

Risiko Paparan Formaldehida dari Beberapa Jenis Ikan pada Masyarakat di Kecamatan Dramaga, Bogor, Jawa Barat

Risk of Formaldehyde Exposure from Several Fish Types in Community of Dramaga Subdistrict, Bogor, West Java

Alfin Maulana Wihardi¹⁾, Puspo Edi Giriwono^{2,3)*}, Dias Indrasti^{2,3)}

¹⁾ Program Studi Magister Ilmu Pangan, Sekolah Pascasarjana, IPB University, Bogor

²⁾ Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University, Bogor

³⁾ South-East Asia Food & Agricultural Science and Technology (SEAFAST) Center, IPB University, Bogor

Abstract. Residual formaldehyde compounds may be found in fish either naturally or intentionally added. Exposure of formaldehyde from food can cause damage to the gastrointestinal tract, liver, kidney, and is carcinogenic in humans. This study aims to estimate the risk value of formaldehyde exposure level due to fish consumption in the community population in Dramaga Subdistrict with deterministic approach. Fish consumption data was obtained from a consumption survey using a semi food frequency questionnaire (FFQ). The fish consumption survey was conducted on 505 respondents with an age range of 5-60 years and over. Formaldehyde analysis was conducted on four types of fish that are popular and often consumed by the community, namely salted peda fish, salted anchovy rice fish, salted japuh fish, and fresh anchovy fish. The results showed that formaldehyde levels in four types of fish range from 8.30 – 105.09 mg/kg. The average daily consumption of salted peda, salted anchovy rice, salted japuh, and fresh anchovy was 11.58±8.32; 8.85±4.93; 7.72±4.51; and 9.85±6.45 (g/day). The average daily exposure values of formaldehyde in salted peda, salted anchovy rice, salted japuh, and fresh anchovy were 0.0025; 0.0088; 0.0146; and 0.0014 (mg/kg bw/day). The overall of daily exposure value is still below the maximum oral exposure limit of 0.2 (mg/kg bb/day). The value of exposure risk with hazard quotient (HQ) in four types of fish is 0.007–0.073. The HQ was found to be below 1, indicating risk level of exposure to formaldehyde in the community in Dramaga Subdistrict is still within safe limits.

Keywords: consumption, exposure, fish, formaldehyde, risk

Abstrak. Residu senyawa formaldehida masih dapat ditemukan di dalam ikan baik secara alami atau dengan sengaja ditambahkan. Paparan formaldehida melalui paparan oral dapat menyebabkan kerusakan saluran pencernaan, hati, ginjal, dan karsinogenik pada manusia. Penelitian ini bertujuan untuk memperkirakan nilai risiko tingkat paparan formaldehida akibat konsumsi ikan pada populasi masyarakat di Kecamatan Dramaga dengan metode deterministik. Data konsumsi ikan diperoleh dari survei konsumsi menggunakan kuisioner semi *food frequency questionnaire* (FFQ). Survei konsumsi ikan dilakukan terhadap 505 responden dengan rentang usia 5-60 tahun keatas. Pengujian formaldehida dilakukan pada empat jenis ikan yang digemari dan sering dikonsumsi oleh masyarakat yaitu ikan asin peda (*Rastrelliger kanagurta*), ikan teri asin nasi (*Stolephorus* spp.), ikan asin japuh (*Dussumieria acuta*), dan ikan teri tawar (*Stolephorus indicus*). Hasil penelitian menunjukkan kadar formaldehida dari empat jenis ikan tersebut berkisar antara 8,30–105,09 mg/kg ikan. Nilai rata-rata konsumsi ikan asin peda, ikan teri asin nasi, ikan asin japuh, dan ikan teri tawar adalah 11,58± 8,32; 8,85±4,93; 7,72±4,51; dan 9,85±6,45 g/hari. Nilai rata-rata paparan harian formaldehida pada ikan asin peda, ikan teri asin nasi, ikan asin japuh, dan ikan teri tawar adalah 0,0025; 0,0088; 0,0146; dan 0,0014 mg/kg BB/hari. Nilai paparan harian secara keseluruhan masih di bawah batas paparan oral maksimum yaitu 0,2 mg/kg bb/hari. Nilai risiko dengan *hazard quotient* (HQ) pada empat jenis ikan adalah 0,007–0,073. Nilai HQ tersebut masih di bawah 1 sehingga tingkat risiko paparan formaldehida masyarakat di Kecamatan Dramaga masih dalam batas aman.

Kata kunci: formaldehida, ikan, konsumsi, paparan, risiko

Aplikasi Praktis: Penelitian ini memberikan informasi tentang data konsumsi, kadar formaldehida, dan risiko paparan formaldehida dari konsumsi ikan asin pada masyarakat di Kecamatan Dramaga, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Hasil penelitian menunjukkan risiko paparan formaldehida dari konsumsi ikan asin masih dalam batas aman, meskipun demikian harus diperhatikan karena penggunaan formaldehida dilarang untuk pangan dan nilai residu harus nol (*zero tolerance*) (BPOM RI 2019).

*Korespondensi: pegiriwono@apps.ipb.ac.id

PENDAHULUAN

Senyawa formaldehida adalah senyawa aldehida (CH_2O) yang bersifat reaktif dan dapat berikatan dengan protein membentuk ikatan silang (*cross-linking*) menyebabkan terjadinya degradasi protein (Liu *et al.* 2016). Ikan adalah salah satu pangan yang sering dikonsumsi oleh masyarakat untuk memenuhi kebutuhan zat gizi harian seperti lemak, protein, vitamin, dan mineral (Nurhayati *et al.* 2019). Konsumsi ikan nasional tahun 2011 sebesar 32,25 kg/kapita/hari meningkat pada tahun 2021 menjadi 55,37 kg/kapita/hari (Kementerian Kelautan dan Perikanan 2021).

Proses penanganan ikan di atas kapal oleh nelayan menjadi kendala utama untuk menjaga kualitas ikan dan masih menggunakan es batu untuk penyimpanan suhu rendah (Afiyah *et al.* 2019). Penerapan suhu dan waktu penyimpanan suhu rendah yang belum tepat dapat menyebabkan terbentuknya senyawa formaldehida. Pembentukan senyawa formaldehida alami melalui reaksi enzimatik degradasi senyawa trimetilamina oksida (TMAO) oleh enzim *trimethylamine-N-oxide Demethylase* (TMAOase) (Hoque *et al.* 2018). Enzim TMAOase masih dapat aktif pada suhu di bawah 0°C (Lee dan Park 2016).

Kadar senyawa formaldehida alami pada ikan berkisar 6,4–293 mg/kg (EFSA 2014). Kadar formaldehida akibat penyalahgunaan formalin pada ikan asin di Pasar Madura sebesar 29,10–49,26 mg/kg (Hastuti 2010). Penyalahgunaan dan praktik curang pedagang menggunakan zat formalin pada ikan asin masih di temukan di Pasar Tradisional Ciputat (Surahman *et al.* 2019). Berdasarkan Permenkes RI No. 33 tahun 2012 tentang Bahan Tambahan Pangan telah melarang penggunaan formalin dalam bahan pangan dan nilai residu penambahan harus nol (*zero tolerance*) (Kementrian Kesehatan 2012). Risiko paparan formaldehida akibat konsumsi ikan opah pada kelompok anak-anak di Surabaya melebihi nilai batas aman paparan formaldehida sehingga beresiko memiliki gangguan kesehatan (Putri *et al.* 2018).

Konsumsi makanan yang mengandung formaldehida menyebabkan gangguan sistem saraf, ginjal, hati, asma, kerusakan paru-paru, dan kanker pada manusia (Nowshad *et al.* 2018). Masyarakat Bogor yang sebagian besar adalah suku Sunda dan gemar mengonsumsi ikan asin beresiko terpapar formaldehida. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi risiko paparan formaldehida dari suatu populasi dan penelitian ini di fokuskan pada masyarakat di Kecamatan Dramaga Kabupaten Bogor.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan adalah data konsumsi ikan berdasarkan survei konsumsi masyarakat di Kecamatan Dramaga dan data kadar formaldehida ikan dari hasil uji laboratorium. Bahan kimia untuk analisis formaldehida adalah asam trikloroasetat (TCA) (Merck, USA), kalium

hidroksida (Merck, USA), asam klorida (Merck, USA), dan reagen Nash. Reagen Nash terdiri dari campuran amonium asetat (Merck, USA), asetil aseton (Merck, USA), dan asam asetat (Merck, USA). Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan analitik (Sartorius, Jerman), pH meter (Horiba 1100, Jepang), Spektrofotometer UV-Vis (Hitachi U-2900, Amerika), dan blender mini (Mini food processor, Indonesia).

Survei konsumsi ikan masyarakat di Kecamatan Dramaga

Data konsumsi ikan diperoleh dari survei konsumsi menggunakan kuisioner *food frequency questionnaire* (FFQ) terhadap masyarakat di Kecamatan Dramaga Kabupaten Bogor. Metode FFQ adalah metode pengukuran tingkat konsumsi berdasarkan frekuensi konsumsi pada periode waktu tertentu. Metode ini mampu memberikan informasi pola konsumsi berdasarkan frekuensi konsumsi (Harmouche-Karaki *et al.* 2020). Menurut Badan Pusat Statistik Kabupaten Bogor (2022) jumlah masyarakat di Kecamatan Dramaga tahun 2021/2022 sebesar 111.119 orang. Jumlah responden paling sedikit berdasarkan persamaan Cochran (1991) sebanyak 400 orang (Cochran 1991). Total responden yang diperoleh dalam survei konsumsi sebanyak 505 orang. Berdasarkan hasil survei konsumsi diperoleh data konsumsi ikan, data usia dan berat badan responden. Data usia dikelompokkan menjadi 5 kelompok usia berdasarkan Kementerian Kesehatan RI 2021 yaitu kelompok anak pra sekolah (5–6 tahun) sebanyak 15 orang, kelompok anak-anak (7–15 tahun) sebanyak 83 orang, kelompok dewasa (16–44 tahun) sebanyak 331 orang, kelompok pra usia lanjut (45–59 tahun) sebanyak 50 orang, dan kelompok usia lanjut (60 tahun ke atas) sebanyak 26 orang. Data konsumsi ikan dinyatakan dalam satuan g/orang/hari. Validitas kuisioner konsumsi ikan dilakukan dengan uji Korelasi Pearson (Amanda *et al.* 2019). Uji validitas kuisioner memperoleh nilai $p\text{-value} < 0,05$.

Identifikasi dan pengambilan sampel ikan

Identifikasi dan pengambilan sampel ikan menggunakan metode *purposive sampling* berdasarkan data survei konsumsi. Sampel ikan diambil dari empat jenis ikan mentah atau segar yang paling sering di konsumsi oleh masyarakat yaitu ikan asin peda, ikan teri asin nasi, ikan asin japuh, dan ikan teri tawar. Pengambilan sampel empat jenis ikan dilakukan terhadap pedagang kelontong (kecil) di desa Cikarawang, Ciherang, Dramaga, Sukadama, dan Sukawening. Pemilihan lima desa tersebut karena pedagang warung kelontong melayani kebutuhan konsumsi ikan antar dua desa yang berdekatan. Setiap desa dilakukan pengambilan sampel empat jenis ikan dengan dua kali ulangan selama periode Januari–Maret 2023. Jumlah sampel total ikan yang diperoleh dari empat jenis ikan untuk pengujian senyawa formaldehida sebanyak 40 sampel uji.

Analisis kadar formaldehida pada ikan

Pengujian kadar formaldehida pada sampel ikan dilakukan melalui uji kualitatif dan kuantitatif. Uji kualitatif menggunakan alat tes kit uji residu formalin merk antilin formaldehida (Kementerian Kelautan dan Perikanan) dan hasil positif menunjukkan perubahan warna larutan sampel menjadi warna ungu. Alat tes kit uji residu formalin merk antilin memiliki nilai batas deteksi (*limit of detection*) sebesar 2 mg/kg (Yulianti 2021). Uji kuantitatif dilakukan dengan spektrofotometer UV-Vis (HITACHI U-2900, Amerika) pada panjang gelombang 412 nm (Benjakul *et al.* 2004). Penggunaan reagen Nash selama pengukuran formaldehida untuk membantu deteksi absorbansi karena membentuk senyawa *diacetyl-dihydrolutidine* (DDL) berwarna kuning pada sampel (Nash 1953).

Uji kuantitatif mengacu pada penelitian Benjakul *et al.* (2004) yang diawali dengan menimbang 15 g daging ikan menggunakan timbangan analitik (Sartorius, Jerman), kemudian dihaluskan dengan blender mini (Mini Food Processor, Indonesia) dan ditambahkan larutan TCA 6% sebanyak 30 ml untuk melepaskan formaldehida dari matriks daging ikan. Kemudian larutan sampel disaring dengan kertas saring Whatman No. 1 untuk memperoleh larutan filtrat. Kemudian larutan filtrat diukur nilai pHnya menggunakan pH meter (Horiba 1100, Jepang) agar nilainya berada di dalam rentang 6,00–6,50 dengan menambahkan kalium hidroksida (KOH) 0,1 M atau asam klorida (HCl) 0,1 M. Larutan sampel dipipet sebanyak 5 mL ke dalam 50 mL gelas Erlenmeyer. Selanjutnya, larutan diambil 2 mL larutan dari Erlenmeyer dan ditambahkan 2 mL reagen Nash kemudian dipanaskan dalam bak penangas air selama 30 menit pada suhu 60°C. Absorbansi formaldehida diukur pada panjang gelombang 412 nm dengan spektrofotometer UV-Vis sebanyak dua kali ulangan dan perhitungan kuantifikasi kadar formaldehida dilakukan dengan menggunakan kurva standar larutan formalin. Konsentrasi senyawa formaldehida 0,2; 0,4; 0,8; 1; 4; 8; 16; 30; dan 60 mg/L untuk perhitungan kurva standar formaldehida.

Paparan harian formaldehida pada ikan

Perhitungan nilai paparan formaldehida pada ikan dilakukan menggunakan pendekatan deterministik yaitu nilai paparan suatu bahaya pada tingkat konsumsi rata-rata. Nilai paparan harian formaldehida (mg/kg bb/hari) diperoleh dari nilai konsumsi ikan harian (g/hari) dikalikan dengan kadar formaldehida ikan (mg/kg ikan) dan dibagi dengan berat badan (kg) kelompok usia tertentu (Bhowmik *et al.* 2020).

$$\text{Paparan formaldehida (mg/kg bb/hari)} = \frac{\text{Konsumsi ikan } \left(\frac{\text{g}}{\text{hari}}\right) \times \text{Kadar formaldehida } \left(\frac{\text{mg}}{\text{kg}}\right)}{\text{Berat badan (kg)}} \dots\dots\dots(1)$$

Karakterisasi risiko formaldehida

Karakterisasi risiko paparan formaldehida menggunakan metode *hazard quotient* (HQ). Nilai HQ adalah penilaian risiko paparan oral suatu bahaya kontaminan yang tidak menimbulkan gangguan kesehatan non karsinogenik pada manusia. Perhitungan nilai HQ diperoleh dari nilai paparan harian formaldehida pada ikan dibagi dengan nilai batas aman paparan oral (RfD) maksimum formaldehida sebesar 0,2 mg/kg berat badan/hari dari *United States Environmental Protection Agency* (US EPA) (Kundu *et al.* 2020). Nilai HQ lebih kecil dari 1 menunjukkan nilai risiko bahaya masih aman dan jika nilai HQ sama dengan 1 atau lebih besar 1 menunjukkan nilai risiko bahaya menimbulkan gangguan kesehatan pada manusia (Goumenou dan Tsatsakis 2019).

Analisis data

Analisis dan pengolahan data menggunakan aplikasi Microsoft Excel 2016 dan SPSS Statistic 26. Nilai kadar formaldehida dan nilai paparan harian formaldehida dianalisis menggunakan metode *one way analysis of variance* (ANOVA) dan uji lanjut beda nyata terkecil (Tukey) dan beda nyata jujur (Duncan).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsumsi ikan pada masyarakat di Kecamatan Dramaga

Hasil survei konsumsi ikan di Kecamatan Dramaga memperoleh total 27 jenis ikan yang dikonsumsi oleh masyarakat (Tabel 1). Jenis ikan asin yang sering dikonsumsi terdapat empat jenis ikan yaitu ikan asin peda sebesar 11,58±8,32 g/orang/hari, ikan teri asin nasi sebesar 8,85±4,93 g/orang/hari, ikan asin japuh sebesar 7,72±4,51 g/orang/hari, dan ikan teri tawar sebesar 9,85±6,45 g/orang/hari (Tabel 2). Hasil uji statistik menunjukkan kelompok usia terhadap nilai konsumsi ikan berbeda nyata (*p*<0,05). Berdasarkan hasil uji lanjut (Tukey) terjadi perbedaan konsumsi ikan antara kelompok anak pra sekolah dengan 4 kelompok usia lainnya (*p*<0,05). Uji Tukey dilakukan karena efektif membandingkan variabel kurang dari 3 kelompok. Hal ini karena kelompok usia anak pra sekolah sudah mulai selektif memilih makanan yang ingin dikonsumsi (Pertiwi *et al.* 2021).

Masyarakat di Kecamatan Dramaga, Kabupaten Bogor sebagian besar cenderung menyukai makanan yang asin, umur simpan lama dan harga yang terjangkau menyebabkan empat jenis ikan tersebut sering digunakan sebagai lauk harian oleh masyarakat (Wulandari dan Madanijah 2015). Masyarakat di Kecamatan Dramaga sering membeli ikan dari warung kelontong (kecil) sebanyak 358 orang (71%), warung makan sebanyak 73 orang (14%), pasar tradisional sebanyak 54 orang (11%), dan restoran sebanyak 20 orang (4%) baik dalam bentuk mentah dan matang. Masyarakat cenderung membeli ikan di warung kelontong (kecil) karena jarak yang dekat, jenis ikan yang dijual sama, dan harga yang tidak jauh berbeda dengan pasar tradisional.

Tabel 1. Jenis ikan konsumsi masyarakat di Kecamatan Dramaga

Jenis Ikan	Jumlah Responden	Nilai Rata-rata Konsumsi Ikan Harian (g/orang/hari)
Ikan asin peda	170	11,58±8,32
Ikan teri asin nasi	156	8,85±4,93
Ikan asin japuh	137	7,72±4,51
Ikan teri tawar	108	9,85±6,45
Ikan nila	89	12,75±8,32
Ikan salem pindang	88	13,35±8,09
Ikan lele	72	8,45±6,53
Ikan etem	58	7,59±2,57
Ikan kembung	55	17,31±15,38
Ikan tongkol pindang	53	9,39±7,89
Ikan asin sepat	35	2,67±1,20
Ikan asin tembang	22	1,84±0,96
Ikan teri belah	20	7,15±3,40
Ikan bawal	18	9,90±4,75
Ikan mas	18	7,02±4,04
Ikan mujair	13	6,69±2,67
Ikan asin kipas	9	3,89±3,07
Ikan kakap	8	7,33±1,36
Ikan dori	7	9,92±4,62
Ikan bandeng	6	14,22±7,35
Ikan gurame	5	9,60±2,35
Ikan asin jambal	3	1,63±0,56
Ikan asin selar	3	1,75±0,61
Ikan gulama	1	4,97
Ikan salmon	1	2,05
Ikan patin	1	6,39
Ikan asin cucut	1	0,71

Kadar formaldehida pada beberapa jenis ikan

Pengujian formaldehida dilakukan pada empat jenis ikan yang sering dikonsumsi terhadap 5 pedagang warung kelontong. Hasil uji kualitatif diperoleh 20 sampel ikan positif formaldehida, kemudian sampel ikan yang positif pada uji kualitatif dilanjutkan dengan uji kuantitatif dan memperoleh nilai rata-rata kadar formaldehida pada ikan asin peda sebesar 11,81±5,53 mg/kg, ikan teri asin nasi sebesar 50,43±39,97 mg/kg, ikan asin japuh sebesar 105,09±91,37 mg/kg, dan ikan teri tawar sebesar 8,30±5,37 mg/kg (Tabel 3). Hasil uji statistik asal pedagang pada kadar formaldehida ikan menunjukkan tidak berbeda nyata ($p>0,05$) (Tabel 4). Hal ini diduga pedagang warung kelontong (kecil) mengambil ikan pada pemasok yang sama. Pemasok ikan asin terbesar di daerah Bogor umumnya dari pasar lawang seketeng (Hardjomidjojo dan Nadya 2020).

Hasil uji statistik jenis ikan pada kadar formaldehida menunjukkan ada perbedaan nyata ($p<0,05$) (Tabel 3). Berdasarkan hasil uji lanjut (Duncan) kadar formaldehida ikan asin peda dengan ikan asin japuh dan ikan asin japuh dengan ikan teri tawar berbeda nyata. Uji lanjut Duncan dapat membandingkan variabel yang lebih dari 3 variabel. Senyawa formaldehida pada daging ikan dalam kon-

disi terikat dengan protein ikan (Hoque *et al.* 2018). Bahan baku masing-masing untuk ikan asin peda adalah ikan kembung, dan ikan asin japuh adalah ikan kembung dan ikan sardine. Kadar protein ikan sardine (19,88±0,47%) lebih besar dari ikan kembung (17,70±0,13%) sehingga nilai kadar formaldehida ikan asin japuh lebih tinggi dari ikan asin peda (Rahayu *et al.* 2014; Oujifard *et al.* 2021).

Kadar formaldehida ikan asin japuh dan ikan teri tawar berbeda karena proses pengolahan. Ikan teri tawar melalui proses perebusan menyebabkan residu formaldehida menurun karena larut di dalam air dan terjadi peng-uapan di udara pada suhu 101,1°C (Aminah *et al.* 2013). Kadar formaldehida ikan asin peda dan teri nasi asin pada penelitian ini lebih tinggi dari peneliti Hastuti (2010). Kadar formaldehida ikan asin peda, teri asin nasi, asin japuh, dan teri tawar pada penelitian ini nilainya sebanding dengan penelitian Hoque *et al.* (2018), residu awal formaldehida pada ikan indian major carp rui, *minor carp*, *chinese carp*, dan tilapia sebesar 0,67–1,83 mg/kg meningkat menjadi 5,65–186,82 mg/kg setelah penambahan zat formaldehida pada konsentrasi 0,5-4%. Menurut Jawahar *et al.* (2017), residu awal formaldehida ikan kembung sebesar 1,24±0,02 mg/kg menjadi 7,61–20,7 mg/kg setelah adanya penambahan senyawa formaldehida pada konsentrasi 0,2-1% selama penyimpanan dingin.

Kadar formaldehida alami pada ikan kembung, sardine, ikan teri nasi, dan ikan teri tawar pada kondisi segar secara berurutan sebesar 2,557; 2,946; 0,153; dan 0,2702 mg/kg (Adriyani *et al.* 2019; Aminah *et al.* 2013; Asyfiradayati *et al.* 2018). Kadar formaldehida pada ikan asin peda, teri nasi asin, asin japuh, dan teri tawar pada penelitian ini mengindikasikan adanya penambahan zat formalin selama penyimpanan dan pengolahan ikan. Zat formalin adalah larutan yang mengandung senyawa formaldehida sekitar 37-40% dalam air, penyalahgunaan formalin dapat meninggalkan residu formaldehida pada ikan dan dapat membahayakan kesehatan konsumen jika terkonsumsi. Senyawa formaldehida adalah senyawa aldehida reaktif yang memiliki gugus karbonil dan bersifat elektrofilik sehingga dapat bereaksi senyawa bersifat nukleofilik seperti protein membentuk *N-formylated* atau *Basa Schiff*. Hal ini menyebabkan protein mengalami denaturasi protein sehingga terjadi perubahan konformasi struktur protein dan kehilangan sifat fungsionalnya seperti kehilangan daya tahan air dan kelarutan protein menurun (Liu *et al.* 2016).

Tabel 2. Konsumsi empat jenis ikan masyarakat di Kecamatan Dramaga (n= 505)

Jenis Ikan	Jumlah Responden (Orang)	Konsumsi Ikan Harian berdasarkan Kelompok Usia (g/orang/hari)					Rata-rata	Persentil ke-95
		(5–6 tahun)	(7–15 tahun)	(16–44 tahun)	(45–59 tahun)	(60 tahun ke atas)		
Ikan asin peda	170	1,05±0,00	6,83±6,34	12,03±8,42	13,29±9,65	10,37±0,00	11,58±8,32	31,15
Ikan teri asin nasi	156	4,20±0,00	7,55±2,85	9,17±5,38	7,84±3,34	11,07±5,66	8,84±4,92	16,81
Ikan asin japuh	137	-	6,28±1,40	7,89±4,98	7,72±4,07	757,00±2,80	7,72±4,50	16,03
Ikan teri tawar	108	-	7,22±4,26	9,16±4,68	11,39±7,69	16,44±12,54	9,85±6,44	19,30
Rata-rata		1,31±1,98 ^a	6,97±0,54 ^b	9,56±1,75 ^b	10,06±2,74 ^b	11,36±3,71 ^b	7,85±4,23 ^b	

Keterangan: Huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada taraf signifikansi 5% pada uji lanjut Tukey

Tabel 3. Uji kualitatif dan kuantitatif senyawa formaldehida pada ikan

Jenis Ikan	Total Sampel	Sampel Positif (Kualitatif)	Kadar Formaldehida (mg/kg ikan)
Ikan asin peda	10	4	11,81±5,53 ^a
Ikan teri asin nasi	10	4	50,43±33,97 ^{ab}
Ikan asin japuh	10	6	105,09±91,37 ^b
Ikan teri tawar	10	6	8,30±5,37 ^a

Keterangan: Huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada taraf signifikansi 5% pada uji lanjut Duncan

Tabel 4. Kadar formaldehida berdasarkan asal pedagang

Daerah	Konsentrasi Formaldehida (mg/g ikan)				Nilai Rata-rata
	Ikan Asin Japuh	Ikan Asin Peda	Ikan Teri Asin Nasi	Ikan Teri Tawar	
Cikarawang	0,195±0,034	-	0,022±0,005	0,007±0,001	56,00±93,12 ^a
Ciherang	0,108±0,017	0,008±0,002	-	-	29,00±52,80 ^a
Dramaga	-	0,016±0,001	0,079±0,014	0,013±0,002	27,00±35,36 ^a
Sukawening	0,012±0,007	-	-	0,004±0,0005	0,001±0,01 ^a

Keterangan: Huruf yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan nyata pada taraf signifikansi 5%

Proses penggaraman ikan asin menyebabkan terjadinya peristiwa *salting out*. *Salting out* adalah proses pengendapan protein dengan penambahan garam konsentrasi tinggi sehingga terjadinya interaksi molekul air dengan ion garam menyebabkan penurunan kelarutan protein (Ma *et al.* 2018). Gugus *N-formylated* dapat berikatan dengan protein membentuk ikatan silang (*cross-linking*) melalui jembatan metilen yang bersifat *irreversible* (Lee *et al.* 2016). Hal ini menyebabkan tekstur daging ikan menjadi tegang, kaku, dan lebih keras (Hoque *et al.* 2018). Menurut Permenkes No. 33 tahun 2012 tentang Bahan Tambah Pangan dan Peraturan Badan POM No. 7 tahun 2019 tentang Bahan Baku yang Dilarang dalam Pangan Olahan telah melarang penggunaan formaldehida dalam pangan olahan (BPOM RI 2019; Surahman *et al.* 2019).

Paparan harian formaldehida pada ikan

Paparan formaldehida melalui paparan oral menyebabkan kerusakan saluran pencernaan, ginjal, hati, paru-paru, dan dapat menyebabkan kanker pada manusia (US EPA 2014). Sebaran nilai rata-rata berat badan pada kelompok usia anak pra sekolah, anak-anak, dewasa, pra usia lanjut, dan usia lanjut sebesar 18,67; 32,21; 56,45; 61,96; dan 60,88 kg. Nilai berat badan pada kelompok usia menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$) (Tabel 5). Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan berat badan kelompok anak pra sekolah lebih rendah dari 4 kelompok lainnya disebabkan ukuran sajian porsi konsumsi sehingga nilai berat badan yang diperoleh paling rendah (Rolls 2014).

Nilai rata-rata paparan formaldehida dari ikan asin peda, teri asin nasi, asin japuh, dan teri tawar secara berurutan sebesar 0,0025±0,0018; 0,0088±0,0047; 0,0146±0,0081, dan 0,0014±0,0010 mg/kg bb/hari. Nilai paparan formaldehida persentil ke-95 pada ikan asin peda, teri asin nasi, asin japuh, dan teri tawar sebesar 0,0070; 0,0191; 0,0310; dan 0,0030 mg/kg bb/hari (Tabel 6). Nilai rata-rata dan persentil ke-95 paparan formaldehida dari empat jenis ikan tersebut masih lebih rendah dibandingkan dengan nilai toleransi paparan harian (TDI) dari *World Health Organization* (WHO) sebesar 0,15 mg/kg bb/hari dan nilai paparan oral maksimum (RfD)

dari US EPA sebesar 0,2 mg/kg bb/hari (US EPA 2014; Bhowmik *et al.* 2020).

Nilai rerata paparan formaldehida kelompok usia dewasa pada ikan asin peda, teri nasi asin, asin japuh, dan teri tawar sebesar 0,15; 0,47; 0,84; dan 0,07 mg/hari masih lebih rendah dibandingkan dengan studi nilai paparan formaldehida oleh *World Health Organization* (WHO) sebesar 7,75 mg/hari dengan berat badan 60 kg (Nowshad *et al.* 2018). Nilai paparan formaldehida tertinggi diperoleh dari konsumsi ikan asin japuh pada kelompok usia anak-anak tahun sebesar 0,0185 mg/kg bb/hari. Nilai paparan dari konsumsi ikan asin japuh pada kelompok anak-anak dipengaruhi oleh nilai berat badan dan kadar formaldehida pada ikan asin japuh. Nilai rata-rata dan persentil ke-95 paparan formaldehida dari konsumsi ikan asin peda, teri asin nasi, asin japuh, dan teri tawar masih di bawah nilai paparan oral maksimum (RfD) dari *United States Environmental Protection Agency* (US EPA 2014) sehingga paparan formaldehida masyarakat di Kecamatan Dramaga masih dalam batas aman.

Karakterisasi risiko formaldehida

Penilaian risiko paparan formaldehida dilakukan dengan metode *hazard quotient* (HQ). Nilai batas aman paparan oral yang digunakan sebesar 0,2 mg/kg bb/hari karena diperkirakan kadar formaldehida ikan yang diperoleh dari penelitian ini akibat penambahan zat formaldehida (Kundu *et al.* 2020). Nilai risiko paparan formaldehida yang diperoleh dari konsumsi rata-rata ikan asin peda, teri asin nasi, asin japuh, dan teri tawar pada kelompok usia anak pra sekolah, anak-anak, dewasa, pra usia lanjut, dan usia lanjut adalah 0,0130; 0,044; 0,073; dan 0,007 pada Tabel 7. Nilai HQ pada persentil ke-95 dari konsumsi ikan asin peda, teri asin nasi, asin japuh, dan teri tawar pada kelompok usia anak pra sekolah, anak-anak, dewasa, pra usia lanjut, dan usia lanjut adalah 0,035; 0,095; 0,073; dan 0,015. Nilai HQ pada nilai rata-rata dan persentil ke-95 dari konsumsi empat jenis ikan masih di bawah 1 karena konsumsi ikan masih tergolong rendah sehingga tingkat risiko paparan formaldehida pada masyarakat di Kecamatan Dramaga tergolong masih aman.

Tabel 5. Sebaran berat badan masyarakat di Kecamatan Dramaga (n= 505)

Jenis Kelamin	Jumlah Responden (Orang)	Berat Badan Berdasarkan Kelompok Usia (kg)					Rata-rata
		(5–6 tahun)	(7–15 tahun)	(16–44 tahun)	(45–59 tahun)	(60 tahun ke atas)	
Laki-laki	252	18,50±3,31	32,44±7,38	56,56±11,94	60,90±12,26	62,55±10,67	52,20±15,88
Perempuan	253	19,00±2,74	32,02±9,43	56,35±13,95	62,72±11,17	57,12±7,18	52,04±16,67
Rata-rata		18,67±2,91 ^a	32,21±8,50 ^b	56,45±12,97 ^c	61,96±11,55 ^c	60,88±9,92 ^c	52,12±16,26

Keterangan: Huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada taraf signifikansi 5% pada uji lanjut Duncan

Tabel 6. Nilai paparan harian formaldehida masyarakat di Kecamatan Dramaga (n= 505)

Jenis Ikan	Jumlah Responden (Orang)	Nilai Paparan Formaldehida Ikan Berdasarkan Kelompok Usia (mg/kg bb/hari)					Rata-rata	Persentil ke-95
		(5–6 tahun)	(7–15 tahun)	(16–44 tahun)	(45–59 tahun)	(60 tahun ke atas)		
Ikan asin peda	170	0,0010	0,0025	0,0026	0,0026	0,0021	0,0025	0,0070
Ikan teri asin nasi	156	0,0105	0,0122	0,0083	0,0065	0,0095	0,0088	0,0191
Ikan asin japuh	137	-	0,0185	0,0149	0,0131	0,0129	0,0146	0,0310
Ikan teri tawar	108	-	0,0016	0,0013	0,0013	0,0024	0,0014	0,0030

Tabel 7. Nilai *hazard quotient* pada masyarakat di Kecamatan Dramaga (n= 505)

Jenis Ikan	Jumlah Responden (Orang)	Nilai Hazard Quotient Berdasarkan Kelompok Usia					Rata-rata	Persentil ke-95
		(5–6 tahun)	(7–15 tahun)	(16–44 tahun)	(45–59 tahun)	(60 tahun ke atas)		
Ikan asin peda	170	0,005	0,013	0,013	0,013	0,011	0,013	0,035
Ikan teri asin nasi	156	0,052	0,042	0,043	0,044	0,048	0,044	0,095
Ikan asin japuh	137	-	0,093	0,075	0,066	0,065	0,073	0,073
Ikan teri tawar	108	-	0,008	0,006	0,006	0,012	0,007	0,015

KESIMPULAN

Terdapat 27 jenis ikan konsumsi dan empat jenis ikan yang digemari dan sering dikonsumsi yaitu ikan asin peda sebesar 11,58±8,32 g/orang/hari, ikan teri asin nasi sebesar 8,85±4,93 g/orang/hari, ikan asin japuh sebesar 7,72±4,51 g/orang/hari, dan ikan teri tawar sebesar 9,85±6,45 g/orang/hari. Nilai kadar formaldehida ikan asin peda sebesar 11,81±5,53 mg/kg, ikan teri asin nasi sebesar 50,43±33,97 mg/kg, ikan asin japuh sebesar 105,09±91,37 mg/kg, dan ikan teri tawar sebesar 8,30±5,37 mg/kg. Nilai rata-rata paparan formaldehida dari konsumsi ikan asin peda, teri asin nasi, asin japuh, dan teri tawar adalah 0,0025; 0,0088; 0,0146; dan 0,0014 mg/kg bb/hari. Nilai *hazard quotient* (HQ) dari ikan asin peda, ikan teri asin nasi, ikan asin japuh, dan ikan teri tawar adalah 0,013; 0,044; 0,073; dan 0,007. Nilai HQ secara keseluruhan masih di bawah 1 sehingga tingkat risiko paparan formaldehida masyarakat di Kecamatan Dramaga masih tergolong aman karena tingkat konsumsi ikan asin tergolong rendah.

DAFTAR PUSTAKA

Adriani A, Karim A, Dali S. 2019. Analysis of formaldehyde preservatives in wet anchovy (*Stolephorus* sp.) from traditional markets in Makassar City, South Sulawesi. *J Akta Kim Indones-Indonesia Chimica Acta* 11(1): 1–10. DOI: 10.20956/ica.v11i1.6399.

Afiyah NN, Solihin I, Lubis E. 2019. Pengaruh rantai distribusi dan kualitas ikan tongkol (*Euthynnus* sp.) dari PPP Blanakan selama pendistribusian ke daerah konsumen. *J Soses KP* 14(2): 225–237.

Aminah SA, Zailina H, Fatimah AB. 2013. Health risk assessment of adults consuming commercial fish contaminated with formaldehyde. *Food Public Health* 3(1): 52–58.

Asyfiradayati R, Ningtyas A, Lizansari M, Purwati Y, Winarsih. 2018. Identifikasi kandungan formalin pada bahan pangan (mie basah, bandeng segar dan presto, ikan asin, tahu) di Pasar Gede Kota Surakarta. *J Kesehatan* 11(2): 12–18. DOI: 10.23917/jk.v11i2.7666.

[BPS] Badan Pusat Statistik Kabupaten Bogor. 2022. Kecamatan Dramaga dalam Angka 2022. BPS, Kabupaten Bogor.

Benjakul S, Visessanguan W, Tanaka M. 2004. Induced formation of dimethylamine and formaldehyde by lizardfish (*Saurida micropectoralis*) kidney trimethylamine-N-oxide demethylase. *Food Chem* 84(2): 297–305. DOI: 10.1016/S03088146(03)00214-0.

Bhowmik S, Begum M, Alam AKMN. 2020. Formaldehyde-associated risk assessment of fish sold in local markets of Bangladesh. *Agric Res* 9: 102–108. DOI: 10.1007/s40003-019-00414-w.

[BPOM] Badan Pengawas Obat dan Makanan RI. 2019. Formaldehida dalam Pangan Olahan yang Terbentuk Karena Proses. BPOM RI, Jakarta.

Cochran WG. 1991. Teknik penarikan sampel, Terjemahan: Rudiansyah (Edisi III). 1–488. UI Press, Jakarta. ISBN: 9794560790.

[EFSA] European Food Safety Authority. 2014. Endogenous formaldehyde turnover in humans compared with exogenous contribution from food sources. *EFSA J* 12(2): 3350. DOI: 10.2903/j.efsa.2014.3550.

- Goumenou M, Tsatsakis A. 2019. Proposing new approaches for the risk characterisation of single chemicals and chemical mixtures: The source related Hazard Quotient (HQ_s) and Hazard Index (HI_s) and the adversity specific Hazard Index (HI_A). *Toxicol Rep* 6: 632–636. DOI: 10.1016/j.toxrep.2019.06.010.
- Hardjomidjojo H, Nadya C. 2020. Evaluation of salted fish supply chain policy at pasar Lawang Seketeng Bogor. *IOP Conf Ser: Earth Environ Sci* 472: 012062. DOI: 10.1088/1755-1315/472/1/012062.
- Harmouche-Karaki M, Mahfouz M, Obeyd J, Salameh P, Mahfouz Y, Helou K. 2020. Development and validation of a quantitative food frequency questionnaire to assess dietary intake among Lebanese adults. *Nutr J* 19: 65. DOI: 10.1186/s12937-020-00581-5.
- Hastuti S. 2010. Analisis kualitatif dan kuantitatif formaldehid pada ikan asin di Madura. *Agrointek* 4(2): 132–137.
- Hoque MS, Jacxsens L, Rahman MB, Nowsad AAKM, Azad SMO, De Meulenaer B, Lachat C, Rahman M. 2018. Evaluation of artificially contaminated fish with formaldehyde under laboratory conditions and exposure assessment in fresh-water fish in Southern Bangladesh. *Chemosphere* 195: 702–712. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2017.12.111.
- Jawahar LS, John C, Shafeekh M, Anupama TK, Sankar TV. 2017. Retention of residual formaldehyde in treated Indian mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) under iced storage and related food safety concern. *Indian J Fish* 64(4): 87–93. DOI: 10.21077/ijf.2017.64.4.61228-12.
- [KKP] Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2021. Data Konsumsi Ikan Nasional [Internet]. <https://statistik.kkp.go.id/home.php?m=aki&i=209#panel-footer>.
- [Kemenkes] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2012. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 033 Tentang Bahan Tambahan Pangan. Kemenkes RI, Jakarta.
- [Kemenkes] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2021. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor Hk.01.07/Menkes/4642/2021 Tentang Penyelenggaraan Laboratorium Pemeriksaan Coronavirus Disease 2019 (Covid-19). Kemenkes RI, Jakarta.
- Kundu A, Dey P, Bera R, Sarkar R, Kim B, Kacew S, Lee BM, Karmakar S, Kim HS. 2020. Adverse health risk from prolonged consumption of formaldehyde-preserved carps in eastern region of Indian population. *Environ Sci Pollut Res* 27: 16415–16425. DOI: 10.1007/s11356-020-07993-0.
- Lee J, Fong Q, Park JW. 2016. Effect of pre-freezing treatments on the quality of Alaska pollock fillets subjected to freezing/thawing. *Food Biosci* 16: 50–55. DOI: 10.1016/j.fbio.2016.09.003.
- Lee J, Park JW. 2016. Pacific whiting frozen fillets as affected by postharvest processing and storage conditions. *Food Chem* 201: 177–184. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.01.083.
- Liu J, Chan KJ, Chan W. 2016. Identification of protein thiazolidination as a novel molecular signature for oxidative stress and formaldehyde exposure. *Chem Res Toxicol* 29(11): 1865–1871. DOI: 10.1021/acs.chemrestox.6b00271.
- Ma W, Hu Y, Wang H, Zhao D. 2018. The effects of typical salts, acids and ionic liquids on the solubility of formaldehyde in aqueous solutions. *Fluid Phase Equilib* 460: 51–56. DOI: 10.1016/j.fluid.2017.12.019.
- Nash T. 1953. The colorimetric estimation of formaldehyde by means of the Hantzsch reaction. *Biochem J* 55(3): 416–421. DOI: 10.1042/bj0550416.
- Nowshad F, Islam MN, Khan MS. 2018. Concentration and formation behavior of naturally occurring formaldehyde in foods. *Agric Food Secur* 7: 17. DOI: 10.1186/s40066-018-0166-4.
- Nurhayati T, Abdullah A, Sari SN. 2019. Penentuan formaldehid ikan beloso (*Saurida tumbil*) selama penyimpanan beku. *JPHPI–J Pengolahan Hasil Perikanan Indones* 22(2): 236–245. DOI: 10.17844/jphpi.v22i2.27669.
- Oujifard A, Benjakul S, Nirmal NP, Bashirzadeh S. 2021. Chemical, nutritional, microbial, and sensory characteristic of fish sauce *suragh* from Hormozgan, Iran. *J Aquat Food Prod Technol* 30(2): 140–150. DOI: 10.1080/10498850.2020.1866727.
- Pertiwi DRC, Wittiarika ID, Atika A, Anis W. 2021. Factors related to nutritional status in pre-school children. *Indones Midwifery Health Sci J* 4(4): 332–343. DOI: 10.20473/imhsj.v4i4.2020.332-343.
- Putri AK, Anissah U, Ariyani F, Wibowo S. 2018. Probabilistic health risk assesment due to natural formaldehyde intake through opah fish (*Lampris guttatus*) consumption in Indonesia. *Squalen Bull Mar Fish Postharvest Biotech* 13(2): 69–78. DOI: 10.15578/squalen.v13i2.354.
- Rahayu SM, Suseno SH, Ibrahim B. 2014. Proximate, latty acid profile and heavy metal content of selected by-catch fish species from Muara Angke, Indonesia. *Pakistan J Nutr* 13(8): 480–485. DOI: 10.3923/pjn.2014.480.485.
- Rolls BJ. 2014. What is the role of portion control in weight management. *Int J Obes* 38: S1–S8. DOI: 10.1038/ijo.2014.82.
- Surahman ZM, Hanningtyas I, Aristi D, Cahyaningrum F, Laelasari E. 2019. Factors related to the presence of formaldehyde in the salted fish trade in Ciputat, Indonesia. *Mal J Med Health Sci* 15(3): 89–94.

[US EPA] United States Environmental Protection Agency. 2014. Formaldehyde CASRN 50-00-0|DTXSID7020637. https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicallanding.cfm?substance_nmbr=419.

Wulandari RA, Madanijah S. 2015. Gaya hidup, konsumsi pangan, dan hubungannya dengan tekanan darah pada lansia anggota posbindu. *J Gizi Pangan* 10(2): 125–132.

Yulianti CH. 2021. Perbandingan uji deteksi formalin pada makanan menggunakan pereaksi antilin dan rapid tes kit formalin (*Labstest*). *J Pharm Sci* 6(1): 53–58. DOI: 10.53342/pharmasci.v6i1.205.

JMP-03-23-06-Naskah diterima untuk ditelaah pada 4 Juli 2023. Revisi makalah disetujui untuk dipublikasi pada 31 Agustus 2023. Versi Online: <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jmpi>