

Paparan Boraks pada Produk Makanan Kerupuk di Industri Rumah Tangga (Studi Karakteristik dan Risiko Paparan)

Yenny Ar Tanjung

Program Magister Ilmu Kesehatan Masyarakat, Universitas Jember, Jember, Indonesia;
yenny.artanjung@gmail.com (koresponden)

Sugiyanta

Fakultas Kedokteran, Universitas Jember, Jember, Indonesia; sugiyanta97.fk@unej.ac.id

Nuri

Fakultas Farmasi, Universitas Jember, Jember, Indonesia; nuripgpd29@gmail.com

ABSTRACT

Access to safe food is important for health, but food poisoning remains a major problem. In Indonesia, popular crackers often contain dangerous borax. Although cracker products have been licensed, this does not guarantee safety from hazardous materials such as borax. The purpose of this study was to identify and measure the levels of borax in crackers, calculate the Risk Quotient (RQ) value in cracker products containing borax, and analyze the Excess Cancer Risk (ECR) value in crackers exposed to borax in Jember Regency. This study filled the gap by focusing on the risk of borax exposure in crackers through an environmental health risk analysis method, using a quantitative approach. The study sample consisted of 35 crackers produced by home industries that potentially contain borax. Borax levels were measured using two tests, namely the turmeric test (qualitative) and the photometer (quantitative). Based on the results of qualitative and quantitative tests on cracker samples, it was found that 7 samples contained borax. The RQ value showed that cracker 1 had a value of 2.82 and cracker 2 was 4.26, both exceeding the threshold of 1, so that consumers are at risk of experiencing non-carcinogenic diseases. Meanwhile, the ECR value for cracker 1 was 0.03 and for cracker 2 was 0.04 which exceeds the limit of 0.0001, indicating the potential risk of carcinogenic diseases. Based on the results of the study, it was concluded that there is a potential carcinogenic and non-carcinogenic risk from crackers containing borax.

Keywords: crackers; borax; excess cancer risk; risk quotient

ABSTRAK

Akses makanan aman penting untuk kesehatan, namun keracunan makanan tetap menjadi masalah besar. Di Indonesia, kerupuk yang populer sering mengandung boraks yang berbahaya. Meskipun produk kerupuk telah berizin, namun ini belum menjamin keamanan dari bahan berbahaya seperti boraks. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dan mengukur kadar boraks pada kerupuk, menghitung nilai *Risk Quotient* (RQ) pada produk kerupuk yang mengandung boraks, serta menganalisis nilai *Excess Cancer Risk* (ECR) pada kerupuk yang terpapar boraks di Kabupaten Jember. Penelitian ini mengisi kesenjangan dengan fokus pada risiko paparan boraks pada kerupuk melalui metode analisis risiko kesehatan lingkungan, menggunakan pendekatan kuantitatif. Sampel penelitian terdiri dari kerupuk yang diproduksi oleh industri rumah tangga yang berpotensi mengandung boraks. Kadar boraks diukur menggunakan dua uji, yaitu uji turmeric (kualitatif) dan fotometer (kuantitatif). Berdasarkan hasil uji kualitatif dan kuantitatif terhadap 35 sampel kerupuk, ditemukan bahwa 7 sampel mengandung boraks. Nilai RQ menunjukkan bahwa kerupuk 1 memiliki nilai 2,82 dan kerupuk 2 adalah 4,26, keduanya melebihi ambang batas 1, sehingga konsumen berisiko mengalami penyakit non-karsinogenik. Sementara itu, nilai ECR pada kerupuk 1 adalah 0,03 dan pada kerupuk 2 sebesar 0,04 yang melampaui batas 0,0001, menandakan potensi risiko penyakit karsinogenik. Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa ada potensi risiko karsinogenik dan non-karsinogenik dari kerupuk yang mengandung boraks.

Kata kunci: kerupuk; boraks; excess cancer risk; risk quotient

PENDAHULUAN

Akses terhadap makanan yang aman dan bergizi sangat penting untuk mendukung kelangsung hidup dan kesehatan. Makanan yang terkontaminasi bakteri, virus atau bahan kimia berbahaya dapat memicu lebih dari 200 jenis penyakit, termasuk diare dan kanker. Menurut WHO (2024), sekitar 600 juta orang sakit setiap tahun akibat konsumsi makanan yang tercemar, yang menyebabkan 420.000 kematian dan hilangnya 33 juta tahun masa hidup sehat.⁽¹⁾ Di Indonesia, Nurhayati *et al.* mencatat 6.402 kasus keracunan pada 2023, dengan 1.110 kasus di antaranya disebabkan oleh makanan.⁽²⁾ Selain itu, laporan resmi menunjukkan bahwa pada tahun 2021 ada 5.921 kasus keracunan dari berbagai penyebab, seperti binatang, bahan kimia, dan pestisida, dengan 685 di antaranya disebabkan oleh makanan.⁽²⁾

Kerupuk merupakan makanan favorit masyarakat Indonesia, baik sebagai camilan maupun pelengkap hidangan. Menurut SUSENAS (2022), rata-rata konsumsi kerupuk nasional mencapai 9,62 ons per kapita per tahun.⁽³⁾ Namun, penggunaan boraks dalam produk kerupuk masih sering ditemukan. Penelitian yang dilakukan oleh Muharrami melaporkan indikasi boraks pada 10 jenis kerupuk di berbagai wilayah Kecamatan Kamal.⁽⁴⁾ Temuan serupa ada di Jayapura, Kabupaten Tanggamus, dan Kabupaten Jember.⁽⁵⁻⁷⁾ Penggunaan boraks dapat menimbulkan risiko akumulasi dalam tubuh.

Menurut temuan Unit Pelaksana Teknik Loka Pengawas Obat dan Makanan (UPT Loka POM) Kota Payakumbuh pada tahun 2022, ditemukan dua produk kerupuk asal Puger yang telah mengantongi ijin edar Pangan Industri Rumah Tangga (PIRT) namun terbukti mengandung boraks. Fakta ini mengindikasikan bahwa meskipun produk pangan olahan tersebut telah melalui proses perijinan dan mendapatkan nomor edar PIRT, namun hal ini belum dapat sepenuhnya menjamin keamanan produk bagi konsumen. Dengan kata lain, ijin edar

PIRT belum cukup sebagai jaminan bahwa produk pangan tersebut aman dari bahan berbahaya yang dapat membahayakan kesehatan masyarakat.

Penelitian ini mengisi kesenjangan dengan fokus pada risiko paparan boraks pada kerupuk melalui pendekatan analisis risiko kesehatan lingkungan, menggunakan desain analitik-observasional serta metode kuantitatif. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dan mengukur kadar boraks pada kerupuk, menghitung nilai *Risk Quotient* (RQ) pada produk PIRT kerupuk yang mengandung boraks, serta menganalisis nilai *Excess Cancer Risk* (ECR) pada kerupuk PIRT yang terpapar boraks di Kabupaten Jember.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan analisis risiko kesehatan lingkungan, berupa penelitian analitik observasional. Populasi pada penelitian ini Industri Rumah Tangga Pangan (IRTP) yang terdaftar pada kurun waktu Juli 2018 sampai Juni 2023 di Kabupaten Jember, PIRT kerupuk yang berpotensi mengandung boraks, dan konsumen PIRT kerupuk yang berisiko mengandung boraks. Sampel penelitian terdiri dari sampel IRTP kerupuk, sampel PIRT kerupuk yang berpotensi mengandung boraks, dan sampel konsumen PIRT kerupuk yang berisiko mengandung boraks.

Penelitian ini telah mendapatkan ijin etik (*ethical clearance*) dengan Nomor 2297/UN25.8/KEPK/DL/2023 dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember. Semua prinsip etika penelitian diterapkan secara maksimal oleh peneliti.

Pengujian kandungan boraks dilakukan melalui dua tahapan, yaitu uji kualitatif menggunakan uji tumerik dan uji kuantitatif menggunakan fotometer di Laboratorium Kesehatan Daerah Kabupaten Jember. Kriteria sampel IRTP kerupuk disajikan pada Tabel 1 dan kriteria sampel konsumen PIRT kerupuk disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Kriteria sampel IRTP kerupuk

Inklusi	Eksklusi
a. Kepala keluarga atau anggota keluarga lain b. Bertempat tinggal di wilayah penelitian minimal satu tahun c. Berusia lebih dari 17 tahun d. Masih aktif memproduksi kerupuk yang memiliki ijin edar PIRT e. Bersedia menjadi responden penelitian	a. Individu yang sudah meninggal pada saat atau sebelum penelitian dilakukan oleh peneliti b. Individu dengan data kependudukan yang tak sesuai dengan daerah penelitian atau sudah pindah tempat tinggal dari data yang tersedia c. Individu sudah tidak memproduksi dan memasarkan kerupuk yang berijin edar PIRT.

Tabel 2. Kriteria sampel konsumen kerupuk

Inklusi	Eksklusi
a. Konsumen yang mengonsumsi sampel kerupuk yang mengandung boraks, minimal 1 kali dalam seminggu. b. Bersedia untuk menjadi sampel konsumen	c. Konsumen yang tidak mengonsumsi sampel kerupuk yang mengandung boraks

Perhitungan analisis risiko kesehatan dapat dilakukan melalui empat tahapan, yaitu:

a. Perhitungan nilai *intake*

$$\text{Rumus: } I = \frac{C \times R \times fE \times Dt}{Wb \times t_{avg}}$$

Keterangan:

- I = asupan (*intake*) (mg/kg/hari)
- C = konsentrasi agen risiko (mg/kg)
- R = laju asupan atau konsumsi (g/hari)
- fE = frekuensi paparan (hari/tahun)
- Dt = durasi paparan (tahun)
- Wb = berat badan (kg)
- t_{avg} = Periode rata-rata harian (30 tahun × 365 hari/tahun untuk zat non karsinogenik, 70 tahun × 365/tahun untuk zat karsinogenik)

b. Perhitungan risiko non kanker

$$\text{Rumus: } RQ = \frac{I}{RfD}$$

Keterangan:

- I = *intake* dari hari perhitungan penilaian paparan (mg/kg/hari)
- RfD = dosis atau konsentrasi referensi secara ingesti (mg/kg/hari)

c. Perhitungan risiko kanker

$$\text{Rumus: } ECR = I \times SF$$

Keterangan:

- I = *intake* karsinogenik (mg/kg/hari)
- SF = *Slope factor* (nilai referensi agen risiko dengan edek karsinogenik)

d. Perhitungan batas aman

- 1) Penentuan konsentrasi aman (C) non karsinogenik jalur paparan ingesti

$$C_{nk \text{ aman (ingesti)}} = \frac{RfD \times Wb \times t_{avg}}{R \times fE \times Dt}$$

- 2) Penentuan konsentrasi aman (C) karsinogenik jalur paparan

$$Cnk\ aman\ (ingesti) = \frac{\left(\frac{0,0001}{SF}\right) \times Wb \times 70 \times 365}{R \times fE \times Dt}$$

HASIL

Sampel kerupuk diperoleh dari 15 responden, sementara 3 responden lainnya menyatakan bahwa mereka tidak memiliki stok kerupuk pada saat itu. Pengujian kadar pajanan boraks dilakukan dalam dua tahap. Pada tahap pertama, jika uji kualitatif menunjukkan hasil negatif (-), maka tidak perlu dilanjutkan dengan pemeriksaan menggunakan fotometer. Namun, jika hasilnya positif (+), tahap kedua dilakukan dengan uji kuantitatif menggunakan metode foto meter untuk menentukan kadar boraks. Berdasarkan hasil uji kualitatif dan kuantitatif 35 sampel kerupuk, ditemukan bahwa 7 sampel (20%) mengandung boraks, dengan kadar yang bervariasi antara 115 mg/L hingga 37.100 mg/L, sebagaimana tertera dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji kualitatif dan kuantitatif kerupuk

No	Kode sampel	Hasil uji borax	Kadar boraks (mg/L)	Keterangan
1	1-01	(-)	-	SBMKL Boraks adalah negatif/25 gram Cara membaca kode - Digit 1 menunjukkan nomor urut pelaku usaha IRTP - Digit 2 dan 3 menunjukkan nomor urut sampel kerupuk yang diambil per pelaku usaha IRTP
2	2-01	(-)	-	
3	3-01	(-)	-	
4	4-01	(-)	-	
5	5-01	(-)	-	
6	5-02	(-)	-	
7	6-01	(-)	-	
8	6-02	(-)	-	
9	6-03	(-)	-	
10	6-04	(-)	-	
11	6-05	(-)	-	
12	6-06	(-)	-	
13	6-07	(-)	-	
14	7-01	(-)	-	
15	7-02	(-)	-	
16	7-03	(-)	-	
17	7-04	(-)	-	
18	8-01	(-)	-	
19	8-02	(-)	-	
20	8-03	(-)	-	
21	9-01	(-)	-	
22	10-01	(-)	-	
23	11-01	(+)	37.100	
24	11-02	(-)	-	
25	12-01	(-)	-	
26	13-01	(+)	24.600	
27	14-01	(+)	115	
28	14-02	(+)	810	
29	14-03	(+)	380	
30	14-04	(+)	215	
31	14-05	(-)	-	
32	14-06	(-)	-	
33	14-07	(+)	220	
34	15-01	(-)	-	
35	15-02	(-)	-	

Data konsentrasi kerupuk yang digunakan dalam perhitungan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) berasal dari dua jenis kerupuk yang diproduksi oleh dua IRTP. Kerupuk lainnya tidak disertakan dalam perhitungan karena sulitnya mendapatkan responden. Hal ini disebabkan kerupuk tersebut hanya dijual di beberapa rumah makan tertentu dan hanya diproduksi berdasarkan pesanan. Berdasarkan Tabel 4, kandungan boraks yang ditemukan pada kerupuk PIRT yang diuji adalah sebesar 49,2 mg/g dan 74,2 mg/g.

Tabel 4. Konsentrasi boraks pada PIRT kerupuk

Variabel	Satuan awal (mg/L)	Hasil konversi (mg/g)	Syarat	Keterangan
Kerupuk 1	24.600	49,2	Negatif/25 gram	SBMKL Boraks = negatif/25 gram
Kerupuk 2	37.100	74,2	Negatif/25 gram	

Pola aktivitas responden dianalisis dengan menghitung laju asupan (R), frekuensi pajanan (fE), dan durasi pajanan (Dt). Nilai rata-rata pajanan untuk risiko non-karsinogenik sebesar 10.950 dan untuk karsinogenik sebesar 25.550. Laju asupan dihitung berdasarkan konsumsi kerupuk harian, dengan nilai media 19,55 g/hari (p ≤ 0,05). Frekuensi pajanan, yakni jumlah hari konsumsi terpapar boraks dalam setahun, memiliki median 36,5 hari/tahun. Durasi pajanan, atau lamanya konsumen terpapar boraks, menunjukkan nilai media 11 tahun, dan berat badan responden memiliki media 62,50 kg (p ≤ 0,05). Semua data diuji menggunakan uji kenormalan Kolmogorov-Smirnov (Tabel 5).

Tabel 5. Pola aktivitas responden

Variabel	n	Mean	Median	Standard deviation	Minimum	Maximum	p-value
Laju asupan (R) (g/hari)	40	24,67	19,55	9,64	9,77	48,87	0,000
Frekuensi pajanan (fE) (hari/tahun)	40	38,24	36,50	18,08	12,17	73,00	0,000
Durasi pajanan (tahun)	40	10,13	11,00	3,35	2,00	14,00	0,023
Berat badan (kg)	40	63,30	62,50	12,52	40,00	97,00	0,031

Untuk perhitungan *intake real time*, dalam studi ARKL, analisis pajanan dilakukan dengan menghitung *intake* atau asupan boraks dalam tubuh manusia. Asupan ini mencakup perhitungan untuk boraks yang bersifat non-karsinogenik dan karsinogenik. Perhitungan dilakukan berdasarkan paparan aktual atau durasi konsumsi yang mengandung boraks oleh responden hingga waktu penelitian dilakukan. Setelah dilakukan perhitungan nilai *intake* non-karsinogenik, diperoleh hasil sebagaimana disajikan pada Tabel 6. Kerupuk 1 memiliki nilai *intake* non-karsinogenik yang lebih rendah dibandingkan kerupuk 2, yaitu sebesar 0,56 mg/kg/hari. Meskipun demikian, nilai tersebut masih melebihi nilai Referensi Dosis Harian (RfD) yang ditetapkan, yaitu sebesar 0,2 mg/kg/hari. Berdasarkan Tabel 7, nilai *intake* karsinogenik untuk kerupuk 2 lebih tinggi, yaitu 0,36 mg/kg/hari, dibandingkan dengan kerupuk 1. Meskipun demikian, kedua nilai tersebut masih berada di bawah ambang batas NOAEL (*No Observed Adverse Effect Level*), yaitu kurang 8,8 mg/kg/hari atau kurang dari 0,113 (mg/kg/hari)⁻¹.

Tabel 6. Nilai *intake* non-karsinogenik

Kategori	<i>Intake</i> non-karsinonegik (mg/kg/hari)
Kerupuk 1	0,56
Kerupuk 2	0,85

Tabel 7. Nilai *intake* karsinogenik

Kategori	<i>Intake</i> karsinonegik (mg/kg/hari)
Kerupuk 1	0,24
Kerupuk 2	0,36

Untuk proyeksi *intake* non-karsinogenik 30 tahun mendatang, dalam penelitian ini, selain dihitung pajanan *real time*, *intake* non-karsinogenik juga diproyeksikan untuk periode 30 tahun ke depan. *Intake* non-karsinogenik mengalami peningkatan seiring bertambahnya tahun, yang akhirnya melebihi nilai RfD (Tabel 8). Pada Tabel 9, terlihat adanya peningkatan nilai *intake* karsinogenik dari proyeksi tahun ke-20 hingga tahun ke-70 untuk kedua kerupuk, namun nilai tersebut tetap berada di bawah batas NOAEL.

Tabel 8. Proyeksi *intake* non-karsinogenik 30 tahun mendatang

Proyeksi (tahun)	Kerupuk 1 (mg/kg/hari)	Kerupuk 2 (mg/kg/hari)
20	1,02	1,55
30	1,54	2,32

Tabel 9. Proyeksi *intake* karsinogenik 70 tahun mendatang

Proyeksi (tahun)	Kerupuk 1	Kerupuk 2
	(mg/kg/hari)	
20	0,44	0,66
30	0,66	0,99
40	0,88	1,33
50	1,10	1,66
60	1,32	1,99
70	1,54	2,32

Perhitungan nilai RQ pada PIRT kerupuk yang mengandung boraks dilakukan dengan cara membandingkan nilai *intake* (I) dengan nilai RfD. Berdasarkan Tabel 10, kedua kerupuk dinyatakan tidak aman untuk dikonsumsi karena nilai RQ-nya lebih besar dari 1. Hal ini menunjukkan bahwa populasi berisiko mengalami penyakit non-karsinogenik akibat konsumsi kerupuk tersebut. Perhitungan nilai ECR pada PIRT kerupuk yang mengandung boraks dilakukan dengan cara mengalikan nilai *intake* (I) dengan *Slope Factor* (SF). Karena nilai SF untuk zat kimia boraks tidak tersedia, perhitungan menggunakan dosis eksperimental, yaitu NOAEL, yang sebesar 0,113 (mg/kg/hari)⁻¹. Berdasarkan Tabel 11, ECR terendah ditemukan pada kerupuk 1, yaitu sebesar 0,03, sedangkan pada kerupuk 2 sebesar 0,04. Karena kedua nilai ECR lebih besar dari 0,0001, maka konsumen berisiko terhadap penyakit karsinogenik akibat konsumsi kerupuk tersebut.

Tabel 10. Risiko non kanker (nilai RQ)

	Kerupuk 1	Kerupuk 2	Keterangan
RQ	2,82	4,26	Tidak aman

Tabel 11. Risiko kanker (nilai ECR)

	Kerupuk 1	Kerupuk 2	Keterangan
ECR	0,03	0,04	Tidak aman

Perhitungan batas aman dilakukan sebagai bagian dari langkah manajemen risiko untuk melindungi individu atau populasi yang berisiko terpajan boraks, agar tetap terjadi dari gangguan kesehatan. Hal ini dilakukan dengan cara mengurangi konsentrasi pajanan (C) dan membatasi jumlah konsumsi (R). Berdasarkan Tabel 12, konsentrasi boraks yang aman non-karsinogenik untuk kerupuk adalah 17,44 mg/g. Kerupuk 1 masih aman untuk dikonsumsi selama 11 tahun dengan konsumsi sebanyak 13,86 g per hari (setara dengan 1,41 buah) selama 36,5 hari per tahun oleh seseorang yang memiliki berat badan 62,5 kg. Sementara itu, batas aman konsumsi untuk kerupuk 2 adalah 6,93 g per hari atau 0,71 buah selama 11 tahun bagi orang dengan berat badan 62,5 kg. Konsentrasi aman boraks yang bersifat karsinogenik berdasarkan perhitungan adalah 0,18 mg/g. Pada Tabel 13, kerupuk 1 masih aman untuk dikonsumsi selama 11 tahun dengan konsumsi harian sebesar 0,07 g (setara dengan 0,01 buah) selama 36,5 hari pertahun oleh seseorang dengan berat badan 62,5 kg.

Tabel 12. Hasil perhitungan manajemen risiko konsentrasi aman boraks non-karsinogenik

	Kerupuk 1	Kerupuk 2
Batas konsentrasi aman (C _{nk}) - mg/g	17,44	17,44
Jumlah konsumsi aman (R _{nk}) - g/hari	6,93	4,59

Tabel 13. Hasil perhitungan manajemen risiko konsentrasi aman boraks karsinogenik

	Kerupuk 1	Kerupuk 2
Batas konsentrasi aman (C _{nk}) - mg/g	0,18	0,18
Jumlah konsumsi aman (R _{nk}) - g/hari	0,07	0,05

PEMBAHASAN

Analisis kuantitatif boraks pada kerupuk dilakukan dengan menggunakan fotometer dan menghasilkan konsentrasi 115-37.000 mg/L. Beberapa jenis kerupuk yang terdeteksi mengandung boraks antara lain kerupuk tempe, udang, ikan, dan emping manis.⁽⁸⁻¹¹⁾ Konsentrasi boraks yang ditemukan dalam penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian sebelumnya di Jambi dan Tanggamus, dimana kadar boraks yang ditemukan berkisar 139,23 µg/g hingga 107 µg/g.^(7,12) Pengujian lain juga menunjukkan kadar boraks yang bervariasi seperti

yang dilaporkan oleh Anreny *et al.*, yang mengukur kadar boraks dalam kisaran 6,556 µg/g hingga 908,556 µg/g.⁽⁵⁾

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (Permenkes RI) Nomor 2 Tahun 2023, batas maksimum yang dapat diterima untuk boraks pada pangan olahan siap saji adalah negatif/25 gram, yang berarti boraks tidak diperbolehkan sama sekali dalam makanan. Penggunaan boraks pada makanan, meskipun sering ditemukan dalam beberapa jenis kerupuk, sangat berbahaya bagi kesehatan. Konsumsi boraks dalam jumlah besar dapat menyebabkan keracunan serius, dengan gejala kerusakan organ, seperti gangguan ginjal dan hati. Kerusakan ginjal mencakup perluasan pembuluh darah infiltrasi sel radang, sementara konsumsi boraks secara rutin dapat merusak sel dan fungsi hati.⁽¹³⁾

Boraks dalam makanan juga terkait dengan asupan boron, yang dapat mempengaruhi kesehatan jika tertelan dalam jumlah yang tinggi. Reaksi tubuh terhadap boraks dapat menyebabkan berbagai efek kesehatan negatif, seperti keracunan pada organ tubuh, gangguan hormonal, dan kerusakan sistem pencernaan. Menurut penelitian Igra *et al.*, paparan boron yang tinggi dapat mengganggu perkembangan janin pada wanita hamil, serta tidak ditemukan adanya pengaruh signifikan terhadap kesehatan reproduksi pria.^(14,15) Penelitian yang dilakukan oleh Murray menunjukkan bahwa asupan boron yang dapat diterima adalah 18 mg/hari, dengan rata-rata asupan boron melalui makanan di Amerika Serikat adalah sekitar 1,5 mg/hari.⁽¹⁶⁾ Beberapa studi menunjukkan bahwa asupan boron dalam jumlah kecil dapat mendukung kesehatan, seperti wanita pasca menopause, tetapi konsumsi boron dalam jumlah berlebih tetap berisiko terhadap kesehatan.⁽¹⁷⁾ Oleh karena itu, meskipun ada batas yang dapat diterima untuk boron, tetap penting untuk menghindari paparan boraks pada makanan karena risiko toksisitasnya yang besar bagi tubuh manusia.

Analisis risiko kesehatan bertujuan untuk memperkirakan potensi efek merugikan dari paparan bahan kimia, seperti boraks dalam kerupuk. Jika nilai $RQ > 1$ dan $ECR > 10^{-4}$, maka risiko dinyatakan tidak aman, dan manajemen risiko diperlukan. Dalam penelitian ini, nilai RQ menunjukkan angka lebih dari 1, dan nilai ECR lebih dari $1/10.000$, sehingga kerupuk mengandung boraks dianggap tidak aman untuk dikonsumsi. Manajemen risiko dapat dilakukan dengan menurunkan konsentrasi boraks dan mengurangi jumlah konsumsi kerupuk.⁽¹⁸⁾ Konsentrasi aman boraks pada kerupuk ditemukan sebesar 17,44 mg/g, dengan konsumsi satu buah kerupuk per hari.

Manajemen risiko penting untuk memastikan keamanan pangan dan melibatkan tiga prinsip utama, yaitu penilaian, manajemen, dan komunikasi risiko. Penerapan prinsip-prinsip ini membantu pengembangan kebijakan yang berbasis bukti ilmiah dan efektif dalam melibatkan semua pemangku kepentingan, termasuk industri, pemerintah, dan konsumen.⁽¹⁹⁾ Penggunaan boraks pada makanan harus dikelola dengan hati-hati, dan pemerintah telah menetapkan batas kontaminan boraks melalui Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan (SBMKL) yang menetapkan bahwa boraks dalam makanan tidak diperbolehkan.⁽²⁰⁾

Pengawasan kini lebih berbasis kemandirian industri dengan prioritas hal-hal yang berisiko besar. Pemerintah juga mengawasi keamanan pangan melalui berbagai lembaga seperti kementerian kesehatan, Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM), dan lembaga lainnya, serta memberikan pembinaan kepada pelaku usaha untuk memastikan produk aman.⁽²¹⁾ Pengawasan juga melibatkan masyarakat dan Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM) untuk memastikan produk yang beredar memenuhi standar keselamatan. Untuk menggantikan boraks, beberapa alternatif bahan seperti *sodium tripolyphosphate* (STTP), natrium bikarbonat, air abu merang, dan rumput laut telah diuji coba untuk menghasilkan kerupuk yang disukai konsumen tanpa risiko kesehatan yang berbahaya.^(8,22-27)

Keterbatasan penelitian ini meliputi ketergantungan pada ingatan responden terkait konsumsi kerupuk, yang dapat menyebabkan ketidaktepatan data frekuensi dan laju asupan. Selain itu, jumlah kerupuk yang dikonsumsi tidak selalu konsisten antar individu. Oleh karena itu, disarankan agar pemerintah mengembangkan kebijakan pencegahan yang lebih efektif untuk melindungi masyarakat, semesta masyarakat dapat menggunakan informasi ini untuk menghindari paparan boraks. Penelitian selanjutnya sebaiknya difokuskan pada produksi kerupuk tanpa boraks untuk mengurangi risiko kesehatan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa ada potensi risiko karsinogenik dan non-karsinogenik dari kerupuk yang mengandung boraks.

DAFTAR PUSTAKA

1. WHO. Food Safety. Geneva: World Health Organization; 2024.
2. Yarni L, Nurhayati S, Simanjuntak RUC, Lestari APD, Imanuna M, Anggarini NR. Kajian analisis data kasus keracunan obat dan makanan tahun 2023. Jakarta: Pusat Analisis Kebijakan Obat dan Makanan, Badan Pengawas Obat dan Makanan; 2024.
3. Mas'ud, Wahyuningsih S. Statistik konsumsi pangan tahun 2022. Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Sekretariat Jenderal - Kementerian Pertanian Republik Indonesia; 2022.
4. Muharrami LK. Analisis kualitatif kandungan boraks pada krupuk puli di Kecamatan Kamal. Jurnal Pena Sains. 2015 Oct;2(2):120-4.
5. Anreny F, Simaremare ES, Rusnaeni. Penetapan kadar boraks pada kerupuk olahan di Distrik Heram Kota Jayapura menggunakan spektrofotometer UV-Vis. PHARMACON: Jurnal Ilmiah Farmasi. 2017;6(3):285-90.
6. Moelyaningrum AD. Boric acid and hazard analysis critical control point (HACCP) on kerupuk to improve the Indonesian's traditional foods safety. Jember: Universitas Jember; 2019.
7. Samsuar S, Rokiban A, Suparsi S. Analisis kandungan boraks pada kerupuk nasi yang dijual di pasar tradisional Kabupaten Tanggamus secara spektrofotometri UV-Vis. JFL. 2019 Jan 21;7(2):96-103.

8. Hartati FK. Analisis boraks secara cepat, mudah dan murah pada kerupuk. *Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri*. 2017;2(1):33-7.
9. Azmi AR, Masri M, Rasyid R. Uji kualitatif boraks pada beberapa produk kerupuk ikan yang dijual di Kota Padang tahun 2018. *Jurnal Kesehatan Andalas*. 2018;7(4):521-5.
10. Elvi E, Barutu EK, Restusari L. Identifikasi boraks pada kulit lumpia dan kerupuk nasi yang dijual di pasar tradisional Kota Pekanbaru. *JPK*. 2018 Oct 23;6(1):9-21.
11. Ermawati FU, Prahani BK, Dzulkifli, Yantidewi M, Zainuddin A. The performance of turmeric paper as an indicator of the borax content in crackers. *J Phys: Conf Ser*. 2021 Nov 1;2110(1):012014.
12. Juwita A, Yulianis Y, Sanuddin M. Uji boraks pada beberapa kerupuk mentah dari pasar tradisional Kota Jambi. *J Sains Kes*. 2021 Jun 30;3(3):464-9.
13. Suadnyana INT, Arania R, Alfarisi R. Perbedaan pengaruh pemberian boraks dengan dosis bertingkat terhadap gambaran histopatologi organ ginjal tikus putih jantan (*Rattus norvegicus*) galur Wistar. *Jurnal Ilmu Kedokteran dan Kesehatan*. 2014 Apr;1(2):112-8.
14. Igra AM, Harari F, Lu Y, Casimiro E, Vahter M. Boron exposure through drinking water during pregnancy and birth size. *Environment International*. 2016 Oct;95:54-60.
15. Robbins WA, Xun L, Jia J, Kennedy N, Elashoff DA, Ping L. Chronic boron exposure and human semen parameters. *Reproductive Toxicology*. 2010 Apr;29(2):184-90.
16. Murray FJ. A Human health risk assessment of boron (boric acid and borax) in drinking water. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 1995 Dec;22(3):221-30.
17. Jain R, Tiwari A. Boron: a dietary mineral for human health. *Report*. 2018;8(2):65-70.
18. Akbar BW, Amelia A, Salsabila HS. Inovasi Karak Daun Kelor sebagai Camilan Sehat dan Bergizi. *Jurnal Inovasi Daerah*. 2023;2(1):154-65.
19. Adrai R, Perkasa DH. Penerapan etika bisnis dan tanggung jawab sosial perusahaan dalam international human resources management. *Jurnal Manajemen Dan Bisnis Madani*. 2024 Aug 6;6(2):68-85.
20. Kemenkes RI. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 2 tahun 2023 tentang kesehatan lingkungan. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia; 2023.
21. Lestari TRP. Penyelenggaraan keamanan pangan sebagai salah satu upaya perlindungan hak masyarakat sebagai konsumen. *Aspirasi: Jurnal Masalah-Masalah Sosial*. 2020;11(1):57-72.
22. Nugraha E, Karyantina M, Kurniawati L. Sodium Tripoluphosphate (STTP) sebagai bahan pengganti bleng padat pada pembuatan karak dengan variasi jenis beras. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 2016;1(2):97-106.
23. Isnaini R. Rumput laut sebagai bahan pengental pengganti bleng dalam pembuatan kerupuk karak yang aman bagi kesehatan. *JLS*. 2017 Nov 1;1(1):53-68.
24. Lestari L, Annisa Yasmin, Aji Yudha, Dea Nurita. Edukasi sodium tripoliphosphat sebagai alternatif pengganti boraks pada pembuatan kerupuk Desa Turusgede. *Kreativasi*. 2023 Jun 4;1(4):353-63.
25. Alfatina A, Prayitno SA, Jumadi R. Pengaruh penambahan konsentrasi sodium tripolyphosphate (STPP) pada pembuatan kerupuk ikan payus. *Justi (Jurnal Sistem dan Teknik Industri)*. 2023 Jul 31;3(4):529-37.
26. Nisa FL, Hasanah AL, Marseto M. Rebranding krupuk kedelai Cap Makmur sebagai upaya peningkatan daya jual sekaligus perbaikan gizi masyarakat. *KARYA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 2022 Jun 30;2(1):47-58.
27. HP DS, Wirasti H, Wibowo EA. Analisis kandungan beras analog berbahan dasar umbi gembili (*Dioscorea esculenta*). *ReTII*. 2016.