



Kadar Formalin pada Ikan dan Seafood Asin dari Pasar Tradisional

Irwan Ramadhan Ritonga^{1*}, Irma Suryana², Mohammad Sumiran Paputungan³,
Mohammad Tri Arwadi⁴ 

^{1,2,3,4} Universitas Mulawarman, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received December 25, 2023

Accepted April 03, 2024

Available online April 25, 2024

Kata Kunci:

Ikan, Formalin, Konsumsi, Responden, Tubuh manusia.

Keywords:

Fish, Formaldehyde, Consumption, Respondents, Human body.



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Copyright © 2024 by Author. Published by Universitas Pendidikan Ganesha.

ABSTRAK

Penggunaan formalin (FA) sebagai pengawet pada ikan dan seafood asin yang dijual di beberapa pasar tradisional di Kota Samarinda telah menjadi isu kesehatan masyarakat. Namun, informasi tentang kandungan dan penilaian resiko dari FA pada ikan dan seafood asin belum jelas. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi dan menganalisis paparan formalin (FA) yang terdapat pada ikan dan seafood asin. Metode penelitian yang dilakukan adalah uji kuantitatif. Subjek dari penelitian ini adalah 148 sampel yang terdiri dari ikan (12 spesies) dan seafood (4 spesies) asin yang dibeli dan dikumpulkan dari beberapa pasar tradisional. Kandungan FA pada sampel ikan dan seafood asin ditentukan dengan menggunakan Spektrofotometer Spectroquant Prove 100 VIS pada absorbansi 628 nm. Semua data hasil analisis diolah menggunakan Microsoft Office Excel 2010 dan dijelaskan secara deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar FA pada ikan dan seafood asin berkisar 0,21 - 21,1 mg/kg dengan rerata $2,77 \pm 4,39$ mg/kg. Nilai estimasi asupan harian (EDI) berkisar 0,09 - 3,64 $\mu\text{g}/\text{kg}$ berat badan perhari. Nilai target bahaya (HQ) kurang dari satu. Nilai resiko kanker (CR) menunjukkan bahwa konsumen laki-laki, perempuan dan anak-anak beresiko kanker melalui konsumsi ikan asin dan seafood. Kesimpulan dari penelitian ini adalah Para konsumen di Kota Samarinda harus berhati-hati dalam memilih dan mengkonsumsi ikan dan seafood asin yang diperjualbelikan di pasar tradisional Kota Samarinda. Implikasi dari penelitian ini adalah pentingnya pemantauan dan pengawasan yang ketat terhadap penggunaan formalin sebagai pengawet pada ikan dan seafood asin yang dijual di pasar tradisional.

ABSTRACT

The use of formalin (FA) as a preservative in salted fish and seafood sold in several traditional markets in Samarinda City has become a public health issue. However, information on the content and risk assessment of FA in salted fish and seafood is unclear. This study aims to detect and analyze exposure to formalin (FA) found in salted fish and seafood. The research method carried out is a quantitative test. The subjects of this study were 148 samples consisting of salted fish (12 species) and seafood (4 species) purchased and collected from several traditional markets. FA content in salted fish and seafood samples was determined using the Spectroquant Prove 100 VIS Spectrophotometer at 628 nm absorbance. All data from the analysis is processed using Microsoft Office Excel 2010 and explained descriptively. The results showed that FA levels in salted fish and seafood ranged from 0.21 - 21.1 mg / kg with an average of 2.77 ± 4.39 mg / kg. The estimated daily intake value (EDI) ranges from 0.09 - 3.64 $\mu\text{g}/\text{kg}$ body weight per day. The hazard target value (HQ) is less than one. Cancer risk scores (CR) indicate that male, female and child consumers are at risk of cancer through the consumption of salted fish and seafood. The conclusion of this study is that consumers in Samarinda City must be careful in choosing and consuming salted fish and seafood traded in the traditional market of Samarinda City. The implication of this study is the importance of close monitoring and supervision of the use of formalin as a preservative in salted fish and seafood sold in traditional markets.

1. PENDAHULUAN

Ikan merupakan salah satu hewan yang dikonsumsi oleh manusia sejak zaman prasejarah. Ikan dapat berkontribusi terhadap pemenuhan nutrisi manusia serta dampak positifnya terhadap kesehatan. Karenanya, ikan merupakan salah satu komoditi pangan yang banyak diperdagangkan baik di negara maju maupun berkembang (Asche et al., 2015; Bellmann et al., 2016). Di negara berkembang, terutama yang tinggal di dekat perairan pesisir dan daratan, ikan merupakan sumber makanan hewani yang dominan bagi masyarakat. Hal ini bisa dibuktikan bahwa sekitar 35% konsumsi protein harian berasal dari ikan, khususnya di Indonesia (Graham et al., 2017; Kobayashi et al., 2015). Salah satu jenis lauk yang digemari oleh masyarakat di Indonesia adalah ikan asin. Terdapat beberapa sumber nutrisi pada ikan asin yang bermanfaat bagi tubuh manusia seperti protein, asam amino, lemak, karbohidrat, abu, dan

*Corresponding author.

E-mail addresses: ritonga_irwan@fpik.unmul.ac.id (Irwan Ramadhan Ritonga)

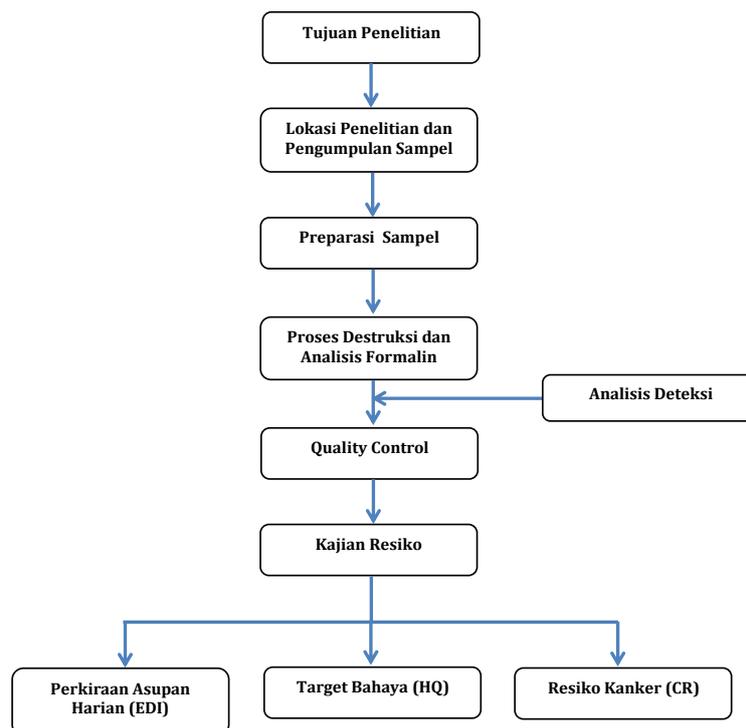
mineral (Farid et al., 2015; Rasul et al., 2021; Wijayanti & Lukitasari, 2016). Disisi lain, beberapa jenis ikan dan berbagai hasil olahan masakan *seafood* juga telah terdeteksi mengandung kadar formalin (FA). Sebagai contoh, beberapa olahan ikan goreng ($1,69 \pm 0,59$ mg/kg), direbus ($0,98 \pm 0,35$ mg/kg), dimasak ($1,49 \pm 0,55$ mg/kg), air rebusan ikan ($1,07 \pm 0,37$ mg/kg) dan kuah dari ikan ($1,54 \pm 0,58$ mg/kg) telah mengandung FA (Bhowmik et al., 2020; Hoque et al., 2018). Kemudian, beberapa *seafood* juga mengandung paparan FA seperti cumi-cumi (42,1 mg/kg), lizardfish (164 mg/kg), kerang (48 mg/kg), kerang (120 mg/kg) dan udang (294 mg/kg) (Adisasmita et al., 2017; Suwanaruang, 2018). Fenomena ini terjadi tidak lepas dari tingginya permintaan ikan asin di Indonesia, yakni 8,96 miliar kg dari Januari hingga November 2021. Selain itu, dikarenakan proses pengawetan ikan membutuhkan waktu yang lama, beberapa produsen dan pedagang ikan melakukan kecurangan dengan menambahkan bahan berbahaya bagi tubuh manusia, seperti formalin (Adisasmita et al., 2017; Purba et al., 2017).

Formalin (FA) merupakan salah satu cairan kimia yang berbahaya terhadap tubuh manusia. Jika kandungan FA pada makanan tersebut masuk dan terserap tubuh, dikhawatirkan dapat mengakibatkan berbagai masalah kesehatan seperti kanker, leuкеemia, genotoksisitas, gangguan pernapasan, iritasi mata, sakit kepala, kantuk, penyakit sistem saluran kemih dan alzheimer (Kang et al., 2021; Purba et al., 2017; Tong et al., 2017; Zain et al., 2019). Menurut Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat, resiko mengonsumsi ikan yang terkontaminasi FA pada manusia bergantung pada intensitas, durasi waktu, dan frekuensi (seberapa banyak dan seberapa sering). Selain itu, berat badan, usia, dan jenis kelamin juga diketahui sebagai faktor yang mempengaruhi kesehatan konsumen akibat ikan yang telah terkontaminasi FA (Haddad et al., 2019; Phillips, L. J. & Moya, 2014). Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan untuk mengurangi risiko akibat paparan formaldehida (FA) pada tubuh manusia adalah dengan memahami dan mematuhi standar mutu FA dalam ikan konsumsi yang berlaku untuk memastikan keamanannya. Contohnya, di Malaysia, terdapat Undang-Undang dan Peraturan Pangan yang mengatur batas maksimum FA dalam ikan sebesar 5 µg/kg. Novelty dari penelitian ini terletak pada pendekatan yang komprehensif dalam mendeteksi dan menganalisis kandungan formaldehida (FA) secara kuantitatif pada ikan dan seafood asin yang dijual di pasar tradisional Kota Samarinda. Tiga tahun terakhir dipublikasikan terkait penelitian FA pada ikan asin dan seafood asin di beberapa negara Asia seperti Bangladesh, Korea Selatan dan Indonesia (Bhowmik et al., 2020; Farid et al., 2015; Ritonga et al., 2022; Safrida et al., 2020; Yoo et al., 2020). Namun di Indonesia, khususnya di kota Samarinda, Kalimantan Timur, proses pengawasan dan penggunaan FA di kalangan industri perikanan, nelayan, distributor dan pedagang ikan masih belum dilakukan secara optimal. Sebagai contoh, Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM), pemerintah kota Samarinda dan Komisi II DPRD kota Samarinda telah melakukan sidak bersama terhadap ikan yang berpengawet di beberapa pasar tradisional Samarinda tahun 2023. Berdasarkan hasil pemantauan, terdapat beberapa ikan kering dan asin yang diduga mengandung bahan pengawet, seperti ikan teri medan dan cumi – cumi. Tidak ada informasi yang lebih detail apakah ikan yang berpengawet tersebut mengandung FA dan berapa nilai kandungannya. Padahal penelitian pendahuluan telah terkonfirmasi bahwa beberapa ikan dan seafood asin yang diperjualbelikan di beberapa pasar tradisional di kota Samarinda terdeteksi mengandung FA. Akan tetapi, penelitian tersebut hanya dilakukan secara kualitatif tanpa melakukan analisis kuantitatif untuk mengetahui nilai kandungan FA dan kajian risikonya terhadap para konsumen (Ritonga et al., 2022; Simanjuntak & Silalahi, 2022). Salah satu pendekatan yang perlu dilakukan untuk mengetahui potensi resiko bagi kesehatan manusia dari konsumsi ikan dan seafood asin tersebut adalah melakukan investigasi kajian resiko seperti nilai asupan harian (EDI), nilai target bahaya (HQ) dan resiko kanker (CR) menurut *United States Environmental Protection Agency* (Gandhi et al., 2017; Johnson, A. C. & Sumpter, 2016). Oleh karena itu, dilakukanlah penelitian ini agar dapat mendeteksi dan menganalisis kandungan FA pada ikan dan seafood asin dari beberapa pasar tradisional di Kota Samarinda, serta menilai resiko kesehatan akibat paparan FA pada manusia. Dari hasil penelitian yang dilakukan, diharapkan dapat diperoleh informasi yang akurat mengenai kandungan FA dalam ikan dan seafood asin di pasar tradisional Kota Samarinda. Selain itu, diharapkan hasil analisis kuantitatif tersebut dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai potensi risiko kesehatan yang mungkin timbul akibat konsumsi ikan dan seafood asin yang mengandung FA.

2. METODE

Gambaran skema jenis dan desain penelitian yang telah disajikan pada Gambar 1 dimulai dari tujuan, lokasi penelitian dan pengumpulan sampel, persiapan sampel, proses destruksi dan analisis formalin, *quality control*, hingga penilaian risiko. Sebagai penekanan, jenis penelitian ini adalah kuantitatif yang dirancang untuk mendeteksi dan menganalisis kandungan FA yang diduga terkandung pada ikan dan seafood asin. Selain itu, dilakukan juga investigasi sejauh mana resiko kesehatan yang mungkin dapat

terjadi jika ikan dan *seafood* tersebut dikonsumsi oleh konsumen (laki-laki, perempuan dan anak-anak) di Kota Samarinda.



Gambar 1. Desain Penelitian

Beberapa *reagent* dan bahan kimia yang digunakan di penelitian ini adalah *formaldehyde test* (Nomor 114678) dari *Sigma-Aldrich, Germany*. Selain itu, ada juga larutan stok FA (37%) dari *Sigma-Aldrich, Germany*. Kemudian, larutan stok tersebut diencerkan dengan *aquadest* untuk mendapatkan larutan standar 0,2, 0,4, 0,8 dan 1,2 mg/L. Beberapa instrumen yang digunakan di penelitian ini adalah *Adventurer Analytical AX224 (Ohaus group)*, *hot plate magnetic stirrer mixer 12 x 12cm, 220V, vortex mixer*, *Spektrofotometer Spectroquant Prove 100 VIS (Millipore Sigma Corporation)*. Lokasi penelitian dilakukan di beberapa pasar tradisional yang memperjualbelikan ikan dan *seafood* asin di Kota Samarinda. Proses pengumpulan data dilakukan dengan cara melakukan observasi awal di beberapa pasar tradisional yang menjual ikan dan *seafood* asin diduga mengandung FA. Terdapat 148 total sampel yang terdiri dari ikan asin (12 spesies) dan *seafood* (4 spesies) dibeli dan dikumpulkan dari beberapa pasar tradisional di Kota Samarinda, pada September 2022. Semua sampel dikumpulkan dan dibawa ke laboratorium untuk dianalisis lebih lanjut. Di laboratorium, nama lokal, umum, dan ilmiah ikan dan *seafood* ditentukan berdasarkan buku identifikasi ikan. Berbagai sampel ikan dan *seafood* seperti tembang, layang, kaca-kaca, pepetek, kepala batu, pedak, simbula, haruan laut, tenggiri, baronang, hiu cucut, bulu ayam, udang papay, baby cumi, cumi-cumi, dan udang ebi disajikan pada Tabel 1. Sebagian besar ikan di penelitian dipilih berdasarkan potensi tingkat konsumsi yang tinggi di Kota Samarinda. Sebelum dianalisis, daging ikan dipotong dari sirip punggung hingga sirip ekor dengan menggunakan pisau *stainless*, kemudian dagingnya diambil. Sedangkan pada *seafood*, semua dagingnya diambil langsung dan dicacah di *laminar flow cabinet*. Masing-masing sampel daging dimasukkan ke dalam plastik *zip-lock* yang telah diberi label atau kode sebelumnya. Kemudian, semua sampel dimasukkan dan disimpan dalam lemari pendingin (*freezer*) pada suhu -20°C. Terakhir, analisis FA dilakukan di Laboratorium Kualitas Air, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Mulawarman, Indonesia.

Proses destruksi dan penentuan kadar FA pada ikan dan *seafood* asin mengikuti metode yang dilakukan oleh penelitian terdahulu yang telah dimodifikasi (Kandi & Charles, 2019; Pořízka et al., 2017). Sekitar ±1,00 g sampel ikan dan *seafood* ditimbang dengan menggunakan *Adventurer Analytical AX224* ke dalam tabung reaksi. Kemudian, semua sampel dihomogenisasi dengan 15 ml *aquadest* yang dipanaskan sebelumnya menggunakan *hot-plate and magnetic stirrer*. Larutan hasil ekstraksi disaring dengan menggunakan kertas *Whatman no. 1 (0,15 µm)*, kemudian didiamkan selama ± 15 menit. Sebanyak 3 ml larutan hasil saringan ditambahkan 4,5 ml HCHO-1 dan 1 level sendok mikro hijau HCHO-2 dari alat uji FA, dan disimpan selama ± 20 menit pada suhu ruang. Setiap larutan sampel dikocok dengan *vortex mixer* hingga larutan menjadi homogen. Kemudian, satu persatu larutan sampel dimasukkan ke dalam *cuvet*.

Terakhir, deteksi kandungan FA pada masing – masing larutan sampel ditentukan secara kuantitatif dengan menggunakan *Spektrofotometer Spectroquant Prove 100 VIS* pada absorbansi 628 nm. Di penelitian ini, larutan blanko dibuat dengan mengganti ekstrak ikan dengan *aquadest* dan memperlakukannya sama dengan sampel untuk meminimalkan kesalahan pada saat destruksi dan analisis FA. Kurva standar yang digunakan di penelitian ini berkisar 0 hingga 1,2 mg/l dari larutan stok formaldehida (37%) dengan kuadrat determinasi (R^2) sebesar 99%. Kemudian, masing – masing larutan sampel dianalisis secara *duplicate* dan kadar FA dilaporkan sebagai mg/kg berat basah.

Quality control yang digunakan di penelitian ini menggunakan metode *spike* dengan menggunakan larutan FA standar (37%). Hal ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan (*recovery*) dan keandalan metode yang digunakan. Berdasarkan hasil analisis, ditemukan bahwa nilai *recovery* FA dalam penelitian ini adalah 94,2%. Hasil ini menunjukkan bahwa metode yang digunakan untuk analisis FA dalam penelitian ini akurat dan dapat diterima. Selain itu, persen standar deviasi relatif (% RSD) ditentukan dengan menggunakan 10% dari total sampel. Hasilnya menunjukkan bahwa nilai persen RSD kurang dari 10%. Karena ikan dan *seafood* merupakan salah satu sumber protein terpenting di Asia Tenggara, maka perkiraan konsumsi harian dari paparan FA dari ikan dapat menimbulkan resiko yang penting bagi tubuh manusia. Oleh karena itu, penilaian bahaya kesehatan manusia dari ikan dan *seafood* asin yang terkontaminasi FA diperlukan untuk mengetahui jumlah ikan dan *seafood* yang tertelan. Estimasi asupan harian (EDI) nilai FA dihitung dengan persamaan (Gandhi et al., 2017; Johnson, A. C. & Sumpter, 2016):

$$EDI = \frac{FIR \times Cf}{BB} \tag{1}$$

Di mana, Cf adalah kadar formalin (mg/kg), FIR adalah tingkat konsumsi ikan dan *seafood* asin (0.013 kg/hari/orang) berdasarkan, dan BB adalah rata-rata laki-laki dewasa (70 kg), perempuan dewasa (60 kg), dan anak-anak usia 1 hingga 7 tahun (16 kg) yang diasumsikan terdapat di Kota Samarinda. Target bahaya (HQ) dihitung berdasarkan estimasi potensi risiko kesehatan berdasarkan paparan FA dengan menggunakan asumsi standar berdasarkan analisis risiko (Johnson, A. C. & Sumpter, 2016) sebagai berikut:

$$HQ = \frac{EFI}{RfD} \tag{2}$$

Di mana, RfD adalah perkiraan referensi dosis oral untuk FA adalah 200 µg/kg/hari. Jika nilai HQ <1, menunjukkan tidak adanya potensi resiko bagi kesehatan tubuh manusia. Sebaliknya, jika nilai HQ >1, menunjukkan adanya potensi resiko bagi kesehatan tubuh manusia. Resiko kanker adalah probabilitas terkena kanker selama hidup seseorang sebagai akibat dari pencernaan zat yang berpotensi karsinogenik. Resiko kanker dari paparan FA dihitung dengan persamaan berikut:

$$CR = EDI \times CSF \tag{3}$$

Dimana, EDI adalah perkiraan asupan harian kadar FA. CSF adalah slope faktor pada FA (0.0455 mg/kg/hari) (Adamović et al., 2021; Khoshakhlagh et al., 2023). Berdasarkan resikonya terhadap tubuh manusia, nilai CR dapat dikasifikasikan menjadi $\leq 10^{-6}$ = lemah; 10^{-4} - 10^{-3} = sedang; 10^{-3} to 10^{-1} = tinggi; $\geq 10^{-1}$ = sangat tinggi. Semua data FA yang diperoleh dari hasil analisis kuantitatif diolah dan dianalisis menggunakan *Microsoft Office Excel 2010*. Kemudian, semua hasil analisis pada tabel seperti maksimum, rata-rata, dan standar deviasi dijelaskan secara deskriptif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Berdasarkan hasil analisis yang disajikan pada **Tabel 1**, ikan dan *seafood* asin yang diperjualbelikan di Kota Samarinda terdeteksi mengandung FA. Ditemukan bahwa kadar FA pada ikan dan *seafood* asin berkisar 0,48-18,8 mg/kg dengan rerata $2,75 \pm 4,41$ mg/kg. Kadar FA tertinggi dan terendah masing – masing ditemukan pada cumi-cumi ($18,8 \pm 3,77$ mg/kg) dan kaca – kaca ($0,48 \pm 0,08$ mg/kg).

Tabel 1. Rincian Kadar Formalin (FA) dalam mg/kg pada Jenis Ikan dan *Seafood* Asin yang Dikumpulkan dari Berbagai Pasar Tradisional di Kota Samarinda

Nama Lokal	Nama Umum	Nama Ilmiah	N	FA range	Rerata FA± S.D.
Tembang	Herring	<i>Clupea</i> sp.	5	3,47 – 3,73	3,60 ± 0,13
Layang	Scad	<i>Decapterus</i> sp.	10	1,79 – 2,75	2,39 ± 0,52

Nama Lokal	Nama Umum	Nama Ilmiah	N	FA range	Rerata FA± S.D.
Kaca – kaca	Threadfin silverbidy	<i>Gerres</i> sp.	11	0,39 – 0,54	0,48 ± 0,08
Pepetek	Common ponyfishes	<i>Leiognathus</i> sp.	5	1,23 – 1,27	1,24 ± 0,02
Kepala batu	Capelin	<i>Pseudocienna</i> sp.	11	0,72 – 1,52	1,13 ± 0,40
Pedak	Indian mackerel	<i>Rastrelliger</i> sp.	4	1,60 – 1,97	1,85 ± 0,17
Simbula	Sardinella	<i>Sardinella</i> sp.	2	0,47 – 1,01	0,74 ± 0,38
Haruan laut	Lizard fish	<i>Saurida</i> sp.	4	0,52 – 1,15	0,84 ± 0,26
Tenggiri	Mackerel	<i>Scomberomorus</i> sp.	3	0,21 – 1,71	0,96 ± 0,76
Baronang	Rabbit fish	<i>Siganus</i> sp.	5	1,25 – 1,86	1,56 ± 0,31
Hiu cucut	Shark	<i>Stegostoma</i> sp.	2	0,93 – 0,97	0,95 ± 0,03
Bulu ayam	Humphead thryssa	<i>Thryssa</i> sp.	17	1,22 – 1,65	1,38 ± 0,23
Papay*	Rebon shrimp*	<i>Acetes</i> sp.*	25	4,65 – 4,90	4,77 ± 0,12
Baby cumi	Baby Squid	<i>Loligo</i> sp.	20	1,69 – 3,24	2,28 ± 0,84
Cumi – cumi	Squid	<i>Loligo</i> sp.	12	14,4 – 21,1	18,8 ± 3,77
Ebi*	Shrimp*	<i>Penaeus</i> sp.*	12	0,88 – 1,33	1,13 ± 0,23

n = Jumlah sampel yang dianalisis.

* Daging sampel digabung sebelum dianalisis.

Tabel 2. Potensi Risiko Bagi Kesehatan Manusia: EDI dalam µg/kg Berat Badan/Hari, HQ dan CR pada Ikan dan Seafood Asin pada Laki -Laki (70 kg), Perempuan (60 kg) dan Anak-Anak (16 kg) di Kota Samarinda

Nama	EDI			HQ			CR		
	L	P	A	L	P	A	L	P	A
Tembang	0,64	0,75	2,82	3,22x10 ⁻³	3,76x10 ⁻³	1,41x10 ⁻²	1,62x10 ⁻²	1,65x10 ⁻²	6,19x10 ⁻²
Layang	0,43	0,50	1,87	2,14x10 ⁻³	2,49x10 ⁻³	9,35x10 ⁻³	9,40x10 ⁻³	1,10x10 ⁻²	4,11x10 ⁻²
Kaca – kaca	0,09	0,10	0,38	4,29x10 ⁻⁴	5,01x10 ⁻⁴	1,88x10 ⁻³	1,89x10 ⁻³	2,20x10 ⁻³	8,26x10 ⁻³
Pepetek	0,22	0,26	0,97	1,11x10 ⁻³	1,30x10 ⁻³	4,86x10 ⁻³	4,89x10 ⁻³	5,70x10 ⁻³	2,14x10 ⁻²
Kepala Batu	0,20	0,23	0,88	1,01x10 ⁻³	1,17x10 ⁻³	4,40x10 ⁻³	4,42x10 ⁻³	5,16x10 ⁻³	1,41x10 ⁻³
Pedak	0,33	0,39	1,45	1,66x10 ⁻³	1,93x10 ⁻³	7,25x10 ⁻³	7,28x10 ⁻³	8,50x10 ⁻³	1,93x10 ⁻²
Simbula	0,13	0,15	0,58	6,60x10 ⁻⁴	7,69x10 ⁻⁴	2,89x10 ⁻³	2,90x10 ⁻³	3,38x10 ⁻³	3,19x10 ⁻²
Haruan Laut	0,15	0,18	0,66	7,53x10 ⁻⁴	8,79x10 ⁻⁴	3,30x10 ⁻³	3,31x10 ⁻³	3,86x10 ⁻³	1,27x10 ⁻²
Tenggiri	0,17	0,20	0,75	8,62x10 ⁻⁴	1,01x10 ⁻³	3,77x10 ⁻³	3,79x10 ⁻³	4,42x10 ⁻³	1,45x10 ⁻²
Baronang	0,28	0,33	1,22	1,40x10 ⁻³	1,63x10 ⁻³	6,11x10 ⁻³	6,14x10 ⁻³	7,16x10 ⁻³	1,66x10 ⁻²
Hiu	0,17	0,20	0,74	8,50x10 ⁻⁴	9,91x10 ⁻⁴	3,72x10 ⁻³	3,73x10 ⁻³	4,36x10 ⁻³	2,69x10 ⁻²
Bulu Ayam	0,25	0,29	1,08	1,23x10 ⁻³	1,44x10 ⁻³	5,39x10 ⁻³	5,41x10 ⁻³	6,31x10 ⁻³	1,63x10 ⁻²
Papay*	0,85	1,00	3,73	4,27x10 ⁻³	4,98x10 ⁻³	1,87x10 ⁻²	1,88x10 ⁻²	2,19x10 ⁻²	2,37x10 ⁻²
Baby Cumi	0,41	0,48	1,79	2,04x10 ⁻³	2,38x10 ⁻³	8,93x10 ⁻³	8,98x10 ⁻³	1,05x10 ⁻²	8,20x10 ⁻²
Cumi- cumi	3,35	3,91	14,7	1,68x10 ⁻²	1,96x10 ⁻²	7,34x10 ⁻²	7,37x10 ⁻²	8,60x10 ⁻²	3,22x10 ⁻¹
Ebi*	0,20	0,24	0,88	1,01x10 ⁻³	1,18x10 ⁻³	4,41x10 ⁻³	4,43x10 ⁻³	5,17x10 ⁻³	1,94x10 ⁻²

Singkatan : L = Laki-laki; P = Perempuan; A = Anak-anak.

* Daging sampel yang digabung sebelum dianalisis.

Terkait analisis penilaian resiko pada konsumen (laki-laki, perempuan dan anak-anak) yang telah disajikan pada [Tabel 2](#) menyatakan nilai estimasi asupan harian (EDI) tertinggi dan terendah untuk FA ditemukan pada cumi-cumi dan kaca - kaca dengan masing - masing nilainya 14,7 dan 0,09 $\mu\text{g}/\text{kg}$ berat badan per hari. Ditemukan juga bahwa nilai EDI untuk laki-laki adalah 0,09 - 3,35 dengan rerata $0,49 \pm 0,79$ $\mu\text{g}/\text{kg}$ berat badan per hari, diikuti oleh perempuan dengan 0,10 - 3,91 dengan rerata $0,57 \pm 0,92$ $\mu\text{g}/\text{kg}$ berat badan per hari. Kemudian, nilai EDI untuk anak-anak sebesar 0,38 - 14,7 dengan rerata $2,15 \pm 3,45$ $\mu\text{g}/\text{kg}$ berat badan per hari. Secara umum, nilai EDI untuk laki-laki, perempuan dan anak-anak tidak melebihi nilai *provisional daily intake* (PTDI) yaitu 200 $\mu\text{g}/\text{kg}$ berat badan per hari. Temuan yang relatif sama dengan nilai EDI juga terdapat pada nilai HQ, yang mana nilai HQ tertinggi dan terendah juga ditemukan pada cumi-cumi dan kaca - kaca. Nilai HQ untuk laki-laki antara $4,29 \times 10^{-4}$ - $1,68 \times 10^{-2}$ dengan rerata $2,46 \times 10^{-3}$ yang kemudian diikuti oleh perempuan dengan $5,01 \times 10^{-4}$ - $1,96 \times 10^{-2}$ dengan rerata $2,87 \times 10^{-3}$. Terakhir, nilai HQ untuk anak-anak sebesar $1,88 \times 10^{-3}$ - $7,34 \times 10^{-2}$ dengan rerata $1,08 \times 10^{-2}$. Secara umum, semua nilai HQ kurang dari satu ($\text{HQ} < 1$). Berdasarkan hasil analisis risiko kanker (CR), ditemukan bahwa nilai CR pada laki-laki berada diantara $1,89 \times 10^{-3}$ - $7,37 \times 10^{-2}$ dengan rerata $1,08 \times 10^{-2}$. Kemudian diikuti oleh perempuan berkisar $2,20 \times 10^{-3}$ - $8,60 \times 10^{-2}$ dengan rerata $1,26 \times 10^{-2}$ dan anak-anak mulai dari $8,26 \times 10^{-3}$ sampai $3,22 \times 10^{-1}$ dengan rerata $4,74 \times 10^{-2}$. Secara umum, nilai CR tertinggi ditemukan pada cumi-cumi ($3,22 \times 10^{-1}$), sedangkan nilai CR terendah adalah kaca - kaca ($1,89 \times 10^{-3}$).

Pembahasan

Pada dasarnya ikan dan seafood asin yang dibeli dan dikumpulkan dari berbagai pasar tradisional di Kota Samarinda memiliki kadar FA yang bervariasi. Temuan ini mungkin dipengaruhi oleh 2 faktor yakni faktor aktifitas manusia dan alami. Jika dilihat dari faktor manusia, kandungan FA yang bervariasi mungkin lebih dikarenakan bervariasinya jumlah FA yang dimasukkan ke tubuh ikan dan seafood melalui perendaman maupun pengawetan dengan menggunakan es batu ([Lestari, I. & Pratiwi, 2022](#); [Simanjuntak & Silalahi, 2022](#)). Dikarenakan objek di penelitian ini adalah ikan dan seafood asin, beberapa produsen dan pedagang ikan diduga melakukan kecurangan dengan menambahkan bahan berbahaya berupa FA untuk menghindari proses pembusukan ([Kang et al., 2021](#); [Purba et al., 2017](#); [Tong et al., 2017](#); [Zain et al., 2019](#)). Dugaan ini terbukti dengan ditemukannya kandungan FA yang cukup tinggi pada sampel cumi - cumi dan papay dibanding sampel lainnya. Selain faktor aktifitas manusia, variasi FA pada ikan dan seafood di penelitian ini mungkin juga dapat terbentuk secara alami yakni pada saat terjadi proses pembusukan. Kejadian ini dapat terjadi dikarenakan adanya proses penguraian trimetilamina oksida (TMAO) menjadi FA oleh enzim trimetilamina oksida demetilase (TMAOase), yang mengkatalisis konversi TMAO menjadi dimetilamina (DMA) dan metanol ([Nuraini et al., 2017](#); [Zhu et al., 2016](#)). Dikarenakan jenis sampel di penelitian ini adalah jenis ikan dan seafood yang diasinkan, diduga sampel tidak melalui proses penyiangan dengan baik dan higienis. Akibatnya, proses pembusukan ikan dan seafood oleh jamur, jamur dan bakteri pembusuk semakin cepat dan mendorong terbentuknya DMA dan FA. Karenanya, beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kandungan FA pada ikan dan seafood dapat dipengaruhi oleh perbedaan dimensi ikan, kualitas makanan, zona penangkapan, metode pengawetan ikan, proses penanganan ikan, dan kondisi penyimpanan ikan ([Barokah et al., 2023](#); [Bhowmik et al., 2017](#); [Laly et al., 2018](#); [Putri et al., 2018](#)).

Jika dilihat secara spesifik, kandungan FA pada cumi-cumi 39 kali lebih tinggi dari ikan kaca - kaca dan 8 kali lebih tinggi dari baby cumi di penelitian ini. Kemudian, hasil penelitian lain menunjukkan bahwa kadar FA pada cumi-cumi di penelitian ini juga lebih tinggi dari 4 kali lipat dari sampel cumi-cumi yang diukur dari Provinsi Banda Aceh, Indonesia dengan rerata 3,95 mg/kg berat basah ([Safrida et al., 2020](#); [Yoo et al., 2020](#)). Namun, kadar FA pada cumi - cumi di penelitian ini lebih rendah dari produk perikanan Shanghai, Cina yang mencapai 42,1 mg/kg dan juga dari Taiwan dengan nilai 19,3 - 26,6 mg/kg ([Nowshad et al., 2018](#); [X. Zhang et al., 2015](#)). Secara umum, kadar FA pada ikan dan seafood asin di penelitian ini relatif lebih rendah jika dibandingkan dengan hasil penelitian pada beberapa ikan asin yang dilakukan oleh peneliti terdahulu dari pasar Ciroyom, Jawa Barat (0,033 - 0,482 mg/kg) dan juga penelitian serupa dari beberapa pasar tradisional Kota Makassar berkisar 10,0 sampai 200 mg/kg ([Farid et al., 2015](#); [Rasul et al., 2021](#); [Wijayanti & Lukitasari, 2016](#)). Jika dibandingkan dengan baku mutu, hampir semua sampel ikan dan seafood asin yang mengandung FA di penelitian ini relatif lebih rendah dari standard baku mutu (5 mg/kg) menurut Undang-Undang dan Peraturan Pangan Malaysia tahun 1985 untuk ikan dan produk ikan, kecuali cumi-cumi (*Loligo sp.*). Karenanya, para konsumen di Kota Samarinda harus berhati-hati dalam memilih dan mengkonsumsi ikan dan seafood asin, terutama jenis cumi-cumi dan udang papay karena nilai FA-nya lebih tinggi dan mendekati standard baku mutu. Jika kedua spesies tersebut dikonsumsi secara berlebihan, dikhawatirkan dapat mempengaruhi kesehatan tubuh konsumen seperti genotoksitas, sakit kepala, dan juga kerusakan pada sistem saluran kemih dimasa yang akan datang ([Kang et al., 2021](#); [Zain et al., 2019](#)). Berdasarkan analisis penilaian resiko, nilai perkiraan asupan

harian (EDI) dari FA yang terkandung pada ikan dan *seafood* yang diasinkan untuk laki-laki, perempuan dan anak-anak tidak melebihi nilai *provisional daily intake* (PTDI) yaitu 200 µg/kg berat badan per hari. Jika dibandingkan dengan penelitian di lokasi yang lain, temuan ini relatif sama dengan hasil penelitian terdahulu dari Kumasi Metropolitan, Ghana yang dimana kadar EDI pada beberapa ikan di wilayah tersebut masih berada di bawah standar regulasi dari WHO dan USEPA dengan nilai 150 dan 200 µg/kg berat badan per hari (Asare-Donkor et al., 2018; Hoque et al., 2018).

Hasil yang relatif sama juga ditemukan pada nilai target bahaya (HQ). Tingginya nilai HQ pada cumi – cumi dan ikan kaca - kaca di penelitian ini mungkin ada kaitannya dengan tingginya kandungan FA. Dikarenakan nilai HQ dari semua spesies sampel ikan dan *seafood* masih lebih kecil dari satu ($HQ < 1$), maka potensi resiko kesehatan tubuh konsumen (laki-laki, perempuan dan anak-anak) di kota Samarinda mungkin tidak terjadi. Walaupun demikian, para konsumen masih perlu berhati-hati karena konsumsi ikan dan *seafood* asin yang dilakukan secara berkala dan potensi adanya dampak buruk terhadap kesehatan masih bisa terjadi. Jika dibandingkan dengan penelitian lain, nilai $HQ < 1$ di penelitian ini sama dengan hasil investigasi yang dilakukan oleh penelitian serupa yang menyatakan bahwa pada beberapa jenis ikan dari pasar lokal di negara Bangladesh (Barokah et al., 2023; Bhowmik et al., 2017). Kemudian, penilaian resiko kanker (CR) menemukan bahwa nilai CR tertinggi ditemukan pada cumi-cumi, diikuti udang papay, dan CR terendah terdapat pada ikan kaca - kaca. Secara umum, nilai CR untuk semua konsumen di penelitian ini berada diantara 10^{-1} - 10^{-3} (resiko tinggi) berdasarkan New York State Department of Health pada tahun 2007 dan USEPA pada tahun 2010. Tingginya nilai CR di penelitian ini mungkin lebih disebabkan faktor tingginya kandungan FA yang terdapat pada ikan dan *seafood* itu sendiri, dan juga tingkat konsumsinya. Semakin tinggi konsentrasi FA yang terdapat pada ikan dan *seafood* asin ditambah tingginya daya konsumen, maka semakin tinggi juga resiko kesehatan yang akan terjadi pada konsumen. Hal ini didukung oleh hasil penelitian serupa yang menyatakan bahwa tingginya asupan ikan asin yang mengandung FA dapat dikaitkan dengan peningkatan resiko kanker lambung pada tubuh manusia (Yoo et al., 2020; T. Zhang et al., 2023). Berdasarkan nilai resikonya, temuan ini mengindikasikan bahwa seluruh spesies ikan dan *seafood* asin di penelitian ini relatif tidak aman untuk dikonsumsi oleh semua kalangan konsumen di Kota Samarinda. Hal ini terjadi dikarenakan semua sampel ikan dan *seafood* asin di penelitian ini berpotensi menimbulkan efek karsinogenik berupa resiko kanker pada laki-laki, perempuan dan anak-anak dimasa yang akan datang.

Dikarenakan sumber sampel penelitian ini hanya berasal dari beberapa pasar tradisional, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang deteksi FA pada ikan dan *seafood* asin dari pasar tradisional lainnya. Dengan demikian, informasi dan data tentang kandungan FA yang terdapat pada ikan dan *seafood* asin yang diperjualbelikan di Kota Samarinda lebih bervariasi. Selain itu, instrumen yang berbeda untuk mendeteksi kandungan FA pada ikan dan *seafood* asin mungkin juga perlu dilakukan. Beberapa penelitian terdahulu menyatakan bahwa, deteksi kandungan FA pada biota laut seperti *Gas Chromatography Mass Spectrometry (GCMS)* and *High Performance Liquid Chromatography (HPLC)* (Fappiano et al., 2022; Hoque et al., 2018). Diharapkan dengan banyaknya instrumen yang digunakan untuk mendeteksi kandungan FA pada ikan, *seafood* dan bahan makanannya dapat memberikan informasi yang beragam, akurat dan berguna bagi para konsumen di Kota Samarinda. Selain itu, adanya informasi data yang akurat tentang FA juga dapat digunakan sebagai dasar penyusunan kebijakan yang tepat bagi pemerintah daerah demi keamanan pangan khususnya untuk ikan dan *seafood* asin di Kota Samarinda. Pada dasarnya ikan dan *seafood* asin masih bermanfaat bagi sumber protein hewani bagi tubuh manusia. Namun, pada saat ikan dan *seafood* tersebut telah terkontaminasi oleh FA, maka dapat memberi efek yang merugikan bagi kesehatan manusia. Oleh karena itu, para konsumen harus mengurangi asupan makanan berformalin dengan memilih asupan ikan dan *seafood* segar daripada yang sudah diawetkan. Akan tetapi, untuk mengetahui apakah ikan dan *seafood* segar mengandung FA bukanlah merupakan hal yang mudah. Salah satu pendekatan yang perlu dilakukan untuk menghindari dan mengurangi paparan FA terhadap kesehatan konsumen adalah dengan melakukan beberapa perlakuan, yakni mencuci dengan air hangat dan merebus ikan dan *seafood*. Sebagai contoh, kandungan FA pada ikan dan *seafood* dapat berkurang secara signifikan ($p < 0.05$) dari 26.2 ± 0.08 menjadi 4.34 ± 0.01 mg/kg dengan cara mencucinya menggunakan air hangat selama sepuluh menit (Mehta et al., 2023; Valadares et al., 2021). Selain itu, hasil penelitian yang dilakukan oleh menunjukkan bahwa kadar FA pada ikan segar berkisar antara 5.80-21.8 mg/kg dapat mengalami penurunan menjadi 0.98-5.93 mg/kg setelah direbus beberapa saat (Hoque et al., 2016, 2018).

Hasil temuan dari penelitian ini memiliki implikasi yang signifikan terhadap perkembangan bidang keilmuan yang diteliti. Kontribusi utamanya adalah dalam bidang kesehatan masyarakat, di mana pemahaman mengenai kandungan formaldehida (FA) dalam ikan dan *seafood* serta potensi risiko kesehatan yang terkait dapat memberikan panduan yang berharga bagi masyarakat dalam memilih produk perikanan yang aman dan sehat. Keterbatasan dari penelitian ini adalah Kandungan formaldehid

(FA) dalam ikan dan seafood dapat bervariasi tergantung pada berbagai faktor seperti jenis ikan, metode pengawetan, dan asal produk. Hal ini dapat mempengaruhi hasil analisis kuantitatif FA yang dilakukan dalam penelitian. Rekomendasi untuk mengatasi keterbatasan tersebut adalah dengan menggunakan metode analisis yang lebih sensitif dan spesifik untuk mendeteksi FA dalam ikan dan seafood, serta mempertimbangkan variasi kandungan FA yang mungkin terjadi.

4. SIMPULAN

Semua ikan dan *seafood* asin yang diperjualbelikan di pasar tradisional Kota Samarinda mengandung formalin. Semua ikan dan *seafood* asin yang mengandung formalin tidak lebih tinggi dari batas maksimum untuk konsumsi ikan dan produknya berdasarkan Undang-Undang Pangan Malaysia. Penilaian resiko pada konsumen menunjukkan bahwa nilai estimasi asupan harian untuk laki-laki, perempuan dan anak-anak masih lebih rendah dari baku mutu berdasarkan WHO dan USEPA. Nilai target bahaya untuk semua ikan dan *seafood* asin lebih rendah dari satu, Namun, efek karsinogenik pada laki-laki, perempuan dan anak-anak yang tinggal di Kota Samarinda mungkin dapat terjadi berdasarkan nilai resiko kanker. Para konsumen di Kota Samarinda perlu berhati-hati untuk memilih dan mengkonsumsi ikan dan *seafood* asin dari beberapa pasar tradisional. Di masa depan, monitoring secara berkala terhadap kadar formalin pada ikan dan *seafood* asin dari berbagai pasar tradisional diperlukan untuk memberikan informasi dasar tentang keamanan pangan yang dikonsumsi oleh masyarakat di Kota Samarinda.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Adamović, D., Čepić, Z., Adamović, S., Stošić, M., Obrovski, B., Morača, S., & Vojinović Miloradov, M. (2021). Occupational Exposure to Formaldehyde and Cancer Risk Assessment in an Anatomy Laboratory. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(21). <https://doi.org/10.3390/ijerph182111198>.
- Adisasmita, A. P., Yuliawati, S., & Hestningsih, R. (2017). Survei Keberadaan Formalin Pada Produk Perikanan Laut Segar Yang Dijual Di Pasar Tradisional Kota Semarang Survey of Formaldehyde Existence in Fresh Sea Fisheries Product Sold at Traditional Market of Semarang City. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 3(3), 109–119. <https://doi.org/10.14710/jkm.v3i3.12100>.
- Asare-Donkor, N. K., Adaagoam, R. A., Voegborlo, R. B., & Adimado, A. A. (2018). Risk assessment of kumasi metropolis population in ghana through consumption of fish contaminated with formaldehyde. *Journal of Toxicology*, 2018, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2018/4785031>.
- Asche, F., Bellemare, M. F., Roheim, C., Smith, M. D., & Tveteras, S. (2015). Fair Enough? Food Security and the International Trade of Seafood. *World Development*, 67, 151–160. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2014.10.013>.
- Barokah, G. R., Anissah, U., Januar, H. I., & Ariyani, F. (2023). Mathematical Formulation to Differentiate Between Naturally Occurred and Artificially Added Formaldehyde in the Ice Stored of Lizardfish (*Saurida tumbil*). *Omni-Akuatika*, 19(1), 27–33. <https://doi.org/10.20884/1.oa.2023.19.1.952>.
- Bellmann, C., Tipping, A., & Sumaila, U. R. (2016). Global Trade in Fish and Fishery Products: An Overview. *Marine Policy*, 69(1), 181–188. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.12.019>.
- Bhowmik, S., Begum, M., & Alam, A. N. (2020). Formaldehyde-Associated Risk Assessment of Fish Sold in Local Markets of Bangladesh. *Agricultural Research*, 9(1), 102–108. <https://doi.org/10.1007/s40003-019-00414-w>.
- Bhowmik, S., Begum, M., Hossain, M. A., Rahman, M., & Alam, A. K. M. N. (2017). Determination of Formaldehyde in Wet Marketed Fish by HPLC Analysis: A Negligible Concern for Fish and Food Safety in Bangladesh. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 43(3), 245–248. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2017.08.001>.
- Fappiano, L., Carriera, F., Iannone, A., Notardonato, I., & Avino, P. (2022). A Review on Recent Sensing Methods for Determining Formaldehyde in Agri-Food Chain: A Comparison with the Conventional Analytical Approaches. *Foods*, 11(9). <https://doi.org/10.3390/foods11091351>.
- Farid, M., Jannah, A., & Maunatin, A. (2015). The temperature and time influence of immersion in water solvent against formaldehyde salted level belanak fish (*Mugil cephalus*). *ALCHEMY: Journal of Chemistry*, 4(2), 121–126. <https://doi.org/10.18860/al.v4i2.3202>.
- Gandhi, N., Drouillard, K. G., Arhonditsis, G. B., Gewurtz, S. B., & Bhavsar, S. P. (2017). Are fish consumption advisories for the Great Lakes adequately protective against chemical mixtures? *Environmental Health Perspectives*, 125(4), 586–593. <https://doi.org/10.1289/EHP104>.
- Graham, N. A., Pueppke, S. G., & Uderbayev, T. (2017). The current status and future of Central Asia's fish and fisheries: Confronting a wicked problem. *Water*, 9(9), 701.

- <https://doi.org/10.3390/w9090701>.
- Haddad, N., Andrianou, X. D., & Makris, K. C. (2019). A scoping review on the characteristics of human exposome studies. *Current Pollution Reports*, 5, 378–393. <https://doi.org/10.1007/s40726-019-00130-7>.
- Hoque, M. S., Jacxsens, L., De Meulenaer, B., & Alam, A. N. (2016). Quantitative Risk Assessment for Formalin Treatment in Fish Preservation: Food Safety Concern in Local Market of Bangladesh. *Procedia Food Science*, 6(1), 151–158. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2016.02.037>.
- Hoque, M. S., Jacxsens, L., Rahman, M. B., Newsad, A. A., Azad, S. O., Meulenaer, D., & Rahman, M. (2018). Evaluation of artificially contaminated fish with formaldehyde under laboratory conditions and exposure assessment in freshwater fish in Southern Bangladesh. *Chemosphere*, 195, 702–712. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.12.111>.
- Johnson, A. C., & Sumpter, J. P. (2016). Are we going about chemical risk assessment for the aquatic environment the wrong way? *Environmental Toxicology and Chemistry*, 35(7), 1609–1616. <https://doi.org/10.1002/etc.3441>.
- Kandi, S., & Charles, A. L. (2019). Statistical comparative study between the conventional DPPH spectrophotometric and dropping DPPH analytical method without spectrophotometer: Evaluation for the advancement of antioxidant activity analysis. *Food Chemistry*, 287, 338–345. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.02.110>.
- Kang, D. S., Kim, H. S., Jung, J. H., Lee, C. M., Ahn, Y. S., & Seo, Y. R. (2021). Formaldehyde Exposure and Leukemia Risk: A Comprehensive Review and Network-Based Toxicogenomic Approach. *Genes and Environment*, 43(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s41021-021-00183-5>.
- Khoshakhlagh, A. H., Chuang, K. J., & Kumar, P. (2023). Health risk assessment of exposure to ambient formaldehyde in carpet manufacturing industries. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(6), 16386–16397. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23353-6>.
- Kobayashi, M., Msangi, S., Batka, M., Vannuccini, S., Dey, M. M., & Anderson, J. L. (2015). Fish to 2030: the role and opportunity for aquaculture. *Aquaculture Economics & Management*, 19(3), 282–300. <https://doi.org/10.1080/13657305.2015.994240>.
- Laly, S., Priya, E., Panda, S., & Zynudheen, A. (2018). Formaldehyde in seafood: A review. *Fishery Technology*, 55(2), 87–93.
- Lestari, I., & Pratiwi, G. S. (2022). Analisis Kandungan Formalin Pada Ikan Asin Kepala Batu Yang Berada Di Pasar Tradisional Kota Jambi. *Jurnal Ilmiah Manuntung*, 8(1), 47–54. <https://doi.org/10.51352/jim.v8i1.483>.
- Mehta, N. K., Pal, D., Majumdar, R. K., Priyadarshini, M. B., Das, R., Debbarma, G., & Acharya, P. C. (2023). Effect of Artificial Formaldehyde Treatment on Textural Quality of Fish Muscles and Methods Employed for Formaldehyde Reduction from Fish Muscles. *Food Chemistry Advances*, 3, 100328. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100328>.
- Nowshad, F., Islam, M. N., & Khan, M. S. (2018). Concentration and formation behavior of naturally occurring formaldehyde in foods. *Agriculture & Food Security*, 7, 1–8. <https://doi.org/10.1186/s40066-018-0166-4>.
- Nuraini, A., Nurhayati, T., & Nurilmala, M. (2017). Activity of Trimethylamine-N-Oxide Demethylase (TMAOase) in the Forming of Natural Formaldehyde in Lizardfish (*Saurida tumbil*). *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(3), 549–558. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v20i3.19811>.
- Phillips, L. J., & Moya, J. (2014). Exposure factors resources: contrasting EPA's Exposure Factors Handbook with international sources. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 24(3), 233–243. <https://doi.org/10.1038/jes.2013.17>.
- Pořízka, P., Kaski, S., Hrdlička, A., Modlitbová, P., Sládková, L., Häkkinen, H., & Kaiser, J. (2017). Detection of fluorine using laser-induced breakdown spectroscopy and Raman spectroscopy. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 32(10), 1966–1974. <https://doi.org/10.1039/C7JA00200A>.
- Purba, W. K. D., Darundiati, Y. H., & Dewanti, N. A. Y. (2017). Studi Identifikasi Kandungan Formalin Pada Ikan Teri Nasi Asin di Pasar Tradisional dan Pasar Modern Kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 3(3), 831–841. <https://doi.org/10.14710/jkm.v3i3.12746>.
- Putri, A. K., Annisah, U., Ariyani, F., & Wibowo, S. (2018). Probabilistic Health Risk Assessment Due to Natural Formaldehyde Intake through Opah Fish (*Lampris guttatus*) Consumption in Indonesia. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*, 13(2), 69–78. <https://doi.org/10.15578/squalen.v13i2.354>.
- Rasul, G., Yuan, C., & Azad Shah, A. K. M. (2021). Chemical Composition and Nutritional Value of Dried Fish in Bangladesh. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 25(4), 379–399. <https://doi.org/10.21608/EJABF.2021.189666>.

- Ritonga, I. R., Eryati, R., & Rafii, A. (2022). Deteksi Formalin pada Ikan dan Seafood Asin dari Beberapa Pasar Lokal di Kota Samarinda, Kalimantan Timur. *Jurnal Inovasi Pendidikan Dan Sains*, 3(3), 93–97. <https://doi.org/10.51673/jips.v3i3.1181>.
- Safrida, S., Syafrianti, D., & Haryani, I. (2020). Effect of Aloe Vera Extract in Reducing Formaldehyde in Salted Squid (*Loligo indica*) and Sensory Evaluation. *Papers Presented in The 1st International Conference on Veterinary, Animal, and Environmental Sciences (ICVAES 2019)*, Syiah Kuala University, 15-16 October, 151, 01027. <https://doi.org/https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015101037>.
- Simanjuntak, H., & Silalahi, M. V. (2022). Kandungan formalin pada beberapa ikan segar di pasar tradisional parluasan kota pematangsiantar. *JST (Jurnal Sains Dan Teknologi)*, 11(1), 223–228. <https://doi.org/10.23887/jstundiksha.v11i1.45285>.
- Suwanaruang, T. (2018). Formalin contaminated in seafood and frozen meat at Somdet market, Kalasin Province. *Journal of Environmental Protection*, 9(12), 1286–1293. <https://doi.org/10.4236/jep.2018.912080>.
- Tong, Z., Wang, W., Luo, W., Lv, J., Li, H., Luo, H., & He, R. (2017). Urine formaldehyde predicts cognitive impairment in post-stroke dementia and Alzheimer's disease. *Journal of Alzheimer's Disease*, 55(3), 1031–1038. <https://doi.org/10.3233/JAD-160357>.
- Valadares, J., Majik, M. S., & Tilve, S. G. (2021). Comparison of the formaldehyde content in Indian Mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) fish using high performance liquid chromatography and UV-Vis spectrophotometry. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 30(8), 980–987. <https://doi.org/10.1080/10498850.2021.1961961>.
- Wijayanti, N. S., & Lukitasari, M. (2016). Analisis kandungan formalin dan uji organoleptik ikan asin yang beredar di pasar besar Madiun. *Florea: Jurnal Biologi Dan Pembelajarannya*, 3(1), 59–64. <https://doi.org/10.25273/florea.v3i1.789>.
- Yoo, J. Y., Cho, H. J., Moon, S., Choi, J., Lee, S., Ahn, C., & Park, S. K. (2020). Pickled Vegetable and Salted Fish Intake and the Risk of Gastric Cancer: Two Prospective Cohort Studies and A Meta-Analysis. *Cancers*, 12(4), 1–20. <https://doi.org/10.3390/cancers12040996>.
- Zain, S. M. S. M., Azmi, W. N. F. W., Veloo, Y., & Shaharudin, R. (2019). Formaldehyde Exposure, Health Symptoms and Risk Assessment Among Hospital Workers in Malaysia. *Journal of Environmental Protection*, 10(6), 861–879. <https://doi.org/10.4236/jep.2019.106051>.
- Zhang, T., Song, S. S., Liu, M., & Park, S. (2023). Association of Fried Food Intake with Gastric Cancer Risk: A Systemic Review and Meta-Analysis of Case-Control Studies. *Nutrients*, 15(13), 2982. <https://doi.org/10.3390/nu15132982>.
- Zhang, X., Hui, Y., Cai, Y., & Huang, D. (2015). The research progress of endogenous formaldehyde in aquatic products. *World Journal of Engineering and Technology*, 3(3), 272–276. <https://doi.org/10.4236/wjet.2015.33C040>.
- Zhu, Y., Ksibe, A. Z., Schäfer, H., Blindauer, C. A., Bugg, T. D., & Chen, Y. (2016). O₂-independent demethylation of trimethylamine N-oxide by Tdm of *Methylocella silvestris*. *The FEBS Journal*, 283(21), 3979–3993. <https://doi.org/10.1111/febs.13902>.