

## Estimasi Risiko Migrasi Bisfenol A (BPA) dari Kemasan Kaleng Pangan Olahan di Indonesia

*Risk Estimation of Bisphenol A (BPA) Migration from Metal Packaging of Processed Food in Indonesia*

Sentani Chasfila<sup>1</sup>, Nugraha Edhi Suyatma<sup>1,\*</sup>, Puspo Edi Giriwono<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University, Jalan Lingkar Akademik, Kampus IPB Dramaga, Kabupaten Bogor, Jawa Barat 16002, Indonesia

\*Email korespondensi: [nugrahaedhis@gmail.com](mailto:nugrahaedhis@gmail.com); [nugrahaedhi@apps.ipb.ac.id](mailto:nugrahaedhi@apps.ipb.ac.id)

### Info Artikel

Diajukan: 19 Mei 2023

Diterima: 11 Agustus 2023

#### Keyword:

Bisphenol A; Canned corned beef; Indonesia; Risk assessment; Sardines cans

#### Kata Kunci:

Bisfenol A; Indonesia; Kajian risiko; Kornet kaleng; Sarden kaleng

### Abstract

Tin can package is a type of food packaging material. They are generally made of tin plates with a coating on the inside to prevent corrosion. The most widely used enamel coating is epoxy resin made from bisphenol A (BPA). BPA consumption can affect the endocrine system and cause damage to various organs. This study aims to determine the migration of BPA in cans, to estimate the level of its exposure, and to obtain an estimate health risk caused by consuming canned sardines and corned beef in the Indonesia population. The samples used were empty cans for sardines and corned beef, 12 each, and then analyzed using HPLC-UVVis. The results showed that the concentration of BPA migration in sardines cans ranged from not detected-0.050 mg/kg, while in corned beef cans the overall result was not detected. The average estimate of BPA exposure per day from the consumption of sardines was highest at the toddlers at 0.055  $\mu\text{g}/\text{kgBW}$ , while the average estimate of BPA exposure per day from the consumption of corned beef was highest at the children at  $0.06 \times 10^{-2}$   $\mu\text{g}/\text{kgBW}$ . The average risk value of BPA exposure from consuming sardines in 5 age groups ranged from 0,545-1,366%, while as a result of consuming corned beef in 4 age groups had an average risk value between 0,053-0,166%. These risk values do not exceed the tolerable daily intake (TDI), indicating that exposure to BPA from consuming sardines and corned beef does not pose a risk of danger to human health in Indonesia.

### Abstrak

Kemasan kaleng merupakan jenis kemasan yang banyak digunakan untuk wadah pengalengan pangan. Kemasan kaleng umumnya terbuat dari pelat baja lapis timah dengan lapisan pada bagian dalam untuk mencegah terjadinya korosi akibat kontak langsung logam dengan pangan. Pelapis yang paling banyak digunakan adalah epoxy resin yang terbuat dari bisfenol A (BPA). BPA dapat memengaruhi sistem endokrin dan dapat menyebabkan kerusakan pada jaringan serta organ. Penelitian bertujuan untuk mengetahui kandungan migrasi BPA pada kemasan kaleng, memperkirakan tingkat paparan dan memperoleh gambaran estimasi risiko terhadap kesehatan pada penduduk Indonesia. Sampel yang digunakan adalah kemasan kaleng kosong untuk sarden dan kornet masing-masing 12 buah kemudian dianalisis menggunakan HPLC-UV Vis. Hasilnya menunjukkan konsentrasi migrasi BPA pada sampel kaleng sarden berkisar antara tidak terdeteksi hingga 0,050 mg/kg. Sedangkan dalam kaleng kornet keseluruhan hasilnya adalah tidak terdeteksi. Rata-rata estimasi paparan BPA perhari dari konsumsi sarden tertinggi terdapat pada usia balita yaitu 0,055  $\mu\text{g}/\text{kgBB}$ , sedangkan rata-rata estimasi paparan BPA perhari dari konsumsi kornet tertinggi terdapat pada usia anak sebesar  $0,06 \times 10^{-2}$   $\mu\text{g}/\text{kgBB}$ . Nilai rerata risiko paparan BPA pada seluruh kelompok usia akibat dari mengonsumsi sarden dan kornet masih berada di bawah 100% nilai TDI BPA. Nilai rata-rata risiko paparan BPA akibat mengonsumsi sarden pada 5 (lima) kelompok usia berkisar antara 0,545-1,366%, sedangkan akibat dari mengonsumsi kornet pada 4 (empat) kelompok usia memiliki nilai rata-rata risiko antara 0,053- 0,166%. Nilai tersebut tidak melebihi asupan harian yang dapat ditoleransi (TDI), yang mengindikasikan bahwa paparan BPA akibat mengonsumsi sarden dan kornet tidak menimbulkan risiko bahaya terhadap kesehatan manusia di Indonesia.

Doi: <https://doi.org/10.19028/jtep.011.1.253-267>

## 1. Pendahuluan

Peran kemasan bagi pelaku usaha dibidang pangan adalah untuk perlindungan dan menjaga keamanan produk yang dikemasnya dari kontaminasi luar, menjaga kualitas, serta untuk meningkatkan umur simpan produk. Kemasan pangan yang digunakan harus mampu memberikan perlindungan bagi pangan dari pengaruh cahaya, bau tidak sedap, oksigen, kelembapan, mikroorganism, serangga, debu/kotoran, serta faktor fisik seperti tekanan, guncangan yang mungkin terjadi selama pendistribusian. Penyelenggaraan keamanan pangan merupakan hal yang penting dilakukan karena merupakan salah satu syarat bagi makanan untuk dikatakan layak dikonsumsi (Hariyadi R & Hariyadi P, 2012). Upaya untuk menyelenggarakan keamanan pangan terkait kemasan adalah dengan menetapkan standar keamanan kemasan pangan karena terdapat perpindahan atau migrasi dari bahan pengemas ke dalam pangan yang kemungkinan dapat berakibat buruk bagi kesehatan.

Logam termasuk bahan kontak pangan yang diizinkan untuk membuat kemasan kaleng. Menurut Brunazzi *et al.*, (2014) pangan yang dikemas dalam kaleng diharapkan dapat memiliki keuntungan yaitu stabil dalam jangka waktu panjang, tidak memerlukan penyimpanan pada suhu dingin/rendah, memiliki ketahanan terhadap kerusakan mekanis pada proses sterilisasi, dapat menjaga kandungan gizi produk, berkurangnya risiko oksidasi, dan memberikan perlindungan yang baik terhadap paparan cahaya. Oleh sebab itu keamanan kemasan sangat penting untuk diperhatikan.

Kemasan kaleng yang beredar saat ini banyak terbuat dari bahan logam dan seringkali dilapisi oleh enamel atau *lacquer* pada salah satu sisinya atau bahkan kedua sisinya (Michałowicz, 2014). Jenis pelapis kaleng yang digunakan tersebut dapat menimbulkan risiko terhadap kesehatan karena dapat mengalami migrasi dari zat kontak pangan ke dalam pangan yang dikemasnya.

Bisfenol A (BPA) dan epiklorohidrin merupakan resin yang paling banyak digunakan sebagai pelapis pada kemasan logam (Peter K.T & Nehring, 2007). BPA yang biasa digunakan sebagai komponen utama dalam epoksi resin umumnya dalam bentuk Bisfenol A Diglisidil Eter (BADGE) (Romano & Schmidt, 2013). BPA dapat masuk ke dalam tubuh melalui saluran pencernaan, saluran pernafasan serta saluran kulit. BPA juga merupakan senyawa kimia yang dapat mempengaruhi sistem endokrin (*endocrine disruptor*) dan memiliki efek seperti estrogen dan antiandrogen yang dapat menyebabkan gangguan pada berbagai jaringan dan organ termasuk sistem reproduksi, sistem kekebalan tubuh dan sistem neuroendokrin (Ma *et al.*, 2019). Isu keamanan kemasan pangan yang mengandung BPA tengah diperbincangkan di Eropa. Terlihat dari hasil kajian EFSA yang melakukan kajian risiko terhadap data hasil percobaan pada hewan yang diinterpretasikan dalam bentuk *tolerable daily intake* (TDI) untuk manusia. Berdasarkan hasil kajian tersebut serta adanya potensi efek BPA terhadap kelenjar air susu, reproduksi, metabolik, neurobehavioral dan sistem imun maka EFSA menurunkan angka TDI dari 50 µg/kg berat badan/hari menjadi 4 µg/kg berat badan/hari (EFSA, 2015).

Dengan adanya isu kemasan kaleng yang mengandung BPA, maka kajian risiko terhadap potensi gangguan kesehatan yang disebabkan akibat paparan migrasi BPA dari kemasan kaleng menjadi perlu untuk dilakukan karena sejauh ini belum ada yang melakukan kajian risiko mengenai bahaya migrasi BPA pada pangan olahan yang dikemas dalam kaleng untuk populasi di Indonesia.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Bahan

Penelitian ini menggunakan bahan berupa data primer dan sekunder. Data primer berasal dari data hasil pengujian migrasi kadar bisfenol A (BPA) pada kemasan kaleng kosong. Sedangkan data sekunder terdiri dari data berat badan, data usia, dan data konsumsi makanan kaleng pada penduduk di Indonesia yang diambil dari data Kementerian Kesehatan dalam Laporan Survei Makanan Individu (SKMI) tahun 2014.

### 2.2 Metode

#### 2.2.1 Identifikasi jenis pangan dalam kaleng

Proses identifikasi jenis pangan yang dikemas dalam kaleng dilakukan dengan melihat *database* komposisi gizi makanan olahan SKMI 2014. Identifikasi selanjutnya berdasarkan data registrasi pangan olahan terdaftar yang memiliki nomor izin edar dalam negeri (BPOM RI MD) dari Januari 2018-Desember 2022 dan masih beredar menggunakan kemasan kaleng.

#### 2.2.2 Pengambilan data konsumsi dan profil responden

Data sekunder yang digunakan adalah identitas umur, nilai berat badan dan jumlah konsumsi sarden dan kornet dalam kaleng per individu dalam satuan gram/orang/hari yang didapatkan dari laporan SKMI Indonesia tahun 2014 yang dilakukan oleh Kementerian Kesehatan. Data tersebut kemudian digolongkan menjadi 5 (lima) kelompok usia yaitu 24-59 bulan, 5-12 tahun, 13-18 tahun, 19-55 tahun, dan di atas 55 tahun. Data konsumsi tersebut pada masing-masing responden selanjutnya digunakan untuk menghitung tingkat paparan migrasi BPA dari akibat mengkonsumsi sarden dan kornet dalam kaleng pada setiap individu.

#### 2.2.3 Pengambilan sampel dan penetapan kadar bisfenol A

Sampel kemasan kaleng yang diujikan adalah kemasan kaleng dalam keadaan kosong yang menggunakan pelapis epoksi resin. Sampel diperoleh dari 2 (dua) produsen kemasan kaleng yang berlokasi di DKI Jakarta, dan Tangerang untuk memudahkan dalam pengambilan sampel. Sampel diambil secara *simple random sampling* sesuai dengan bentuk dan ukuran kemasan yang umumnya digunakan untuk mengemas pangan. Jumlah sampel total sampel sebanyak 24 (dua puluh empat) buah.

Pengujian kandungan migrasi BPA pada sampel dilakukan menggunakan simulan pangan yang menggambarkan karakteristik jenis pangan dan menggunakan metode Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT) – UV pada laboratorium terakreditasi KAN sesuai dengan SNI 7626-1:2017. Simulan pangan yang dipilih dapat mewakili kondisi paling parah untuk bahan atau artikel tertentu yang sedang diuji di bawah kondisi waktu dan suhu yang sesuai. Sedangkan waktu dan suhu pengujian ditetapkan berdasarkan kriteria produk pangan akhir berdasarkan umur simpan produk (waktu kontak), suhu kontak (waktu penyimpanan produk) serta suhu proses pembuatan pangannya. Untuk jenis pangan dalam kaleng umumnya memiliki umur simpan di atas 6 bulan, disimpan pada suhu ruang, serta membutuhkan proses panas pada saat proses produksinya yaitu di atas 70 °C sehingga suhu dan waktu pengujian yang dianggap ekstrim sesuai dengan kriteria tersebut adalah diuji pada suhu 60 °C dan dibiarkan kontak (direndam) selama 10 hari.

Pemilihan simulan, suhu, dan waktu kontak pengujian pada penelitian ini mengikuti ketentuan regulasi dari *Commission Regulation (EU) No 10/ 2011 on Plastic materials and articles intended to come into contact with food* amandemen 2020 dan Peraturan Badan POM nomor 20 Tahun 2019 tentang Kemasan Pangan.

#### 2.2.4 Perhitungan estimasi paparan bisfenol A

Perhitungan estimasi paparan migrasi BPA dari kemasan kaleng dilakukan secara statistik untuk mendapatkan nilai paparan minimal, maksimal, rata-rata, dan persentil ke-95 (P95). Jumlah paparan harian atau *estimated daily intake* (EDI) dihitung dengan menggunakan rumus data konsumsi masing-masing responden (gram/orang/hari) dikalikan dengan kadar migrasi BPA (mg/kg) kemasan kaleng dibagi dengan berat badan (kg) dari masing-masing responden, hingga didapatkan nilai paparan untuk masing-masing responden yang dinyatakan dalam µg/kgBB/hari seperti terlihat pada persamaan 1 berikut.

$$\text{Nilai paparan (EDI)} = \frac{\sum (\text{Tingkat konsumsi} \times \text{Konsentrasi BPA})}{\text{Berat badan}} \quad (1)$$

#### 2.2.5 Perhitungan karakterisasi risiko bisfenol A

Bisfenol A (BPA) dapat menyebabkan endokrin *disrupter*. EFSA telah menetapkan nilai *tolerable daily intake* (TDI) BPA sebesar 4 µg/kg BB/hari (EFSA, 2015). Estimasi karakterisasi risiko terhadap kesehatan dari migrasi BPA pada kemasan kaleng dapat dilakukan dengan menghitung perbandingan antara nilai paparan migrasi BPA (EDI) dengan TDI, sehingga diperoleh nilai risiko individu dari setiap responden yang dinyatakan dalam persen. Bisfenol A dikatakan memiliki risiko terhadap kesehatan jika nilai paparan migrasinya lebih besar dari nilai TDI (FAO/WHO, 2006).

$$\% \text{ Risiko} = \frac{\text{Nilai paparan (EDI)}}{\text{Nilai TDI}} \times 100\% \quad (2)$$

### 3 Hasil dan pembahasan

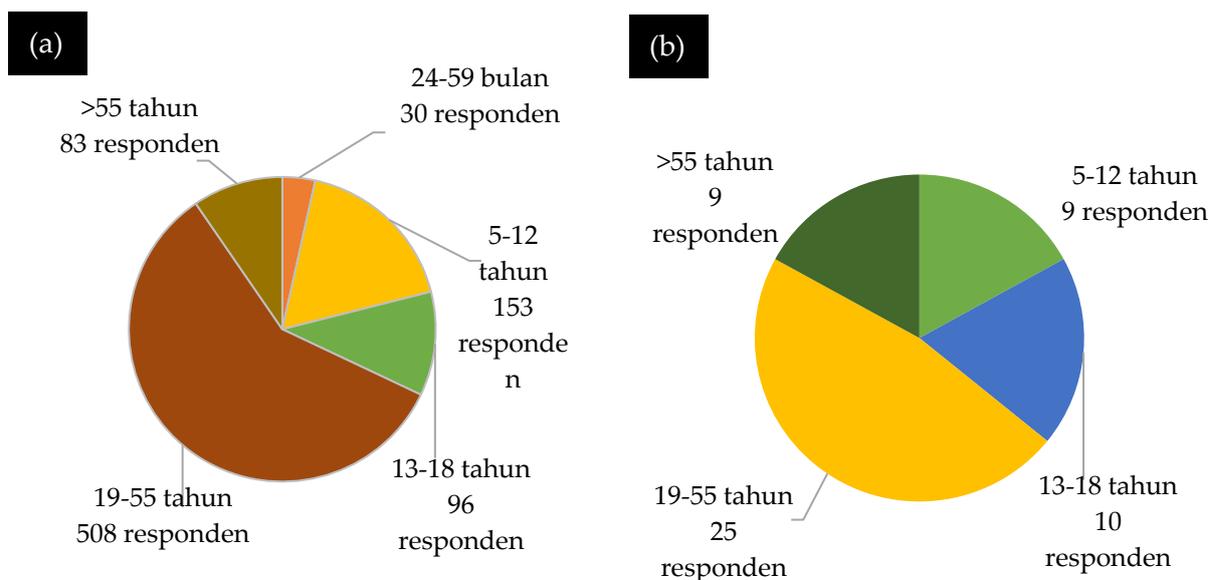
#### 3.1 Identifikasi jenis pangan

Identifikasi jenis pangan yang dikemas dalam kaleng dilakukan dengan melihat database yang terdapat dalam komposisi gizi makanan olahan SKMI 2014. Diperoleh 10 (sepuluh) kode bahan makanan dalam kaleng yang dikonsumsi penduduk Indonesia, yaitu: Kacang polong kaleng (0423001); Buah campur, kaleng (mix fruits, can) (0523001); Nenas dalam jus, kaleng (0525002); Nenas dalam sirup, kaleng (0525003); Kornet sapi (0621010); Sarden makarel, dalam saus tomat (0821022); sarden, dalam kaleng (0821023); sarden dalam kaleng (0821024); sarden dalam saus tomat (0821025); dan susu (1021001).

Identifikasi selanjutnya berdasarkan data registrasi pangan olahan terdaftar yang memiliki nomor izin edar dalam negeri (BPOM RI MD) dari Januari 2018-Desember 2022 dan masih beredar menggunakan kemasan kaleng. Dari 567 produk tersebut dipilih 2 (dua) jenis pangan yang paling banyak menggunakan kemasan kaleng sebagai kemasan primer, yaitu produk sarden makarel dalam kaleng sebanyak 108 buah, dan kornet dalam kaleng sebanyak 17 buah.

#### 3.2 Profil responden

Profil responden dalam penelitian ini menggunakan data sekunder berupa data berat badan, dan usia yang diperoleh dari Survey Konsumsi Individu yang diolah dari data SKMI 2014, Kementerian Kesehatan. Jumlah responden yang mengkonsumsi sarden dan kornet pada populasi di Indonesia berturut-turut sebesar 870 responden dan 53 responden. Jumlah pengonsumsi sarden dan kornet paling banyak banyak terdapat pada usia 19-55 tahun (dewasa) yaitu masing-masing sebesar 58% atau sekitar 508 responden, dan 47% atau sekitar 25 responden (Gambar 1).



**Gambar 1.** Jumlah responden pengonsumsi (a) sarden dalam kaleng, (b) kornet dalam kaleng pada populasi di Indonesia (Kemenkes, 2014).

Sebaran data berat badan responden pengonsumsi sarden dalam kaleng per kelompok usia pengonsumsi sarden dapat dilihat pada Tabel 1. Nilai rata-rata berat badan individu pengonsumsi sarden berdasarkan kelompok usia yaitu kelompok usia balita (24-59 bulan) sebesar 14,66 kg, anak (5-12 tahun) sebesar 27,70 kg, remaja (13-18 tahun) sebesar 46,03 kg, dewasa (18-55 tahun) sebesar 58,71 kg, dan pada lansia (>55 tahun) sebesar 51,23 kg. Berat badan tertinggi terdapat pada kelompok usia dewasa (19-55 tahun) yaitu 95% respondennya memiliki berat badan sebesar ≤79,50 kg dan sisanya (5%) memiliki berat badan ≤41,27 kg.

**Tabel 1.** Berat badan (kg) responden pengonsumsi sarden di Indonesia

Kelompok usia	Berat badan (kg)			
	Minimum	Maksimum	Rata-rata ± SD	P95
24-59 bulan	10,80	20,20	14,66 ± 3,21	20,10
5-12 tahun	13,60	69,20	27,70 ± 9,79	48,34
13-18 tahun	21,10	81,50	46,03 ± 10,21	63,13
19-55 tahun	31,30	111,20	58,71 ± 11,59	79,50
>55 tahun	29,30	76,90	51,23 ± 11,57	72,61

Sumber: Data diolah dari Kemenkes (2014)

Sebaran nilai rata-rata berat badan untuk individu pengonsumsi kornet berdasarkan kelompok usia diperoleh sebagai berikut, pada kelompok usia anak (5-12 tahun) sebesar 30,32 kg, remaja (13-18 tahun) sebesar 44,49 kg, dewasa (19-55 tahun) sebesar 62,81 kg, dan lansia (>55 tahun) sebesar 67,10 kg. Sedangkan berat badan tertinggi terdapat pada kelompok usia lansia (≥55 tahun) yaitu 95% respondennya memiliki berat badan sebesar ≤97,70 kg dan sisanya (5%) memiliki berat badan ≤43,80 kg seperti terlihat dalam Tabel 2.

**Tabel 2.** Berat badan (kg) responden pengonsumsi kornet di Indonesia

Kelompok usia	Berat badan (kg)			
	Minimum	Maksimum	Rata-rata ± SD	P95
5-12 tahun	20,80	43,70	30,32 ± 8,35	42,62
13-18 tahun	35,00	59,80	44,49 ± 6,68	56,25
19-55 tahun	44,80	89,20	62,81 ± 11,88	84,16
>55 tahun	43,00	99,50	67,10 ± 20,92	97,70

Sumber: Data diolah dari Kemenkes (2014)

### 3.3 Tingkat konsumsi sarden dan kornet

Berdasarkan data laporan SKMI 2014 yang telah diolah, diketahui bahwa rata-rata konsumsi sarden dan kornet dalam kaleng pada populasi di Indonesia untuk seluruh kelompok usia yaitu berturut-turut sebesar 56,42 g/orang/hari dan 28,85 g/orang/hari. Angka konsumsi 95%

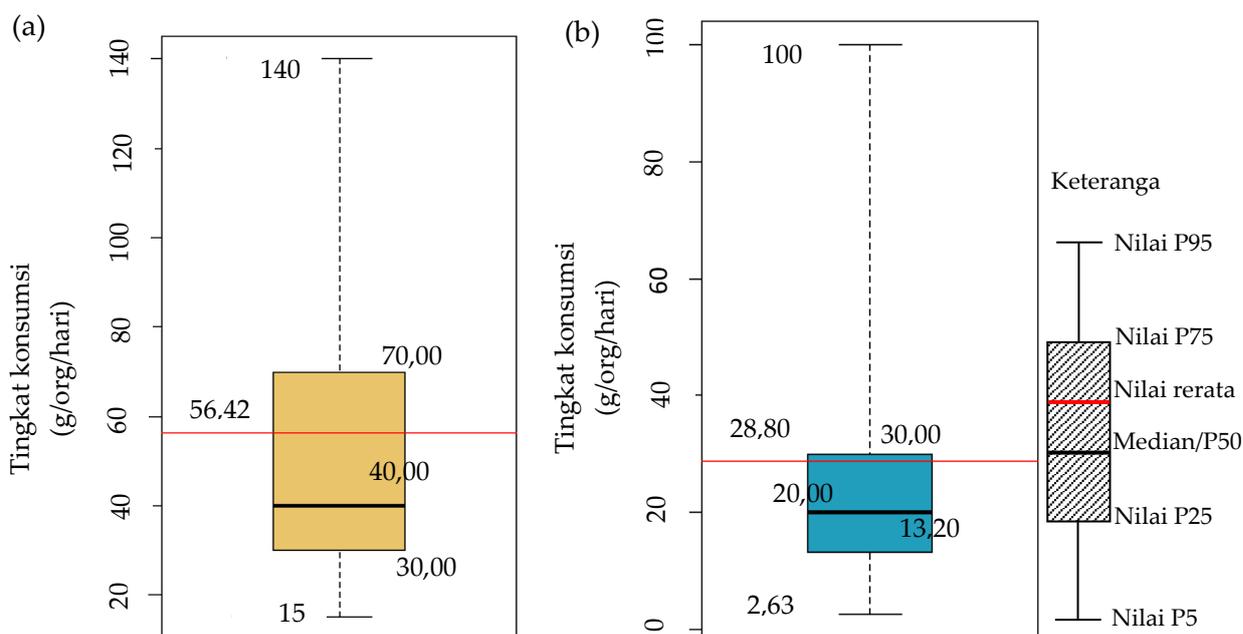
keseluruhan responden yang mengkonsumsi sarden dan kornet menunjukkan hasil masing-masing  $\leq 140$  g/orang/hari dan  $\leq 100$  g/orang/hari dapat dilihat pada Gambar 2.

Data konsumsi tersebut lebih tinggi jika dibandingkan dengan konsumsi ikan kaleng di Korea dan Nigeria yaitu masing-masing sebesar 3,04 g/orang/hari untuk populasi umum (Choi *et al.*, 2018), 23 g/orang/hari untuk populasi dengan jenis kelamin perempuan dan 17 g/orang/hari untuk laki-laki (Adeyi & Babalola, 2019). Sedangkan data konsumsi kornet (daging dalam kaleng) yang dilaporkan oleh P. Cao *et al.*, (2021) pada populasi di Cina lebih tinggi daripada konsumsi kornet di Indonesia yaitu rata-rata sebesar 32,0 g/orang/hari. Akan tetapi tingkat konsumsi daging kaleng di Korea lebih rendah jika dibandingkan di Indonesia dan Cina yaitu rata-rata sebesar 1,28 g/orang/hari (Choi *et al.*, 2018).

Tingkat konsumsi sarden dalam kaleng berdasarkan masing-masing kelompok usia menunjukkan hasil bahwa konsumsi paling rendah sebesar 6,25 g/orang/hari yaitu pada kelompok anak (5-12 tahun). Sedangkan konsumsi paling banyak sebesar 309 g/orang/hari pada kelompok dewasa (19-55 tahun). Nilai rerata meningkat seiring dengan penambahan kelompok usia kecuali pada kelompok usia lansia (>55 tahun).

Tingkat konsumsi kornet (daging dalam kaleng) paling rendah terdapat pada kelompok usia 13-18 tahun (remaja) dan 19-55 tahun (dewasa) yaitu sebesar 2,50 g/orang/hari. Sedangkan tingkat konsumsi paling tinggi terdapat pada usia >55 tahun yaitu sebesar 160 g/orang/hari. Namun untuk nilai rerata konsumsi paling tinggi terdapat pada kelompok usia 5-12 tahun (anak) yaitu sebesar 24,38 g/orang/hari dibandingkan kelompok usia lainnya.

Perhitungan nilai rerata konsumsi dilakukan dengan membagi keseluruhan jumlah responden pengonsumsi yang tersedia. Kelompok usia dewasa memiliki kemampuan untuk memilih jenis pangan yang dapat mencukupi kebutuhan gizi harian masing-masing individu. Selain itu pangan yang dikemas dalam kaleng memiliki kepraktisan, cepat, awet, tahan lama, dan memiliki rasa yang bervariasi. Konsumsi kornet tertinggi pada usia anak karena kandungan gizi daging kornet yang cukup baik membuat para orang tua memilih daging kornet sebagai salah satu asupan sumber protein hewani, serta dapat digunakan sebagai campuran berbagai masakan seperti telur dadar, perkedel kentang, dan makaroni. Selain itu, kornet lebih praktis dalam penyajiannya. Namun, tingkat konsumsi kornet tertinggi terdapat pada usia anak (5-12 tahun) yang merupakan konsumen berisiko tinggi/ rentan terpapar bahaya kontaminasi pangan yang ditimbulkan pada rantai pangan termasuk salah satunya migrasi BPA ke dalam pangan kaleng yang dikonsumsi, sehingga perlu menjadi perhatian. Hal tersebut dikarenakan berat badan pada kelompok usia anak lebih rendah jika dibandingkan dengan kelompok usia lainnya sehingga dapat mempengaruhi tingkat paparan BPA akibat konsumsi pangan dalam kaleng (Bemrah *et al.*, 2014).



**Gambar 2.** *Boxplot* tingkat konsumsi populasi di Indonesia pada produk pangan (a) sarden dalam kaleng, dan (b) kornet dalam kaleng (Kemenkes, 2014).

### 3.4 Konsentrasi migrasi BPA pada kemasan kaleng

Penetapan kadar migrasi BPA dapat menggunakan model pengujian tidak langsung atau yang disederhanakan menggunakan simulan pangan yang dapat meniru karakteristik sarden dan kornet, dengan menggunakan kondisi waktu kontak dan suhu kontak antara pangan dengan kemasan (Europe, 2007). Untuk mendapatkan hasil yang tepat maka pengujian harus dilakukan di bawah kondisi pengujian yang terstandar termasuk waktu pengujian, suhu dan simulan pangan yang dapat mewakili kondisi yang paling ekstrim dari penggunaan bahan kontak pangan yang akan diujikan ataupun biasanya meniru kondisi penyimpanan yang diharapkan untuk produk akhir.

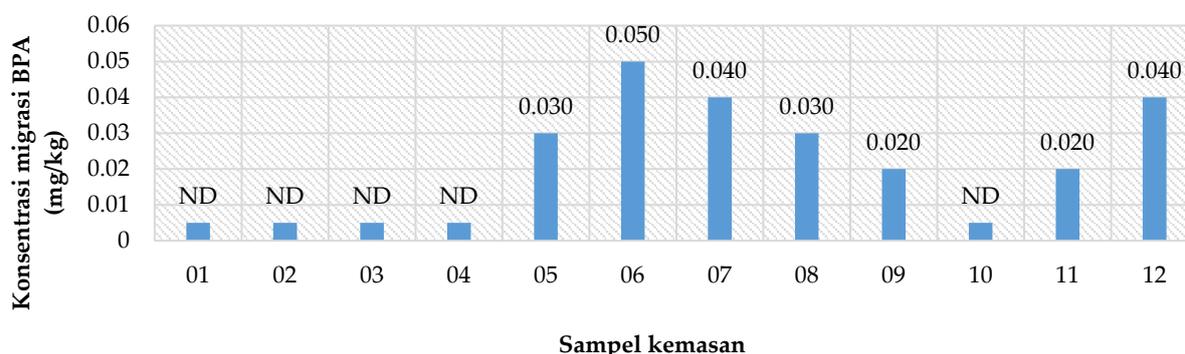
Data konsentrasi migrasi BPA pada kemasan kaleng untuk sarden dan kornet didapatkan dari hasil analisis migrasi ke dalam simulan pangan yang mewakili karakteristik pangan sarden dan kornet. Metode yang digunakan adalah HPLC UV-Vis pada laboratorium yang telah terakreditasi KAN. Kemasan kaleng kosong untuk sarden diuji menggunakan simulan C (etanol 20%) sebagaimana yang tertuang dalam Annex III Table 2 (06.01.B.II - *Preserved fish In an aqueous medium*) pada regulasi *Commission Regulation (EU) No 10/ 2011 revisi 2020*. Selain itu berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Uriarte-Montoya *et al.*, (2010), sarden olahan dalam kaleng memiliki pH > 4,5 yaitu berkisar antara 5,8-6,2 sehingga simulan etanol 20% sudah sesuai.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ramadhan *et al.*, (2005) pH kornet daging sapi rata-rata 6,5 sedangkan pH titik isoelektrik pada protein daging bermuatan netral (*net charge*) yaitu

berkisar antara 5,0-5,1. Berdasarkan hal tersebut maka pengujian migrasi kaleng untuk kornet menggunakan simulan A (etanol 10%) dan sesuai dengan yang tertuang dalam Annex III Table 2 (06.04.A - *Preserved meat: in an fatty or oily medium*) pada regulasi *Commission Regulation* (EU) No 10/ 2011 revisi 2020.

Konsentrasi migrasi BPA dari masing-masing sampel kemasan kaleng untuk sarden (simulan etanol 20%) berkisar antara tidak terdeteksi hingga 0,050 mg/kg. Hasil Analisa migrasi yang tidak terdeteksi dapat dinyatakan sebagai ½ LOD sehingga konsentrasinya menjadi 0,005 mg/kg. Rata-rata konsentrasi migrasi BPA dari seluruh sampel kemasan kaleng sarden yang diuji sebesar 0,021±0,017 mg/kg (Gambar 3).

Konsentrasi migrasi BPA pada kemasan kaleng untuk kornet (simulan etanol 10%) menunjukkan hasil yang keseluruhan sampel tidak terdeteksi (di bawah nilai LOD) (gambar tidak dapat ditampilkan) sehingga untuk perhitungan paparan BPA dapat dinyatakan sebagai ½ LOD atau sebesar 0,005 mg/kg. Penelitian serupa yang dilakukan oleh P. Cao et al., (2021) pada sampel kemasan kaleng yang menggunakan simulan etanol 10% menunjukkan hasil rata-rata sebesar 14-407 µg/kg (0,014 – 0,407 mg/kg) dengan nilai LOD 0,3 – 1,1 µg/kg (0,0003 – 0,0011 mg/kg).



Keterangan: ND = *Not Detected* atau <LOD

**Gambar 3.** Konsentrasi migrasi BPA pada kemasan kaleng untuk sarden

Hasil migrasi yang menunjukkan nilai tidak terdeteksi (*not detected*) dapat dikatakan bahwa residu/ migrasinya terlalu rendah untuk dideteksi oleh instrumen (LOD instrumen sebesar 0,01 mg/kg). Sehingga dalam penghitungan nilai tingkat paparan perlu mempertimbangkan risiko terburuk dari data migrasi tersebut. Menurut U.S. EPA (2000) dan Europe (2007) untuk data migrasi yang menunjukkan hasil tidak terdeteksi dapat dinyatakan sebagai setengah LOD (LOD/2). Limit deteksi (LOD) yang ditetapkan dalam metode HPLC pada laboratorium adalah sebesar 0,01 ppm.

Perbedaan konsentrasi etanol mempengaruhi tingkat polaritasnya, sehingga mengakibatkan perbedaan konsentrasi migrasi BPA. Semakin tinggi konsentrasi etanol, maka kepolarannya akan menurun sehingga mengakibatkan etanol semakin bersifat non-polar (Riwanti *et al.*, 2020). Hal

tersebut mengakibatkan konsentrasi migrasi BPA lebih tinggi pada sampel kemasan kaleng sarden yang menggunakan etanol 20% daripada sampel kemasan kaleng kornet yang menggunakan etanol 10%. Asumsi tersebut didukung oleh penelitian yang dilakukan Stojanović *et al.*, (2020), yang menganalisa kandungan migrasi BPA pada kemasan kaleng dilapisi epoxy resin dengan menggunakan simulan etanol 10% dan etanol 50%. Penelitian tersebut menghasilkan bahwa jumlah migrasi BPA tertinggi ditemukan pada sampel yang menggunakan simulan etanol 50% yaitu sebesar 0,0016 mg/kg dibandingkan etanol 10% sebesar 0,008 mg/kg hal ini disebabkan karena pemanasan pada suhu 60 °C selama 10 hari tidak cukup untuk mengekstrak semua BPA yang menggunakan simulan etanol 10%.

### 3.5 Tingkat paparan migrasi BPA pada kemasan kaleng di Indonesia

Tingkat paparan BPA pada kemasan kaleng sarden dan kornet dihitung sebagai *Estimated Daily Intake* (EDI) dengan menggunakan pendekatan deterministik dan diolah secara statistik. Nilai paparan migrasi BPA rata-rata, maksimum serta P95 untuk *Estimated Daily Intake* (EDI) BPA dari konsumsi sarden dalam kaleng pada seluruh usia masing-masing sebesar 0,028 µg/kgBB/hari; 0,425 µg/kgBB/hari; serta 0,096 µg/kgBB/hari. Responden balita (24-59 bulan) memiliki nilai rata-rata paparan paling tinggi (0,055 µg/kgBB/hari) jika dibandingkan dengan responden lainnya seperti tersaji dalam Tabel 3. Meskipun nilai paparan tersebut masih sangat rendah (di bawah nilai *Tolerable Daily Intake* (TDI) BPA yaitu sebesar 4 µg/kgBB/hari), namun untuk mencegah terjadinya akumulasi paparan pada responden kelompok usia balita adalah dengan mengurangi konsumsi pangan dalam kaleng dalam hal ini adalah sarden dan kaleng.

**Tabel 3.** Paparan migrasi BPA dari kemasan kaleng sarden di Indonesia

Kelompok usia	Paparan migrasi BPA (µg/kgBB/hari)			
	Minimum	Maksimum	Rata-rata ± SD	P-95
24-59 bulan	0,25 × 10 <sup>-2</sup>	0,400	0,055 ± 0,066	0,174
5-12 tahun	0,11 × 10 <sup>-2</sup>	0,425	0,046 ± 0,056	0,159
13-18 tahun	0,11 × 10 <sup>-2</sup>	0,166	0,026 ± 0,029	0,091
19-55 tahun	0,06 × 10 <sup>-2</sup>	0,398	0,022 ± 0,026	0,071
>55 tahun	0,08 × 10 <sup>-2</sup>	0,214	0,025 ± 0,029	0,083
Seluruh usia	0,06 × 10 <sup>-2</sup>	0,425	0,028 ± 0,03	0,096

Nilai paparan migrasi BPA rata-rata, maksimum, serta P95 dari konsumsi kornet dalam kaleng seluruh usia masing-masing sebesar 0,32×10<sup>-2</sup> µg/kgBB/hari; 0,024 µg/kgBB/hari; serta 0,015 µg/kgBB/hari dengan rata-rata paparan paling tinggi terdapat pada anak (5-12 tahun) yaitu sebesar 0,06×10<sup>-2</sup> µg/kgBB/hari (Tabel 4).

**Tabel 4.** Paparan migrasi BPA dari kemasan kaleng kornet di Indonesia

Kelompok usia	Paparan migrasi BPA ( $\mu\text{g}/\text{kgBB}/\text{hari}$ )			
	Minimum	Maksimum	Rata-rata $\pm$ SD	P-95
5-12 tahun	$0,06 \times 10^{-2}$	0,024	$0,06 \times 10^{-2} \pm 0,87 \times 10^{-2}$	0,024
13-18 tahun	$0,02 \times 10^{-2}$	0,012	$0,31 \times 10^{-2} \pm 0,31 \times 10^{-2}$	0,012
19-55 tahun	$0,02 \times 10^{-2}$	0,006	$0,21 \times 10^{-2} \pm 0,14 \times 10^{-2}$	0,004
>55 tahun	$0,06 \times 10^{-2}$	0,015	$0,31 \times 10^{-2} \pm 0,44 \times 10^{-2}$	0,015
Seluruh usia	$0,02 \times 10^{-2}$	0,024	$0,32 \times 10^{-2} \pm 0,46 \times 10^{-2}$	0,015

Berdasarkan hasil tersebut, dapat dilihat bahwa faktor yang menentukan tingkat paparan BPA pada setiap kelompok usia adalah jumlah konsentrasi migrasi BPA yang terkonsumsi akibat dari mengkonsumsi sarden dan kornet dalam kaleng, jumlah konsumsi pangannya serta berat badan pada masing-masing responden pengonsumsi (*eater only*). Oleh karena itu, kelompok balita (24-59 bulan), anak-anak (5-12 tahun) merupakan kelompok konsumen yang lebih tinggi risikonya akibat paparan BPA, karena berat badan pada kelompok usia tersebut lebih rendah dibandingkan dengan kelompok usia lainnya.

Hal tersebut dibuktikan dengan data pada hasil penelitian ini yang menunjukkan bahwa meskipun nilai rata-rata konsumsi sarden lebih tinggi pada kelompok usia dewasa (19-55 tahun) namun, nilai rata-rata paparan BPA tertinggi terdapat pada kelompok usia balita (24-59 bulan) jika dibandingkan dengan kelompok usia lainnya. Sedangkan untuk kemasan kornet, rata-rata tingkat konsumsi tertinggi dan nilai rata-rata paparan BPA tertinggi terdapat pada kelompok usia yang sama yaitu kelompok usia anak (5-12 tahun) jika dibandingkan dengan kelompok usia lainnya. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa faktor nilai berat badan pada kelompok usia balita (24-59 bulan) dan anak (5-12 tahun) yang jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan kelompok usia remaja, dan kelompok usia lainnya menjadi salah satu faktor penentu dalam tinggi atau rendahnya paparan migrasi BPA dari kemasan kaleng sarden dan kornet yang akan terkonsumsi oleh konsumen.

Penelitian serupa yang dilakukan di China terhadap 151 jenis pangan dalam kaleng, yang terdiri dari 27 sampel daging kaleng, dan 26 sampel ikan kaleng, menunjukkan nilai paparan migrasi BPA yang lebih tinggi jika dibandingkan di Indonesia pada kelompok usia anak (2-6 tahun) dan remaja (7-12 tahun) yaitu masing-masing sebesar  $0.0734 \mu\text{g}/\text{kgBB}/\text{hari}$  dan  $0.0518 \mu\text{g}/\text{kgBB}/\text{hari}$  (P. Cao *et al.*, 2021). Berdasarkan hal tersebut dapat dikatakan bahwa semakin bertambah usia konsumen akan terjadi peningkatan berat badan dibandingkan dengan konsumsi makanan sehingga nilai paparannya akan semakin menurun.

### 3.6 Nilai risiko paparan migrasi BPA dari kemasan kaleng di Indonesia

Nilai risiko paparan migrasi BPA akibat kemasan sarden dan kornet dalam kaleng ditentukan dengan membandingkan tingkat paparan dengan nilai *Tolerable Daily Intake* (TDI) BPA yaitu

sebesar 4 µg/kgBB/hari (EFSA, 2015) yang dinyatakan sebagai indeks bahaya dalam bentuk persentase (%) TDI. Perhitungan % TDI dilakukan terhadap nilai EDI BPA pada seluruh responden pengonsumsi sarden dan kornet dalam kaleng.

Persentase nilai risiko paparan BPA dari konsumsi sarden dalam kaleng pada seluruh responden pengonsumsi di Indonesia disajikan pada Tabel 5. Berdasarkan hasil oleh data statistik persentase nilai risiko paparan BPA dari kemasan kaleng sarden dikelompokkan sebagai nilai minimum, maksimum, rata-rata, dan persentil 95 (P95). Pada Tabel 5 terlihat bahwa nilai rata-rata risiko paparan BPA pada seluruh kelompok usia akibat dari mengonsumsi sarden dalam kemasan kaleng masih berada di bawah 100% dari nilai TDI BPA (%TDI < 100) yaitu sebesar 0,699%. Dengan rata-rata nilai risiko dari paparan BPA pada 5 (lima) kelompok usia berkisar antara 0,545 – 1,366% dengan nilai risiko tertinggi terdapat pada kelompok usia balita (24-59 bulan) yaitu sebesar 1,366%. Meskipun nilai paparan tersebut masih sangat rendah, namun untuk kehati-hatian perlu adanya pembatasan konsumsi makanan kaleng bagi konsumen Balita agar tidak terjadi akumulasi paparan BPA pada kesehatan.

**Tabel 5.** Nilai risiko paparan migrasi BPA (persen) dari kemasan kaleng sarden di Indonesia

Kelompok usia	Nilai risiko BPA (%)			
	Minimum	Maksimum	Rata-rata ± SD	P-95
24-59 bulan	0,063	10,000	1,366 ± 1,653	4,358
5-12 tahun	0,026	10,625	1,151 ± 1,409	3,977
13-18 tahun	0,027	4,158	0,658 ± 0,731	2,272
19-55 tahun	0,014	9,995	0,545 ± 0,654	1,771
>55 tahun	0,019	5,345	0,616 ± 0,733	2,087
Seluruh usia	0,014	10,625	0,699 ± 0,932	2,388

Persentase nilai risiko paparan BPA dari konsumsi kornet dalam kaleng pada seluruh responden pengonsumsi di Indonesia disajikan pada Tabel 6. Berdasarkan hasil oleh data statistik persentase nilai risiko paparan BPA dari kemasan kaleng kornet dikelompokkan sebagai nilai minimum, maksimum, rata-rata, dan persentil 95 (P95). Pada Tabel 6 terlihat bahwa nilai rata-rata risiko paparan BPA pada seluruh kelompok usia akibat dari mengonsumsi kornet dalam kemasan kaleng masih berada di bawah 100% dari nilai TDI BPA (%TDI < 100) yaitu sebesar 0,081%. Dengan rata-rata nilai risiko dari paparan BPA pada 4 (empat) kelompok usia berkisar antara 0,053 – 0,166%. Nilai risiko tersebut relatif rendah karena masih berada di bawah 100% TDI BPA namun tetap perlu diperhatikan karena nilai risiko paparan BPA paling tinggi terdapat pada kelompok usia anak (5-12 tahun) dengan nilai rata-rata risiko sebesar 0,166%. Hal ini perlu menjadi perhatian khusus mengingat kelompok usia anak termasuk dalam kelompok usia rentan dan paparan BPA tidak hanya berasal dari produk kornet dalam kaleng saja melainkan dapat berasal dari jenis pangan dalam kaleng lainnya yang dimakan sehari.

Secara keseluruhan, berdasarkan hasil yang diperoleh, nilai paparan risiko migrasi BPA dari konsumsi sarden dan kornet dalam kaleng menunjukkan bahwa tidak terdapat risiko berbahaya dari paparan migrasi BPA terdapat kesehatan konsumen akibat mengkonsumsi produk sarden dan kornet dalam kaleng untuk penduduk di Indonesia.

**Tabel 6.** Nilai risiko paparan migrasi BPA (persen) dari kemasan kaleng kornet di Indonesia

Kelompok usia	Nilai risiko BPA (%)			
	Minimum	Maksimum	Rata-rata $\pm$ SD	P-95
5-12 tahun	0,014	0,601	0,166 $\pm$ 0,217	0,601
13-18 tahun	0,006	0,288	0,077 $\pm$ 0,076	0,288
19-55 tahun	0,005	0,146	0,053 $\pm$ 0,035	0,103
>55 tahun	0,015	0,385	0,078 $\pm$ 0,111	0,385
Seluruh usia	0,005	0,601	0,081 $\pm$ 0,115	0,385

Dari data penelitian ini secara keseluruhan terlihat bahwa, nilai minimum, maksimum, rata-rata, dan persentil 95 (P95) risiko paparan BPA akibat dari mengonsumsi sarden dan kornet pada kelompok seluruh kelompok usia masih sangat rendah, di bawah 100% TDI BPA. Hal tersebut menunjukkan bahwa, nilai risiko paparan BPA pada kemasan kaleng sarden dan kornet melalui konsumsi sarden dan kornet tidak menimbulkan adanya potensi risiko berbahaya terhadap kesehatan konsumen mengonsumsi (*eater only*) untuk populasi di Indonesia.

Berdasarkan proses dan hasil yang diperoleh, penelitian estimasi risiko migrasi BPA dari kemasan logam pangan olahan di Indonesia ini memiliki banyak keterbatasan diantaranya adalah pengujian migrasi BPA tidak dilakukan secara langsung pada media pangan namun masih terbatas menggunakan simulasi pangan yang mewakili karakteristik jenis pangan yang dikemasnya sehingga dimungkinkan belum menggambarkan keadaan migrasi sebenarnya di dalam pangan dan baru berdasarkan skenario terburuk. Hal tersebut dikarenakan pengujian migrasi BPA di dalam media pangan masih cukup sulit dilakukan mengingat kompleksitas dari matriks pangan yang mengakibatkan sulit untuk memisahkan antar matriks penyusun pangan dan metode pengujian yang belum tersedia. Data konsumsi sarden dan kornet dalam kaleng untuk populasi di Indonesia yang digunakan adalah data dari laporan SKMI 2014, sehingga dapat dimungkinkan data tersebut tidak lagi menggambarkan secara tepat pola dan jumlah konsumsi sarden dan kornet dalam kaleng oleh penduduk Indonesia saat ini. Selain itu, perhitungan paparan BPA dilakukan menggunakan pendekatan secara deterministik/ *point of estimate* yang dalam pendekatan tersebut tidak mempertimbangkan faktor variabilitas dan ketidakpastian dari variabel perbedaan asupan pangan antar populasi di Indonesia.

#### 4 Kesimpulan

Sarden dan kornet dalam kaleng merupakan sebagian jenis pangan dalam kaleng yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia yaitu masing-masing sebanyak 870 responden dan 53

responden. Jumlah responden terbanyak yang mengkonsumsi sarden dan kornet dalam kaleng adalah dari kelompok usia dewasa (19-55 tahun) yaitu masing-masing sebesar 58% dan 47%.

Konsentrasi migrasi BPA dari 12 sampel kemasan kaleng untuk sarden yang diuji menggunakan simulan pangan etanol 20% menunjukkan hasil dalam kisaran tidak terdeteksi – 0,050 mg/kg, sedangkan pada 12 sampel kemasan kaleng untuk sarden yang diuji menggunakan simulan pangan etanol 10% menunjukkan hasil yang keseluruhan sampelnya tidak terdeteksi (berada di bawah nilai LOD). Hal tersebut dapat dikatakan bahwa konsentrasi migrasi BPA pada kemasan kaleng masih sangat rendah dan masih berada dibawah batas maksimum BPA sebagai pelapis pada kemasan kaleng yang ditetapkan oleh *European Commission* (EU) yaitu sebesar 0,05 mg/kg.

Paparan BPA dari kemasan kaleng sarden dan kornet tidak melebihi nilai *Tolerable Daily Intake* (TDI) sebesar 4 µg/kgBB/hari pada setiap kelompok usia (balita, anak, remaja, dewasa dan lansia) baik paparan minimum, maksimum, rata-rata, dan persentil 95 (P95). Sedangkan nilai risiko perkiraan asupan harian minimum, maksimum, rata-rata, dan persentil 95 (P95) untuk BPA pada kemasan kaleng sarden dan kaleng kornet dianggap tidak menimbulkan risiko berbahaya terhadap kesehatan manusia karena, semua nilai risiko berada di bawah nilai 100% TDI BPA.

## 5 Daftar Pustaka

- Adeyi, A. A., & Babalola, B. A. (2019). Bisphenol-A (BPA) in Foods commonly consumed in Southwest Nigeria and its Human Health Risk. *Scientific Reports*, 9(1), 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53790-2>
- Brunazzi, G., Parisi, S., & Pereno, A. (2014). *Packaging and Food: A Complex Combination*. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-08452-7\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-08452-7_2)
- Cao, P., Zhong, H. ning, Qiu, K., Li, D., Wu, G., Sui, H. xia, & Song, Y. (2021). Exposure to bisphenol A and its substitutes, bisphenol F and bisphenol S from canned foods and beverages on Chinese market. *Food Control*, 120(July 2020), 107502. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107502>
- Cao, X. L., Perez-Locas, C., Dufresne, G., Clement, G., Popovic, S., Beraldin, F., Dabeka, R. W., & Feeley, M. (2011). Concentrations of bisphenol a in the composite food samples from the 2008 Canadian total diet study in Quebec City and dietary intake estimates. *Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*, 28(6), 791–798. <https://doi.org/10.1080/19440049.2010.513015>
- Choi, S. J., Yun, E. S., Shin, J. M., Kim, Y. S., Lee, J. S., Lee, J. H., Kim, D. G., Oh, Y. H., Jung, K., & Kim, G. H. (2018). Concentrations of bisphenols in canned foods and their risk assessment in Korea. *Journal of Food Protection*, 81(6), 903–916. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-17-447>
- EFSA. (2015). Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of bisphenol A (BPA) in foodstuffs. *EFSA Journal*, 13(1). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.3978>
- Europe, I. (2007). Guidance for Exposure Assessment of Substances Migrating from Food

- Packaging Materials. In *Europe* (Issue March).
- [FAO/WHO] Food and Agriculture Organization/ World Health Organization. (2006). Food safety risk analysis: a guide for national food safety authorities. *FAO Food and Nutrition Paper* 87:1–119
- Hariyadi RD dan Hariyadi P. (2012). Antisipasi terhadap isu-isu baru keamanan pangan. *Pangan*. 21(1):85-100.
- [Kemenkes] Kementerian Kesehatan. (2014). Survei konsumsi makanan individu dalam studi diet total 2014. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Kementerian Kesehatan
- Ma, Y., Liu, H., Wu, J., Yuan, L., Wang, Y., Du, X., Wang, R., Marwa, P. W., Petlulu, P., Chen, X., & Zhang, H. (2019). The adverse health effects of bisphenol A and related toxicity mechanisms. *Environmental Research*, 176(July). <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108575>
- Michałowicz, J. (2014). Bisphenol A - Sources, toxicity and biotransformation. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 37(2), 738–758. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2014.02.003>
- Peter KTO, Nehring U. (2007). *Packaging Material 7. Metal Packaging for Foodstuffs*. [diunduh 2022 Juli 20]. [https://ils.eu/wp-content/uploads/sites/3/2016/06/R2007Pac\\_Mat.pdf](https://ils.eu/wp-content/uploads/sites/3/2016/06/R2007Pac_Mat.pdf)
- Ramadhan AF, Radiati LE, Thohari I. (2005). Tingkat penggunaan ekstrak angkak (*Monascus purpureus*) sebagai curing alternatif dengan metode curing basah terhadap kualitas kornet daging sapi. *J Univ Brawijaya*.1–7.
- Riwanti, P., Izazih, F., & Amaliyah. (2020). Journal of Pharmaceutical Care Anwar Medika Artikel Penelitian Pengaruh Perbedaan Konsentrasi Etanol pada Kadar Flavonoid Total Ekstrak Etanol 50,70 dan 96%. *Journal of Pharmaceutical Care Anwar Medika*, 2(2), 82–95. <https://media.neliti.com/media/publications/335524-pengaruh-perbedaan-konsentrasi-etanol-pa-7ebadd05.pdf>
- Romano, R. J., & Schmidt, D. F. (2013). High Performance Bisphenol A ( BPA )-Free Epoxy Resins. *Technical Report No. 66.*, 66, 18.
- Stojanović, B., Radović, L., Natić, D., Dodevska, M., Vraštanović-Pavičević, G., Balaban, M., Stojanović, Z., & Antić, V. (2020). Migration of bisphenol a into food simulants and meat rations during initial time of storage. *Packaging Technology and Science*, 33(2), 75–82. <https://doi.org/10.1002/pts.2485>.
- Uriarte-Montoya MH, Villalba-Villalba AG, Pacheco-Aguilar R, Ramirez-Suarez JC, Lugo-Sánchez ME, García-Sánchez G, Carvallo-Ruiz MG. (2010). Changes in quality parameters of Monterey sardine (*Sardinops sagax caerulea*) muscle during the canning process. *Food Chem*. 122(3):482–487. DOI:10.1016/j.foodchem.2009.05.071
- U.S. EPA. (2000). *Assigning values to non-detected/non-quantified pesticide residues in human health food exposure assessments*. Available at: <https://archive.epa.gov/pesticides/trac/web/pdf/trac3b012.pdf>. Accessed 12 November 2018. 6047, 1–25. <https://archive.epa.gov/pesticides/trac/web/pdf/trac3b012.pdf>.