36. doi: <https://doi.org/10.1177/2165079915623790>.
- Michałowicz J. 2014. Bisphenol A - Sources, toxicity and biotransformation. *Environ Toxicol Pharmacol*. 37(2):738–758. doi: <https://doi.org/10.1016/j.etap.2014.02.003>.
- Noonan GO, Ackerman LK, Begley TH. 2011. Concentration of bisphenol A in highly consumed canned foods on the US market. *Journal of agricultural and food chemistry*. 59(13): 7178-7185. doi: <https://doi.org/10.1021/jf201076f>
- Noureddine El Moussawi S, Karam R, Cladière M, Chébib H, Ouaini R, Camel V. 2018. Effect of sterilisation and storage conditions on the migration of bisphenol A from tinplate cans of the Lebanese market. *Food Additives & Contaminants. Part A, Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment*. 35(2): 377–386. doi: <https://doi.org/10.1080/19440049.2017.1395521>
- Osman MA, Mahmoud GI, Elgammal MH, Hasan RS. 2018. Studying of bisphenol A levels in some canned food, feed and baby bottles in Egyptian markets. *Fresenius Environmental Bulletin*. 27(12A): 9374–9381.
- Palupi E, Jayanegara A, Ploeger A, Kahl J. 2012. Comparison of nutritional quality between conventional and organic dairy products: A meta-analysis. *J Sci Food Agric*. 92(14):2774–2781. doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.5639>.
- Perdana WY, Jacobus DJ. 2016. Bisphenol A (BPA) adalah *Endocrine Disrupture Chemicals* (EDC) yang berperan sebagai agen diabetogenik. *CDK-244*. 43(9): 706-711.
- Podlipna D, Cichna-Markl M. 2007. Determination of bisphenol A in canned fish by sol-gel immunoaffinity chromatography, HPLC and fluorescence detection. *European Food Research and Technology*. 224: 629-634. doi: <https://doi.org/10.1007/s00217-006-0350-9>
- Poovarodom N, Jinkarn T, Tangmongkollert P, Chaloeijitkul W, Charubhum S. 2017. Survey of food can coatings in Thailand–Their use, extractable residues and migrations. *Packaging Technology and Science*. 30(7): 317-329. doi: <https://doi.org/10.1002/pts.2302>
- Prayogo A, Mazda CN. 2021. Inovasi teknologi plecing kaleng sebagai pemulihan ekonomi pasca gempa Lombok. *Jurnal Informatika Teknologi dan Sains (Jinteks)*. 3(3): 376-383. doi: <https://doi.org/10.51401/jinteks.v3i3.1254>.
- Retnawati H, Apino E, Djidu H, Anazifa RD. 2018. *Pengantar Analisis Meta*. Yogyakarta: Parama Publishing.
- Sadrabad E K, Hashemi SA, Nadjarzadeh A, Askari E, Mohajeri AF, Ramroudi F. 2023. Bisphenol A release from food and beverage containers–A review. *Food Science & Nutrition*. 11(7): 3718-3728. doi: <https://doi.org/10.1002/fsn3.3398>.
- Siswanto S. 2010. *Systematic review* sebagai metode penelitian untuk mensintesis hasil-hasil penelitian (sebuah pengantar). *Buletin Penelitian Sistem Kesehatan*. 13(4): 326-333. doi: 10.22435/bpsk.v13i4 Okt.2766
- Sterne JAC, Harbord RM. 2004. Funnel plots in meta-analysis. *The Stata Journal*. 4(2): 127-141. doi: <https://doi.org/10.1177/1536867X0400400204>.

- Sucipta N, Suriasuh K, Kencana PKD. 2017. *Pengemasan Pangan: Kajian Pengemasan yang Aman, Nyaman, Efektif dan Efisien*. Denpasar: Udayana University Press.
- Sutrisno. 2013. Kajian tinning (Sn plating) dalam dunia industri. *Jurnal Foundry*. 3(1): 19-24.
- Suyatma NE, Chasfila S, Giriwono PE. 2023. Estimasi resiko migrasi bisfenol A (BPA) dari kemasan kaleng di Indonesia. *Jurnal Keteknikan Pertanian*.11(2): 253-267. doi: <https://doi.org/10.19028/jtep.011.2.253-267>.
- Suyasa ING, Jana IW, Santhi DGDD. 2018. Faktor-faktor yang berhubungan dengan keberadaan bahan berbahaya bisphenol A (BPA) yang terkandung dalam kontainer plastik makanan dan minuman. *Jurnal Skala Husada*. 15(1): 34-42. doi: <https://doi.org/10.33992/jsh:tjoh.v15i1.222>
- Tarafdar A, Sirohi R, Balakumaran PA, Reshmy R, Madhavan A, Sindhu R, Binod P, Kumar Y, Kumar D, Sim SJ. 2022. The hazardous threat of Bisphenol A: Toxicity, detection and remediation. *Journal of hazardous materials*. 423: 127097. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127097>.
- Thomson BM, Grounds PR. 2004. Bisphenol A in canned foods in New Zealand: an exposure assessment. *Food Additives and Contaminants*. 22(1): 65-72. doi: <https://doi.org/10.1080/02652030400027920>
- Tian L, Zheng J, Pineda M, Yargeau V, Furlong D, Chevrier J, Bornman R, Obida M, Goodyer CG, Bayen S. 2022. Targeted screening of 11 bisphenols and 7 plasticizers in food composites from Canada and South Africa. *Food Chemistry*. 385: 132675. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132675>
- Toptancı İ, Kiralan M, Ketenoglu O, Ramadan MF. 2022. Monitoring of bisphenol A diglycidyl ether (BADGE) and some derivatives in fish products in the Turkey market. *Environmental Science and Pollution Research*. 29(35): 52788-52795. doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19587-z>
- Vilarinho F, Sendón R, Van der Kellen A, Vaz MF, Silva AS. 2019. Bisphenol A in food as a result of its migration from food packaging. *Trends in food science & technology*. 91: 33-65. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.06.012>.