

## **Pengujian Organoleptik dan Deteksi Logam Berat pada Bahan Baku dan Produk Bakso Ikan Lemuru (*Sardinella lemuru*) dari Selat Bali**

### ***Sensory and Heavy Metal Analysis on Raw Materials and Fishball Product of Lemuru (Sardinella lemuru) from the Bali Strait***

Resti Nurmala Dewi\*, I Gusti Ayu Budiadnyani, Desy Febrianti, dan Dewi Fridolin Putrivenn

Prodi Pengolahan Hasil Laut Politeknik Kelautan dan Perikanan Jembrana  
Desa Pengambangan Kecamatan Negara Kabupaten Jembrana Provinsi Bali, Indonesia 82218

\*Korespondensi penulis : restinurmaladewi@gmail.com

Diterima: 3 Agustus 2023 ; Direvisi: 7 Desember 2023; Disetujui: 29 Desember 2023

#### **ABSTRAK**

Ikan lemuru (*Sardinella lemuru*) merupakan sumberdaya perikanan yang melimpah di Selat Bali dan memiliki nilai ekonomis yang rendah. Untuk menanggulangi permasalahan tersebut, ikan lemuru dapat diolah menjadi produk diversifikasi yang banyak digemari masyarakat yaitu bakso ikan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memproduksi bakso ikan lemuru dengan empat konsentrasi daging dan tepung tapioka (P0, P1, P2, dan P3). Tingkat penerimaan konsumen dianalisis melalui pengujian organoleptik menggunakan 30 panelis tidak terlatih. Pengujian logam berat sebagai salah satu jaminan keamanan produk dilakukan menggunakan metode *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS). Hal ini dikarenakan wilayah penangkapan ikan lemuru di Selat Bali merupakan wilayah perairan yang mengalami banyak pencemaran akibat kegiatan penangkapan ikan dan industri. Hasil pengujian organoleptik pada bahan baku menunjukkan nilai rata-rata delapan untuk seluruh atribut yang menandakan bahwa ikan lemuru berada dalam kondisi segar. Kandungan logam berat pada bahan baku juga masih di bawah ambang batas menurut Standar Nasional Indonesia (SNI). Disamping itu, penambahan daging ikan lemuru dan tepung tapioka memberikan hasil yang signifikan terhadap nilai organoleptik dengan formulasi terbaik (P1) sebesar 7,34 (kenampakan), 7,92 (bau), 8,36 (rasa) dan 7,85 (tekstur) ( $p < 0,05$ ). Konsentrasi logam berat pada bakso ikan tidak dipengaruhi oleh penambahan tepung dan berada di bawah ambang batas dengan konsentrasi (mg/kg) pada perlakuan terbaik (P1) sebesar  $0,007 \pm 0,0010$  (Hg) ( $p < 0,05$ ),  $0,0010 \pm 0,0010$  (Pb) ( $p > 0,05$ ) dan  $0,0020 \pm 0,0013$  (Cd) ( $p > 0,05$ ). Dapat disimpulkan bahwa produk bakso ikan lemuru disukai oleh konsumen dan memiliki konsentrasi logam berat pada rentang yang aman.

**Kata Kunci : bakso ikan, ikan lemuru, logam berat, organoleptik, Selat Bali**

#### **ABSTRACT**

*Lemuru fish (Sardinella lemuru) is one dominant commodity from the Bali Strait which has low economic value. To solve this issue, lemuru can be converted into a variety of widely-liked products, such fish balls. Therefore, this study aimed to produce fish balls with four concentrations of meat and tapioca flour (P0, P1, P2, and P3). The level of consumer acceptance was analysed through organoleptic testing employing 30 untrained panelists. The heavy metal of samples was also analysed using Atomic Absorption Spectroscopy (AAS). This is due the current fishing activities and industries in the Bali Strait contribute to heavy metals pollution in the water. The organoleptic testing of raw materials revealed an average value of eight for all aspects, which suggested that lemuru was in fresh conditions. The content of heavy metals in raw materials was below standards issued by Indonesian National Standard (SNI). Furthermore, the addition of lemuru meat and tapioca flour was significantly affected the quality of fish ball, with organoleptic scores obtained from the best treatment (P1) were 7.85 (texture), 8.36 (taste), 7.92 (smell), and 7.34 (appearance) ( $p < 0.05$ ). The concentration of heavy metals in fish balls was not influenced by the addition of flour and was below the threshold with the concentrations (mg/kg) of  $0.007 \pm 0.0010$  (Hg) ( $p < 0.05$ ),  $0.0010 \pm 0.0010$  (Pb) ( $p > 0.05$ ) and  $0.0020 \pm 0.0013$  (Cd) ( $p > 0.05$ ). In conclusion, lemuru fish ball was preferred by customers and had heavy metal concentrations that were within a safe limit.*

**Keywords: fish ball, sardine fish, heavy metal, organoleptic, Bali Strait**

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumberdaya perikanan (Arrazy & Primadini, 2021; Dewi & Farida, 2023). Berdasarkan data dari Kementerian Kelautan dan Perikanan (2022), total volume produksi perikanan Indonesia sepanjang tahun 2021 dan 2022 mencapai 21,87 ton dan 24,85 juta ton (naik 13,63%) yang berasal dari hasil tangkapan sebesar 6,95 ton dan 7,99 juta ton serta hasil perikanan budidaya sebesar 11,89 ton dan 16,87 ton. Indonesia juga menempati urutan ketiga di dunia pada sektor produksi perikanan tangkap dengan keanekaragaman hayati biota laut yang sangat melimpah termasuk ikan lemuru (Arifin et al., 2019; Susilo et al., 2021; Utari et al., 2022). Ikan lemuru (*Sardinella lemuru*) merupakan sumberdaya perikanan yang paling dominan di Selat Bali dengan hasil tangkapan sebesar 13.747 ton pada tahun 2021 dan 7.470 ton pada Agustus tahun 2022 (BPS, 2021; BPS, 2022).

Tingginya tingkat produksi ikan lemuru menjadikan ikan jenis ini banyak dimanfaatkan oleh masyarakat pesisir yang tinggal di sekitar Selat Bali, namun dengan nilai ekonomi yang rendah (Pertami et al., 2020). Hingga saat ini, ikan lemuru banyak dijual dalam bentuk segar atau hanya diolah menjadi ikan asin/sudang secara tradisional dengan harga yang relatif murah. Untuk dapat menanggulangi permasalahan tersebut, salah satu produk diversifikasi yang dapat dihasilkan dari ikan lemuru adalah bakso ikan. Bakso ikan merupakan produk diversifikasi pangan berbentuk bulat dengan campuran daging ikan 20-80% dan tepung tapioka (Alhaq et al., 2022; Aziza et al., 2015). Bakso ikan juga memiliki keunggulan karena mengandung kalsium (24,65 mg/g), protein (71,32%) dan lemak (6,39%) sehingga menjadikan produk bakso ikan memiliki kandungan gizi tinggi yang bermanfaat bagi manusia (Brillyana, 2022; Santos et al., 2023; Jamila, 2021). Akan tetapi, bakso ikan lemuru merupakan produk pangan yang baru di kalangan masyarakat sehingga untuk mengetahui tingkat penerimaan konsumen perlu dilakukan uji organoleptik terhadap variabel konsentrasi penambahan daging ikan dan tepung.

Adapun bahan baku ikan lemuru yang digunakan pada percobaan kali ini berasal dari nelayan di Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Pengambangan dengan area penangkapan dari pantai barat Pulau Bali hingga pantai timur Banyuwangi. Penangkapan ini biasanya beroperasi pada kedalaman  $\pm 60$  m dan jarak penangkapan 3,5-15 km dari tepi Pantai (Pertami et al., 2020; Wudianto & Wujdi, 2014). Namun demikian,

wilayah penangkapan ikan lemuru pada Selat Bali merupakan wilayah perairan yang mengalami banyak pencemaran seperti logam berat akibat kegiatan penangkapan ikan yang masif dan aktivitas transportasi atau pelayaran antara Pulau Jawa dan Pulau Bali (Mardani et al., 2018). Febriyanto et al. (2022); Lim et al. (2022); Velusamy et al. (2021) menjelaskan bahwa sumber cemaran logam berat berasal dari kegiatan operasional di pelabuhan, transportasi dan aktivitas industri. Bahkan di beberapa perairan lain di Indonesia ditemukan juga kasus pencemaran logam berat seperti di perairan mangrove Tahura Ngurah Rai Denpasar yang terkontaminasi Pb (58,9 mg/kg) dan Hg (22,1 mg/kg) (Febriyanto et al., 2022), perairan Tanggul Soreang Kota Parepare dengan kadar Pb sebesar 28,34-78,61 mg/kg (Malik et al., 2021), pesisir Kota Makassar dengan kontaminasi Pb, Cu, Cd dan Zn (mg/kg) sebesar 0,0019, <0,01, 0,05 dan 0,0013 (Noor et al., 2021), perairan Tambak Lorok dan Morosari Demak dengan kadar Cd sebesar 0,004 mg/kg dan 0,01 mg/kg (Noviansyah, et al., 2021) serta perairan Banjir Kanal Timur Semarang dengan kandungan Pb sebesar 31,25 mg/kg (Putra et al., 2021).

Selain itu, pencemaran logam berat juga terjadi di Selat Bali seperti yang dikemukakan oleh Ruaeny et al. (2015) bahwa konsentrasi Cu, Zn, Cd dan Pb pada sampel ikan lemuru yang diambil dari Selat Bali berkisar antara 0,72-2,22; 3,36-13,16; 0,005-0,026; dan 1,50-2,48 mg/kg. Kadar Pb pada sampel tersebut melebihi ambang batas yang diperbolehkan. Sartimbul et al. (2021) juga menemukan bahwa kandungan merkuri pada ikan lemuru yang diambil dari perairan Kedonganan Bali sebesar 0,938 mg/kg dan 0,58 mg/kg dimana nilai tersebut berada di atas batas maksimum standar. Kemudian, ditemukan pula logam merkuri (Hg) pada biota di perairan Selat Bali seperti ikan lemuru dengan konsentrasi 120,40 ppb (Mukharromah, 2015) dan kerang hijau dengan konsentrasi 916,6 ppb (Nisa, 2015). Yona et al. (2018) juga menemukan bahwa konsentrasi logam berat di perairan Selat Bali bervariasi dengan konsentrasi Fe berada pada kisaran tertinggi (1,5-129,9 mg/kg) yang diikuti oleh Zn (13,2-23,5 mg/kg) dan Cu (2,2-7,8 mg/kg). Cemaran ini disebabkan oleh aktivitas masyarakat sekitar pesisir Selat Bali yang kerap melakukan kegiatan budidaya, penimbangan, pendataan, pengemasan, penjualan, distribusi ikan ke konsumen, pembersihan kapal dan perbaikan kapal tanpa dilengkapi dengan instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Dari uraian di atas, dapat dilihat bahwa kandungan logam berat Hg, Pb dan Cd banyak ditemukan pada komoditas yang berada di Selat Bali. Oleh sebab itu, pengecekan

ketiga kadar logam berat tersebut perlu dilakukan guna memenuhi keamanan pangan berdasarkan SNI 2729:2013 dan SNI 7266:2017 (BSN, 2013; BSN, 2017). Kadar logam As dan Sn tidak dianalisis pada penelitian ini dikarenakan pada hasil studi literatur, beberapa studi tidak menemukan adanya cemaran logam tersebut (Ruaeny et al., 2015; Sartimbul et al., 2021; Mukharromah, 2015; Nisa, 2015; Yona et al., 2018).

Logam berat memiliki dampak negatif jangka panjang (efek kronis) bagi manusia dan hewan sehingga keberadaannya di lingkungan dan bahan pangan diatur supaya tidak melebihi ambang batas (Emon et al., 2023; Nurhidayati, 2020; Shahjahan et al., 2022). Logam berat memiliki sifat beracun dan sulit terurai sehingga sangat berbahaya bagi manusia dan lingkungan (Opasola et al., 2019; Alam et al., 2023; Isangedighi et al., 2019). Akumulasi logam berat pada manusia menyebabkan gangguan fungsi otak, hati, ginjal, paru-paru, otot dan sistem saraf serta mutasi gen (Abubakar & Adeshina, 2019; Arantes et al., 2016; Putri et al., 2022). Logam berat masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan, sistem respirasi dan kulit. Selain itu, absorpsi logam berat ke dalam tubuh ikan dapat terjadi melalui insang, saluran pencernaan dan permukaan tubuh yang kemudian terakumulasi dalam tubuh (Pramiastuti & Rejeki, 2021; Simionov et al., 2016).

Berdasarkan uraian di atas, perlu dilakukan analisis kadar logam berat kadmium (Cd), merkuri (Hg) dan timbal (Pb) pada ikan lemuru dan bakso ikan sebagai salah satu upaya menyediakan informasi dan jaminan keamanan pangan ikan lemuru sesuai dengan PP Nomor 28 Tahun 2004 tentang Keamanan, Mutu dan Gizi Pangan (Peraturan Pemerintah, 2004), Batas maksimum cemaran logam berat yang diizinkan pada produk bakso ikan lemuru adalah 0,30 mg/kg (Pb), 0,5 mg/kg (Hg) dan 0,30 mg/kg (Cd) sesuai dengan peraturan BPOM Nomor 9 Tahun 2022 (BPOM, 2022) sedangkan pada SNI 7266:2017 adalah sebesar 0.30 mg/kg (Pb), 0.50 mg/kg (Hg) dan 0.10 mg/kg (Cd) (SNI, 2017).

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Ikan lemuru (*Sardinella lemuru*) segar sebagai bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari nelayan di Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Pengambengan. Bahan lainnya yang digunakan ialah lada (Ladaku), tepung tapioka (Rose Brand), garam (Refina), bawang putih (Pasar Negara), penyedap rasa (Masako), air (RO

Negara), es batu (Pasar Negara) dan daun jeruk (Pasar Negara). Sedangkan bahan dalam proses analisis logam berat adalah akuades, kertas saring (Whatman 1001 125), HNO<sub>3</sub> 65% (Merck p.a), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 98% (Smart-Lab p.a), HCl 37% (Smart-Lab p.a), NaOH (Merck p.a), NaBH<sub>4</sub> (Merck p.a), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% (Smart-Lab p.a), NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (Merck p.a), larutan baku Hg, Mg, Pb, Cd (Merck p.a) dengan konsentrasi 1.000 mg/kg yang diencerkan untuk mendapatkan larutan baku kerja (1, 5, 10, 15 dan 20 ppb). Peralatan yang digunakan antara lain food processor (Oxone OX272), timbangan analitik (OHAUS PX224/e), labu takar (Pyrex), gelas piala (Pyrex), mikropipet (Eppendorf 3121 000.120), microtip (GeneMate), oven (Mettler UN55), microwave (Sharp R-278k), fume hood (ABL FH90) dan Spektrofotometer Serapan Atom (A800 Perkin Elmer USA) dengan metode flame.

### Metode

#### Pengambilan sampel ikan segar

Pengambilan sampel ikan dilakukan pada pagi hari (pukul 07:00-08:00 WITA) dengan metode simple random sampling yaitu mengambil sebanyak n sampel dari total populasi N yang dilakukan secara acak (Wahyu et al., 2019). Pengambilan sampel juga tidak memperhitungkan jenis kapal dan alat tangkap yang digunakan. Total sampel yang digunakan pada pengujian mutu organoleptik bahan baku adalah 30 ekor dengan ukuran 15-20 cm dan berat 30-35 g per ekor (Wudianto & Wujdi, 2014; Pertamina et al., 2020). Ikan lemuru segar kemudian dibawa ke Laboratorium Mutu Pengolahan Hasil Laut Politeknik Kelautan dan Perikanan Jember menggunakan *cool box* berisi es batu dengan suhu operasi kurang dari 4°C dan jarak tempuh 1 km (10-15 menit). Hal ini dilakukan agar kesegaran ikan tetap terjaga.

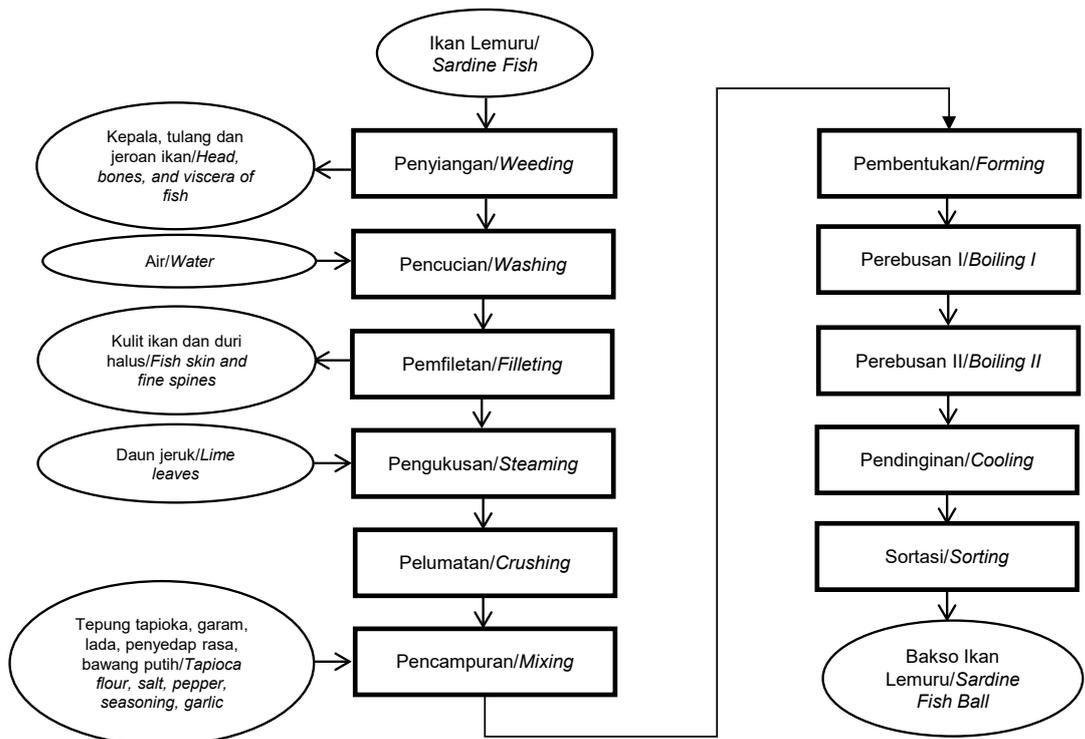
#### Prosedur pembuatan bakso ikan lemuru

Proses pembuatan bakso ikan lemuru melalui beberapa tahapan sesuai dengan SNI 7266:2017 tentang bakso ikan (BSN, 2017) seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 1.

Proses produksi bakso ikan dimulai dengan penerimaan ikan lemuru segar dari nelayan PPN Pengambengan. Selanjutnya ikan disiangi dan dicuci menggunakan air mengalir untuk membersihkan daging ikan dari sisa darah dan lendir. Menurut Ghazali et al. (2021), pencucian atau pembersihan ikan berfungsi untuk mengeluarkan insang, isi perut serta kotoran yang masih menempel. Daging ikan yang telah bersih lalu difilet untuk menghilangkan

kulit dan duri-duri halus yang masih tersisa. Hal ini dilakukan agar bakso ikan yang diperoleh berwarna cerah menarik. Setelah itu, daging ikan dikukus selama 10-15 menit pada suhu 70-80°C dengan tambahan daun jeruk agar daging ikan tidak meninggalkan bau dan rasa amis. Hasil pengukusan lalu dilumatkan menggunakan *food processor* dan dicampur dengan tepung tapioka sesuai dengan

formulasi pada Tabel 1 serta bahan tambahan untuk memberikan cita rasa lezat pada adonan. Campuran adonan kemudian dibentuk dan direbus secara bertahap selama dua kali. Pada perebusan I, bakso ikan direbus pada suhu 40-70°C selama ±10-20 menit. Sedangkan pada perebusan II, bakso ikan direbus kembali selama 10 menit pada suhu 90-100°C. Kemudian bakso ditiriskan, disortasi



Gambar 1. Diagram Alur Proses Pembuatan Bakso Ikan Lemuru

Figure 1. Sardine Fish Ball Production Process Flow

Tabel 1. Formulasi Pembuatan Bakso Ikan Lemuru

Table 1. Sardine Fish Ball Formulation

Nama Bahan/ Material Name	Satuan/ Unit	Kontrol/ Control P0	Perlakuan/ Treatment 1 P1	Perlakuan/ Treatment 2 P2	Perlakuan/ Treatment 3 P3
Daging ikan/ <i>Fish meat</i>	g	0	300	200	100
Tepung tapioka/ <i>Tapioca flour</i>	g	400	100	200	300
Garam/ <i>Salt</i>	g	4	4	4	4
Lada/ <i>Pepper</i>	g	1	1	1	1
Penyedap rasa/ <i>Flavoring</i>	g	4	4	4	4
Bawang putih/ <i>Garlic</i>	g	3	3	3	3

Keterangan/Note:

P0 = Daging ikan : tepung tapioka 0:100%/*Fish meat : tapioca flour of 0:100%*

P1 = Daging ikan : tepung tapioka 75:25%/*Fish meat : tapioca flour of 75:25%*

P2 = Daging ikan : tepung tapioka 50:50%/*Fish meat : tapioca flour of 50:50%*

P3 = Daging ikan : tepung tapioka 25:75%/*Fish meat : tapioca flour of 25:75%*

berdasarkan keseragaman ukuran ( $\pm 3$  cm) dan dilakukan pengujian mutu produk. Pada percobaan kali ini, rentang konsentrasi daging ikan divariasikan sebesar 0-300 g dengan batas bawah sebesar 0% dan batas atas sebesar 75%.

#### **Analisis organoleptik bahan baku dan bakso ikan lemuru**

Uji organoleptik pada ikan lemuru segar mengacu pada SNI-01-2346-2011 tentang petunjuk pengujian organoleptik dan atau sensorial pada produk perikanan dan SNI 2729:2013 tentang ikan segar (BSN, 2011; BSN, 2013). Sampel ikan segar disajikan kepada 30 orang panelis tidak standar pada waktu yang bersamaan. Panelis merupakan pegawai dan mahasiswa di Politeknik Kelautan dan Perikanan Jember dengan rasio 14 orang laki-laki dan 16 orang perempuan pada rentang usia 21-40 tahun. Selanjutnya sampel ikan dinilai berdasarkan lembar uji organoleptik menggunakan skor 1-9 (1 merupakan nilai terendah dan 9 adalah nilai tertinggi) untuk masing-masing parameter yaitu (1) kenampakan (meliputi mata, insang dan lendir permukaan badan untuk ikan segar), (2) daging, (3) bau dan (4) tekstur.

Selain itu, uji sensorial bakso ikan juga dilakukan pada kontrol dan seluruh formula bakso ikan berdasarkan SNI 7266:2017 tentang bakso ikan segar (BSN, 2017). Sebanyak 30 panelis tidak standar diberikan empat formulasi bakso ikan yaitu P0, P1, P2 dan P3 untuk menilai parameter kenampakan, bau, rasa dan tekstur dengan skala penilaian 1-9 (1 merupakan nilai terendah dan 9 adalah nilai tertinggi).

#### **Analisis logam berat**

Analisis kandungan logam berat pada bahan baku dan bakso ikan lemuru dilakukan di Balai Karantina Ikan, Pengendalian Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan (BKIPM) Denpasar Bali. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui kandungan Hg (SNI 2354.6:2016, BSN, 2016), Pb dan Cd (SNI 2354.5:2011, BSN, 2011). Proses pengujian dilakukan dengan tiga kali pengulangan (triplo) berdasarkan instruksi kerja pengujian logam berat K7.1.14.2/INTEGRASI/DPS, SNI 2354.6:2016, SNI 2354.5:2011 (BKIPM, 2021; BSN, 2016; BSN, 2011). Seberat 1 g sampel basah dicampur dengan 5 mL HNO<sub>3</sub> 65% dan didekstruksi pada suhu 100°C selama 90 menit menggunakan microwave. Setelah itu, sampel diencerkan menggunakan 58 mL HNO<sub>3</sub> 65%, 67 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 98% dan air deionisasi di dalam labu takar 1000 mL. Campuran

kemudian dihomogenkan dengan cara digojog dan disaring menggunakan kertas saring Whatman. Untuk analisis Cd dan Pb, sebanyak 2 g sampel basah ditambahkan 5 mL HNO<sub>3</sub> 65% dan 2 mL H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30%. Campuran lalu didekstruksi di dalam microwave selama 90 menit pada suhu 100°C. Sampel hasil dekstruksi lalu diencerkan dengan air deionisasi menggunakan labu takar 50 mL. Masing-masing sampel pengujian logam berat lalu dibaca konsentrasinya di dalam AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*). AAS yang digunakan memiliki *limit of detection* (LoD) <0.03 mg/kg (Hg), <0.018 mg/kg (Pb) dan <0.006 mg/kg (Cd) serta *limit of quantification* (LoQ) sebesar <0.1 mg/kg (Hg), <0.06 mg/kg (Pb) dan <0.02 mg/kg (Cd) dengan proses validasi dan verifikasi menggunakan pengulangan (triplo). Adapun larutan blanko yang digunakan untuk Hg adalah HNO<sub>3</sub> 65% dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 98% dengan cara mencampurkan 100 mL HNO<sub>3</sub>, 100 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan air deionisasi ke dalam labu takar hingga volumenya mencapai 1000 mL. Sedangkan larutan blanko untuk Pb dan Cd adalah HNO<sub>3</sub> 65% yang dibuat dengan mencampurkan HNO<sub>3</sub> 65% sebanyak 7 mL dan air deionisasi pada labu takar hingga volumenya 1000 mL.

Setelah itu, nilai absorbansi logam berat diplotkan ke dalam kurva standar yang telah dibuat menggunakan larutan standar merkuri, timbal dan kadmium. Kandungan logam berat merkuri (Hg), kadmium (Cd) dan timbal (Pb) dihitung berdasarkan persamaan (1):

$$\text{Konsentrasi Hg/Pb/Cd} = \frac{(D-E) \times F_p \times V}{W}$$

Keterangan:

D = konsentrasi contoh dari hasil pembacaan AAS (ppb)

E = konsentrasi blanko contoh dari hasil pembacaan AAS (ppb)

F<sub>p</sub> = faktor pengenceran

V = volume akhir larutan contoh yang disiapkan (L)

W = berat contoh (g)

#### **Analisis statistik**

Data hasil penelitian dianalisis menggunakan One-Way ANOVA dengan tingkat kepercayaan 95% untuk mengetahui pengaruh penambahan konsentrasi daging ikan dan tepung tapioka terhadap tingkat penerimaan dan kadar logam berat bakso ikan. Uji lanjut dilakukan dengan Tukey Test untuk mengetahui perbedaan nyata antar perlakuan. Uji statistik dilakukan dengan menggunakan software IBM SPSS 26.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Organoleptik Bahan Baku Ikan Lemuru

Ikan lemuru yang digunakan sebagai bahan baku bakso ikan memiliki ciri-ciri mata cemerlang (cerah putih dan hitam pada mata terlihat jelas, bening tanpa ada cacat, mata ikan nampak menonjol atau cembung), daging dengan jaringan kuat, bau yang segar dan spesifik jenis ikan serta bertekstur padat seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.

Hasil tersebut sesuai dengan pengujian organoleptik dimana nilai rata-rata pengujian menunjukkan angka 8. Adapun hasil perhitungan rata-rata sensori ikan lemuru dengan parameter kenampakan (mata, insang, lendir), daging, bau dan tekstur dapat dilihat pada Gambar 3.

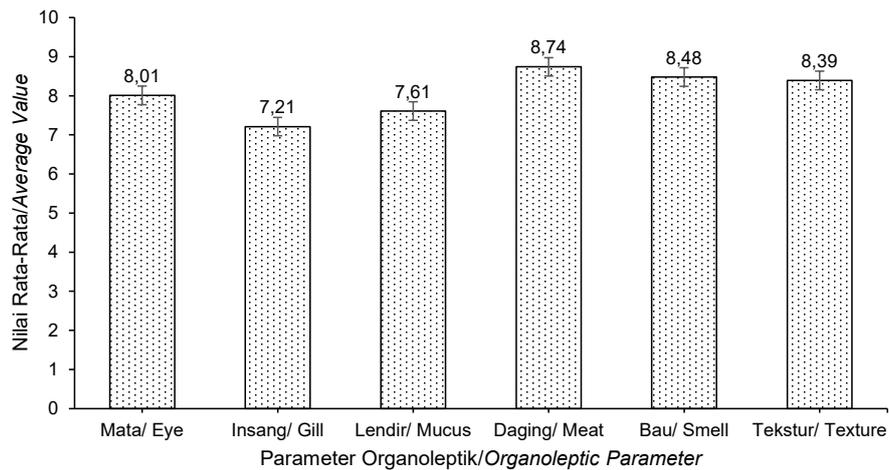
Mata adalah salah satu parameter kesegaran ikan yang pertama kali diamati oleh konsumen

(Mailoa et al., 2020; Syafitri et al., 2016; Tkáčová et al., 2019). Syarat nilai organoleptik ikan segar untuk kenampakan mata adalah minimal 7 menurut SNI 2729:2013 (BSN, 2013). Spesifikasi mata ikan yang diperoleh adalah bola mata yang cembung dengan warna kornea cenderung agak keruh dan pupil berwarna keabu-abuan serta agak mengkilap spesifik jenis ikan. Berdasarkan hasil pengujian sensori, parameter mata mendapatkan nilai 8,01. Nilai ini menunjukkan bahwa kenampakan mata pada bahan baku ikan lemuru telah memenuhi syarat berdasarkan SNI 2729:2013 (BSN, 2013).

Bagian dari ikan yang mengandung banyak darah dan tempat berkembang biaknya bakteri adalah insang (Sudarmanto & Setiawan, 2022; Assogba et al., 2021). Proses pembusukan pada ikan cepat terjadi ketika bakteri pada insang meningkat dengan pesat (Pariansyah et al., 2018). Oleh sebab itu, pengujian organoleptik juga dilakukan pada bagian insang. Dari hasil pengamatan, nilai rata-



Gambar 2. Bahan Baku Ikan Lemuru (*Sardinella lemuru*)  
 Figure 2. Sardine Fish as Raw Material (*Sardinella lemuru*)



Gambar 3. Hasil Pengujian Organoleptik Bahan Baku Ikan Lemuru (*Sardinella lemuru*). Garis putus-putus menunjukkan nilai minimum organoleptik.

Figure 3. Organoleptic Result of Lemuru Fish as Raw Material (*Sardinella lemuru*). Dotted-line indicated minimum value of organoleptic

rata parameter insang adalah 7,21 sesuai dengan nilai minimum yang disyaratkan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kesegaran ikan lemuru dapat dijaga dengan baik. Indikasinya ditunjukkan oleh warna insang merah tua atau coklat kemerahan tetapi kurang cemerlang dengan sedikit lendir yang berwarna agak keruh. Warna coklat kemerahan ini disebabkan oleh tidak adanya aliran darah sehingga pertukaran oksigen terhenti. Akibatnya reaksi oksidasi mioglobin terjadi menyebabkan insang berubah warna lebih gelap (Carvalho et al., 2020; Smith et al., 2018).

Permukaan badan dari suatu ikan merupakan salah parameter yang dapat diamati untuk menentukan kesegaran ikan. Lapisan lendir pada ikan segar berwarna jernih, mengkilap cerah dan transparan. Sebaliknya, pada ikan yang mengalami penurunan kualitas, lendir berwarna keruh dan cenderung tebal. Sudarmanto dan Setiawan (2022) menyatakan bahwa lendir pada permukaan tubuh ikan mengandung glukoprotein dan musin yang merupakan tempat ideal untuk pertumbuhan mikroba. Hasil uji organoleptik menunjukkan bahwa kualitas ikan segar masih bagus dengan nilai sensori parameter lendir sebesar 7,61 dengan spesifikasi lapisan lendir agak keruh, tidak lengket saat dipegang dan berbau amis spesifik ikan (bukan busuk).

Salah satu indikator tingkat kesegaran ikan adalah kualitas daging. Daging ikan yang memiliki tekstur lunak dan lembek menunjukkan bahwa ikan tersebut telah mengalami kemunduran mutu (Lauteri et al., 2023). Hal tersebut terjadi karena adanya proses autolisis dalam daging ikan sehingga perubahan kualitas daging terjadi (Gustini & Ari, 2014). Adapun hasil pengamatan sensori terhadap kualitas sayatan daging ikan lemuru mendapatkan nilai 8,74. Hal ini menandakan bahwa daging ikan lemuru masih dalam kondisi segar dan memenuhi standar karena melebihi batas minimal yang ada pada SNI, yaitu 7. Sayatan daging yang didapatkan berwarna sangat cemerlang, spesifik jenis dan jaringan daging sangat kuat.

Parameter yang diamati pada kesegaran ikan adalah bau. Penyebab bau pada ikan umumnya disebabkan oleh kadar glikogen yang rendah sehingga fase rigormortis terjadi dengan cepat (Sudarmanto & Setiawan, 2022). Mailoa et al. (2020) juga menambahkan bahwa produksi senyawa-senyawa yang tidak diinginkan dan menghasilkan bau tidak sedap seperti amonia, indol dan asam sulfida dihasilkan oleh bakteri pembusuk pada ikan. Senyawa-senyawa tersebut menyebabkan ikan memiliki bau dan rasa yang tidak enak. Dari hasil

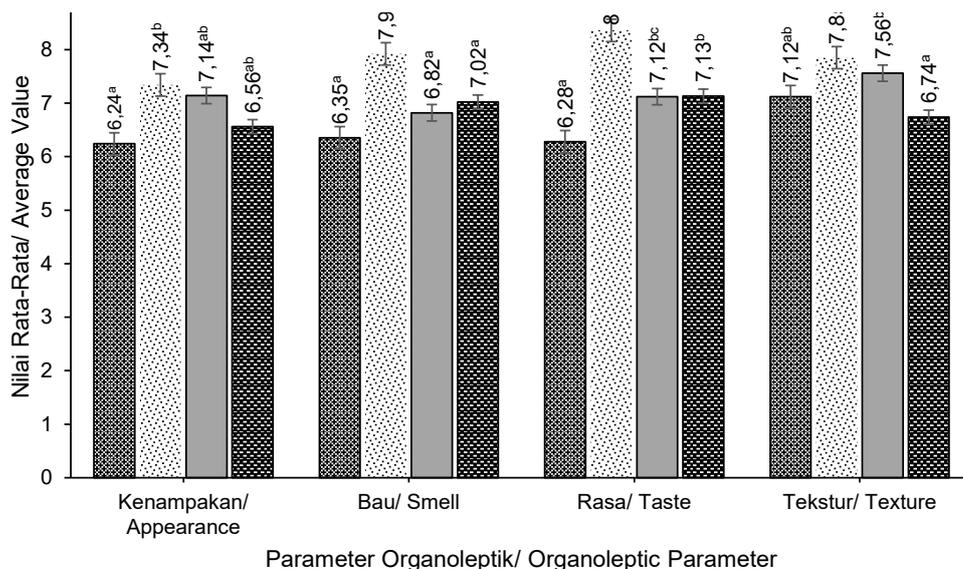
pengujian sensori, nilai rata-rata pada parameter bau ikan lemuru segar adalah 8,48 dengan spesifikasi segar dan spesifik jenis. Dengan kata lain, ikan lemuru masih dalam keadaan segar dan belum mengalami kemunduran mutu.

Tekstur ikan yang segar memiliki ciri-ciri padat, sangat elastis dan kompak (Mailoa et al., 2020; Silva et al., 2020). Pada pengamatan kali ini, ikan lemuru segar memiliki spesifikasi tersebut dengan nilai 8,39 dan sesuai dengan syarat dalam SNI 2729:2013 (BSN, 2013). Andayani et al. (2014) melaporkan bahwa makanan yang masih dalam kondisi baik akan memiliki tekstur padat dan tidak berlendir.

### **Analisis Organoleptik Bakso Ikan**

Uji organoleptik dilakukan pada bakso ikan lemuru dengan berbagai formulasi penambahan daging ikan dan tepung berdasarkan SNI 7266:2017 tentang bakso ikan (BSN, 2017). Uji ini dilakukan untuk mengetahui formulasi bakso ikan yang paling disukai/diminati oleh panelis. Berdasarkan uji statistik, perlakuan penambahan ikan lemuru dalam adonan bakso memberikan pengaruh yang nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap semua atribut organoleptik yaitu kenampakan, bau, rasa dan tekstur seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4. Peningkatan konsentrasi ikan lemuru di dalam adonan bakso ikan meningkatkan nilai organoleptik. Sedangkan bakso ikan tanpa penambahan ikan lemuru mendapatkan nilai organoleptik paling rendah.

Karim dan Aspari (2014) menyatakan bahwa konsumen menilai produk makanan pertama kali melalui rupa atau kenampakannya. Apabila produk tidak terlihat menarik, konsumen cenderung untuk tidak memilih produk tersebut. Karakteristik bakso ikan seharusnya berwarna putih bersih, kenyal, tidak lembek dan umur simpannya lama (Astuti et al., 2014; Lauteri et al., 2023). Berdasarkan Gambar 4, kenampakan bakso ikan yang paling disukai oleh panelis adalah formula P1 dengan komposisi 300 g daging dan 100 g tepung. Nilai organoleptik yang didapatkan adalah 7,34 dengan spesifikasi permukaan cukup halus dan kurang cerah. Kenampakan bakso ikan ini hampir sama dengan perlakuan P2 pada penambahan 200 g daging ikan dan 100 g tepung dengan nilai 7,14. Sedangkan kenampakan bakso pada perlakuan kontrol (P0) dan P3 memiliki spesifikasi permukaan kasar dan kusam dengan nilai 6,24 dan 6,56 ( $p < 0,05$ ). Selain itu, Alhaq et al. (2022) juga menjelaskan bahwa penambahan bumbu dan rempah pada bakso ikan dapat menyebabkan bakso cenderung berwarna putih kusam. Oleh sebab itu, penambahan bumbu pada adonan bakso tanpa penambahan



Gambar 4. Hasil pengujian organoleptik bahan baku dengan nilai rata-rata ( $n = 30$ ). Notasi huruf berbeda menunjukkan bahwa hasil pengujian berbeda nyata ( $p < 0,05$ ). Garis putus-putus menunjukkan nilai minimum organoleptik

Figure 4. Organoleptic Result of Fish Ball. Average values are shown ( $n = 3$ ). Different subscript letters indicate there is a significant value ( $p < 0.05$ ). Dotted-line indicates minimum value of organoleptic

daging ikan lemuru dan sedikit daging ikan (100 g) menyebabkan warna bakso yang dihasilkan berwarna kurang menarik. Penambahan daging ikan lemuru yang telah difilet dari kulitnya juga belum dapat menghasilkan warna bakso cerah karena masih terdapat sisa kulit yang menempel pada daging. Kulit ikan lemuru memiliki ketebalan yang cukup tipis sehingga proses pemfiletan daging dan ikan sulit dilakukan. Menurut SNI 7266:2017 (BSN, 2017), nilai kenampakan minimum bakso ikan adalah 7 sehingga formulasi P1 dan P2 merupakan formulasi yang sesuai untuk menghasilkan bakso ikan yang menarik.

Bau atau aroma adalah sensasi yang muncul ketika senyawa mudah menguap (volatil). Proses pengukusan menyebabkan senyawa volatil di dalam ikan terbentuk sehingga memengaruhi aroma bakso ikan. Aroma ini akan melalui rongga hidung dan akhirnya diterima oleh olkaftori (Afrianto, 2021; Wang et al., 2023). Gambar 4 menunjukkan bahwa konsentrasi ikan tertinggi memberikan aroma bakso ikan yang paling diminati oleh panelis dengan nilai 7,92. Aroma bakso ikan yang dihasilkan tidak terlalu amis, karena bahan baku ikan lemuru yang digunakan telah dikukus dengan penambahan daun jeruk (Salam et al., 2021). Daun jeruk mengandung senyawa glikosida, flavonoid, tannin, saponin dan minyak atsiri dalam bentuk 1,3,8-p-Menthatriene (17.235%), D-Limonene (16.209%), Citral (7,658%),

3-Carene (6,030%), Caryophyllene (4,750%),  $\beta$ -Ocimene (3,445%), dan  $\beta$ -Pinene (2.868%) yang dapat bertindak sebagai antibakteri dan beraroma harum (Ramadhan, 2021; Suciati, 2017; Warsito et al., 2017). Pada perlakuan P0, P1, P2 dan P3, nilai organoleptik bakso ikan berkisar 6-7 dengan spesifikasi bau spesifik produk kurang ( $p < 0,05$ ). Hal ini disebabkan karena tidak ada atau kurangnya konsentrasi daging ikan yang ditambahkan. Maka dari itu, formulasi terbaik untuk produksi bakso ikan adalah formulasi P1.

Rasa adalah salah satu parameter uji organoleptik pada produk makanan dengan menggunakan indera perasa yang dikenal dengan kucup-kucup lidah. Hasil pengujian organoleptik menjelaskan bahwa penerimaan konsumen terhadap rasa semakin tinggi seiring dengan peningkatan konsentrasi daging ikan dengan nilai tertinggi 8,36 pada formulasi P1 ( $p < 0,05$ ). Kandungan protein dan lemak pada ikan lemuru mencapai 71,32% dan 6,39% (Brillyana, 2022) sehingga cita rasa yang dihasilkan pun lebih lezat. Sarofa et al. (2022) menyatakan bahwa peningkatan rasa gurih pada makanan dipengaruhi oleh kandungan protein dan lemak dari produk tersebut. Protein sendiri dalam matriks makanan tidak memiliki rasa, namun dapat mengikat dan/atau menyerap senyawa flavor yang dapat memengaruhi kualitas rasa saat dikonsumsi (Barros et al., 2019; Carter & Drake, 2018). Untuk

mencapai rasa yang diinginkan, molekul flavor seperti lipid dapat berikatan secara erat dengan protein. Lipid dalam makanan merupakan sumber asam lemak esensial dan juga memainkan peran penting dalam rasa. Lipid berkontribusi terhadap pembentukan rasa makanan karena degradasinya menjadi senyawa yang mudah menguap selama pemrosesan makanan, pemanasan/pemasakan, dan penyimpanan dan/atau interaksi dengan konstituen lain yang antara lain dihasilkan dari reaksi Maillard dan degradasi Strecker (Domínguez et al., 2019; Shahidi & Hossain, 2022).

Paula dan Conti-Silva (2014); Ruiz-Capillas dan Herrero (2021) menjelaskan bahwa salah satu parameter organoleptik yang harus diuji adalah tekstur. Pengujian tekstur dapat dilakukan dengan memberikan tekanan pada produk melalui sentuhan kulit dan bahkan melalui pencicipan. Oleh sebab itu, parameter tekstur dapat diketahui nilainya dengan memberikan tekanan pada produk bakso ikan untuk mengetahui kekompakan, kepadatan dan kekenyalannya (Nurhuda et al., 2017). Alhaq et al. (2022); Astuti et al. (2014); Dewi (2023) melaporkan bahwa tekstur dipengaruhi oleh lamanya waktu pemasakan. Air akan terserap ke dalam tepung tapioka melalui ikatan hidrogen sehingga tepung akan mengembang dan menyebabkan bakso mengeras dengan bentuk yang kompak. Pada penelitian ini, kualitas tekstur produk meningkat seiring meningkatnya penambahan daging ikan. Merujuk pada sitasi di atas, bahwa tepung tapioka cenderung memberikan tekstur yang kasar dan alot sehingga penambahan daging ikan dapat mengubah sifat produk menjadi lebih empuk dan padat. Rahussidi et al. (2016); Sinaga et al. (2017) menambahkan bahwa selama proses pemanasan bakso, tepung tapioka akan mengalami gelatinisasi sehingga granula pati akan mengembang. Granula tersebut akan masuk ke dalam protein miofibril ikan

menyebabkan timbulnya tekanan pada protein yang disertai dengan penyerapan/penarikan air disekitar. Oleh sebab itu, konsentrasi tepung tapioka yang tinggi menyebabkan *gel strength* menjadi meningkat sehingga matriks protein menjadi kohesif dan lebih kuat. Hal ini yang melatarbelakangi tekstur bakso sangat kenyal dan sulit untuk dikunyah oleh konsumen. Berdasarkan fenomena di atas, P1 dengan nilai organoleptik sebesar 7,85 merupakan formulasi terbaik pada pembuatan bakso ikan lemuru dengan spesifikasi padat kompak.

#### Analisis Logam Berat Bahan Baku Ikan Lemuru

Hasil pengujian kandungan logam berat pada bahan baku ikan lemuru dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan hasil uji, bahan baku ikan lemuru yang berasal dari perairan Selat Bali mengandung logam berat dengan konsentrasi yang rendah. Kandungan logam berat tersebut berasal dari kegiatan industri pengalengan dan pembekuan ikan serta penangkapan ikan dan transportasi laut di sepanjang garis pantai (Mukharromah, 2015; Nisa, 2015; Ruaeny et al., 2015; Sartimbul et al., 2021). Faciu et al. (2014); Afrizki (2018) dan Lim et al. (2022) menyatakan bahwa logam berat dari perairan dan sedimen dapat terserap ke dalam tubuh ikan melalui rantai makanan atau terabsorpsi ke dalam tubuh ikan secara langsung.

Berdasarkan Tabel 2, kandungan logam berat pada ikan lemuru bervariasi antara merkuri, timbal dan kadmium. Kadar merkuri pada ikan lemuru segar mencapai  $0,013 \pm 0,02$  mg/kg, lebih tinggi dari logam berat timbal dan kadmium, yaitu sebesar  $0,002 \pm 0,002$  mg/kg. Keberadaan *fly ash boiler* dan gas hasil pembakaran dari industri disekitar garis pantai dapat menjadi salah satu faktor tingginya kandungan merkuri pada ikan lemuru (Yunita et

Tabel 2. Hasil Pengujian Kandungan Logam Berat Bahan Baku Ikan Lemuru

Table 2. Heavy Metals Result Analysis in Fresh Sardine Fish

Parameter/Parameter	Hasil Pengujian/ Result Analysis (mg/kg)	Ambang Batas Logam Berat/ Threshold of Heavy Metal <sup>1</sup> (mg/kg)
Hg	0.013 ± 0.020	0.5
Pb	0.002 ± 0.002	0.3
Cd	0.002 ± 0.002	0.1

Keterangan/Note:

Seluruh nilai merupakan rata-rata ± SD (n = 3)/all values are an average of means ± SD (n = 3)

<sup>1</sup>SNI 2729:2013 tentang ikan segar/is regarding fresh fish

al., 2017). Sedangkan logam timbal sebagian besar berasal dari hasil pembakaran transportasi dan kegiatan penangkapan ikan yang beroperasi disekitar perairan Selat Bali (Febriyanto et al., 2022; Huzairiah et al., 2022). Namun demikian, kandungan logam timbal masih terbilang rendah. Hal ini kemungkinan besar terjadi karena cemaran logam timbal pada area penangkapan tidak terlalu tinggi atau berada pada zona penangkapan yang relatif jauh dari kepadatan transportasi air atau lalu lalang kapal. Ruaeany et al. (2015) menyatakan bahwa mayoritas kandungan logam timbal di perairan berasal dari limbah bahan bakar kapal.

Selain itu, ikan lemuru juga mengandung logam kadmium. Bielak dan Marcinkowska, (2022); Febriyanto et al. (2022); Velusamy et al. (2021) melaporkan bahwa logam kadmium umumnya berasal dari kegiatan industri logam, cat dan pupuk. Namun, di perairan Selat Bali, tidak terdapat kegiatan industri yang menghasilkan produk-produk tersebut sehingga konsentrasi logam kadmium pada ikan lemuru sangat rendah. Munculnya logam kadmium pada sampel ikan lemuru dipenelitian ini dapat disebabkan oleh limbah dari kegiatan rumah tangga seperti limbah elektronik dan tangki septik yang mungkin mengalir dan bermuara di laut (Ruaeany et al., 2015).

#### Analisis Logam Bakso Ikan Lemuru

Hasil analisis logam berat pada bakso ikan lemuru ditunjukkan oleh Tabel 3. Dari hasil

pengujian, kandungan logam berat pada bakso ikan sangat rendah dan hampir tidak terdeteksi (*Not detected*). Berbeda dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Ruaeany et al., 2015) bahwa ikan lemuru mengandung kadar timbal tinggi sehingga dalam kondisi tercemar. Tetapi, pada penelitian ini terbukti sebaliknya. Kontradiksi ini kemungkinan dapat disebabkan oleh adanya perbedaan titik penangkapan ikan dimana pada studi ini area penangkapan ikan lemuru terbukti masih berada pada zona yang aman dari sumber kontaminasi logam berat. Hasil pengujian ini didukung oleh penelitian (Sartimbul et al., 2021) bahwa kandungan logam merkuri pada ikan lemuru di Perairan Muncar (Selat Bali) masih di bawah ambang batas standar. Selain itu, Mukharromah (2015) juga menyatakan bahwa merkuri pada ikan lemuru di Selat Bali hanya berkisar 120,40 ppb.

Dari hasil pengujian dapat dilihat bahwa penambahan tepung pada bakso ikan tidak dapat menghilangkan kandungan logam berat pada ikan, karena bahan baku telah mengandung logam berat yang berasal dari lingkungan sekitar (Abrian & Maulid, 2020; Ghifari et al., 2022). Abubakar dan Adeshina (2019) menyatakan bahwa perpindahan logam berat ke dalam tubuh ikan mudah terjadi karena adanya proses bioakumulasi dan biomagnifikasi pada rantai makanan. Logam berat memiliki sifat yang tidak dapat terurai secara biologis menyebabkan logam berat mudah diabsorpsi oleh biota laut perairan (bioakumulatif). Simionov et al.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kandungan Logam Berat Bakso Ikan Lemuru

Table 3. Heavy Metals Result Analysis in Sardine Fish Ball

Sampel/ Sample	Hasil Pengujian/Result Analysis (mg/kg)		
	Hg	Pb	Cd
P0	ttd <sup>a</sup>	ttd	ttd
P1	0.007 ± 0.0010 <sup>c</sup>	0.0010 ± 0.0010	0.0020 ± 0.0013
P2	0.004 ± 0.0009 <sup>b</sup>	0.0020 ± 0.0011	0.0020 ± 0.0020
P3	0.003 ± 0.0006 <sup>b</sup>	0.0011 ± 0.0009	0.0011 ± 0.0009
Ambang batas <sup>1</sup>	0.5	0.3	0.1
Ambang batas <sup>2</sup>	0.5	0.3	0.3

Keterangan:

ttd = tidak terdeteksi/ *not detected*

Seluruh nilai merupakan rata-rata (n = 3). Hasil pengujian merkuri yang diikuti huruf superscript berbeda menunjukkan beda nyata ( $p < 0,05$ ). Sedangkan hasil pengujian timbal dan kadmium tidak berbeda nyata ( $p > 0,05$ )/*all values are an average of means ± SD (n = 3). Mercury results followed by different superscript letters show significant differences ( $p < 0.05$ ). Whilst, lead and cadmium results show insignificant value ( $p > 0.05$ )*

1. SNI 7266:2017 tentang bakso ikan/*is regarding fish balls*

2. PerBPOM No 9 tahun 2022 tentang persyaratan cemaran logam berat dalam pangan olahan/*is regarding the requirements for heavy metal contamination in processed foods*

(2016) juga menambahkan bahwa tubuh ikan dapat menyerap logam berat melalui insang, permukaan tubuh dan saluran pencernaan. Darah akan mengalirkan logam berat ke seluruh bagian tubuh ikan hingga akhirnya terakumulasi di dalam organ dan jaringan (Authman, 2015).

Pada percobaan kali ini, konsentrasi logam berat tidak memberikan pengaruh terhadap hasil uji organoleptik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Konsentrasi logam berat pada produk bakso ikan juga lebih rendah dibandingkan dengan hasil pengujian pada bahan baku ikan lemuru segar (Tabel 2 dan Tabel 3). Hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan konsentrasi daging ikan yang ditambahkan. Semakin rendah daging ikan dalam campuran semakin rendah konsentrasi logam berat yang terdapat produk (Abrian & Maulid, 2020). Sedangkan pada perlakuan P0 (tanpa penambahan daging ikan), logam berat sama sekali tidak terdeteksi atau setara dengan nol ( $p < 0,05$ ). Selain itu, konsentrasi logam berat tertinggi di dalam produk bakso ikan dengan perlakuan P1, P2 dan P3 adalah merkuri (Hg) seperti trend pada bahan baku ikan lemuru. Konsentrasi Hg tertinggi adalah sebesar  $0,007 \pm 0,0010$  mg/kg (P1) dengan penambahan 300 g daging ikan ke dalam adonan. Nilai ini berbeda nyata dengan P2 (200 gram) dan P3 (100 gram) dengan konsentrasi merkuri secara berturut-turut sebesar  $0,004 \pm 0,0009$  dan  $0,003 \pm 0,0006$  mg/kg ( $p < 0,05$ ). Logam merkuri merupakan bahan kimia yang bersifat anorganik dan terdispersi di lingkungan. Kimáková et al. (2018) melaporkan bahwa mengkonsumsi produk perikanan yang terkontaminasi Hg dapat menjadi penyebab munculnya logam Hg di dalam tubuh manusia. Cemaran logam Hg pada produk bakso ikan lemuru disebabkan karena bahan baku ikan lemuru telah mengandung merkuri yang dapat disebabkan oleh *fly ash* batu bara dari kegiatan industri di sekitar perairan Selat Bali. Putri et al. (2022) menyatakan bahwa senyawa metilmerkuri merupakan molekul berbahaya karena memiliki sifat karsinogenik dan mudah teradsorpsi di dalam tubuh. Senyawa ini dapat mengganggu kesehatan manusia karena bersifat racun. Beberapa dampak berbahaya yang ditimbulkan oleh metilmerkuri adalah kerusakan fungsi otak, ginjal, sistem saraf, kardiovaskuler, reproduksi, dan cacat pada bayi (Pandey, 2017; Rice et al., 2014).

Pb dapat tersebar sepanjang 10 km dengan kedalaman 10 m dari area pencemaran (Bridgestock, 2023; Kragulj et al., 2018). Pb merupakan jenis logam yang bersifat beracun dan sulit terurai secara alami di alam (Hezbollah et al., 2016). Ardillah (2016) melaporkan bahwa

logam Pb dapat masuk ke dalam tubuh manusia akibat menghirup udara dan mengkonsumsi makanan yang terpapar Pb. Konsumsi Pb dalam konsentrasi  $\geq 0,5$  mg/kg dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti gangguan sistem saraf, hematologik dan mempengaruhi kerja ginjal (BPOM, 2022). Berdasarkan Tabel 3, kandungan timbal pada produk bakso ikan masih di bawah ambang batas yang disyaratkan oleh SNI dan BPOM sehingga konsentrasi Pb pada produk masih berada pada ambang batas yang aman dengan konsentrasi tertinggi didapatkan pada P2, yaitu  $0,0020 \pm 0,0011$  mg/kg. Nilai ini tidak berbeda nyata terhadap penambahan konsentrasi daging ikan dengan kadar logam berat pada P1 dan P3 adalah  $0,0010 \pm 0,0010$  dan  $0,0011 \pm 0,0009$  mg/kg ( $p > 0,05$ ). Konsentrasi Pb yang rendah pada bahan baku dapat menjadi penyebab perubahan tidak signifikan pada perlakuan yang diamati sehingga menghasilkan konsentrasi Pb yang rendah juga pada bakso ikan. Hal ini dikarenakan, logam berat tidak dapat dihilangkan melalui proses pencampuran dengan tepung tapioka. Meskipun terdapat sedikit perbedaan kadar Pb pada P1-P3, nilai tersebut dapat disebabkan oleh faktor ketidakseragaman pengambilan daging ikan pada partisi atau bagian ikan yang berbeda. Selain itu, konsentrasi Pb pada daging ikan lumat yang telah dibuat dapat bervariasi antara satu bagian dengan yang lainnya mengakibatkan perbedaan kadar Pb saat dicampur dengan tepung tapioka.

Logam kadmium (Cd) ialah logam berat yang mudah terkonsentrasi di dalam air. Limbah yang berasal dari kegiatan elektroplating, pewarnaan dengan pigmen sintesis di industri tekstil dan plastik biasanya menjadi penyebab cemaran Cd di perairan. Logam berat ini merupakan logam yang sangat berbahaya serta dapat tersebar sejauh 50 km dari sumbernya (Caksana et al., 2021; Chiarelli et al., 2019). Kadmium dapat masuk ke dalam tubuh melalui sistem pernapasan dan pencernaan sehingga memberikan dampak negatif seperti kerusakan ginjal, sistem saraf dan renal tubules (Ardillah, 2016; He et al., 2023; Shi et al., 2016). Logam Cd juga dapat mengakibatkan kardiovaskuler, diabetes tipe 2 dan kanker (Chunhabundit, 2016). Konsentrasi kadmium tertinggi pada produk bakso ikan didapatkan pada P1 dan P2 sebesar  $0,0020 \pm 0,0013$  mg/kg sedangkan pada P3 sebesar  $0,0011 \pm 0,0009$  mg/kg ( $p > 0,05$ ). Hasil ini menunjukkan bahwa konsentrasi kadmium tidak berbeda nyata dengan penambahan konsentrasi daging ikan. Rendahnya kadar kadmium pada bahan baku dapat menjadi penyebab perbedaan yang tidak signifikan pada perlakuan yang diamati. Kadar Cd pada bakso

ikan juga lebih rendah dibandingkan dengan standar dari SNI dan BPOM yang disyaratkan. Hal ini dikarenakan, aktifitas industri penghasil kadmium tidak berada disekitar perairan Selat Bali. Kandungan logam kadmium yang terdeteksi dapat disebabkan oleh sumber pencemar lainnya seperti endapan sampah dan penggunaan bahan bakar fosil (Noviansyah et al., 2021; Rachmaningrum et al., 2015).

## KESIMPULAN

Penelitian menemukan bahwa bahan baku ikan lemuru segar yang didapatkan dari PPN Pengembangan memiliki nilai rata-rata organoleptik sebesar delapan sehingga kesegaran ikan lemuru masih terjaga dengan baik. Bahan baku ikan lemuru juga mengandung konsentrasi logam berat (Hg, Pb dan Cd) yang rendah yaitu sebesar  $0,013 \pm 0,020$ ,  $0,002 \pm 0,002$  dan  $0,002 \pm 0,002$  mg/kg. Nilai tersebut masih di bawah ambang batas yang dikeluarkan oleh SNI. Adapun perlakuan penambahan daging ikan dan tepung tapioka memberikan hasil organoleptik terbaik pada formulasi P1 (300 g daging ikan dan 100 g tepung tapioka). Parameter organoleptik yang didapatkan meliputi kenampakan (7,34), bau (7,92), rasa (8,36) dan tekstur (7,85) ( $p < 0,05$ ). Hal ini menunjukkan bahwa bakso ikan dapat diterima oleh konsumen. Sedangkan konsentrasi logam berat (mg/kg) pada produk bakso dengan perlakuan terbaik (P1) sebesar  $0,007 \pm 0,0010$  (Hg,  $p < 0,05$ ),  $0,0010 \pm 0,0010$  (Pb,  $p > 0,05$ ) dan  $0,0020 \pm 0,0013$  (Cd,  $p < 0,05$ ) yakni masih berada pada rentang nilai yang dipersyaratkan oleh SNI dan BPOM.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan untuk Balai Karantina Ikan, Pengendalian Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan Denpasar atas dukungan tempat pengujian logam berat pada penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abrian, S., & Maulid, D. (2020). Analisis proksimat dan logam berat pada tempe dengan penambahan tepung ikan. *Jurnal Marlin*, 1(2), 83–91.
- Abubakar, M. I.-O., & Adeshina, I. (2019). Heavy metals contamination in the tissues of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) obtained from two earthen dams (Asa and University of Ilorin Dams) in Kwara State of Nigeria. *Harran Üniv Vet Fak Derg*, 8(1), 26–32.
- Afrianto, (2021). Studi penerimaan konsumen terhadap bakso kerang darah (*Anadara granosa*) dengan jumlah bahan pengikat berbeda. *Skripsi*, Universitas Riau, Riau.
- Afrizki, O. Y. (2018). Analisis kadar timbal pada ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) di Sungai Lesti Kabupaten Malang dengan menggunakan metode spektroskopi serapan atom (SSA). *Skripsi*, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.
- Alam, M., Rohani, M., & Hossain, M. (2023). Heavy metals accumulation in some important fish species cultured in commercial fish farm of Natore, Bangladesh and possible health risk evaluation. *Emerging Contaminants*, 9(4), <https://doi.org/100254>. 10.1016/j.emcon.2023.100254
- Alhaq, F. F. Z., Haryati, S., Surilayani, D., & Munandar, A. (2022). Komposisi proksimat dan penerimaan hedonik bakso ikan malingping komersial. *Jurnal Agribisnis Perikanan*, 15(2), 791–801.
- Andayani, T., Yusuf, H., & Rini, Y. (2014). Minyak atsiri daun sirih merah (*Piper crocatum*) sebagai pengawet alami pada ikan teri (*Stephophorus indicus*). *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*, 2(2), 123–130.
- Arantes, F. P., Savassi, L. A., Santos, H. B., Gomes, M. V. T., & Bazzoli, N. (2016). Bioaccumulation of mercury, cadmium, zinc, chromium, and lead in muscle, liver, and spleen tissues of a large commercially valuable catfish species from Brazil. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 88(1), 137–147. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201620140434>
- Ardillah, Y. (2016). Risk factors of blood lead level. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 7(3), 150–155. <https://doi.org/10.26553/jikm.2016.7.3.150-155>
- Arifin, Z., Yulianda, F., & Imran, Z. (2019). Analisis keanekaragaman biota laut sebagai daya tarik wisata underwater macro photography (UMP) di Perairan Tulamben, Bali. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 11(2), 335–346. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v11i2.23383>
- Arrazy, M., & Primadini, R. (2021). Potensi subsektor perikanan pada provinsi-provinsi di Indonesia. *Jurnal Bina Bangsa Ekonomika*, 14(1), 1–13.
- Assogba, M. F., Anihouvi, E. L., Adinsi, L., Boukary, B., Kpoclou, Y. E., Mahillon, J., Scippo, M., Hounhouigan, D. J., & Anihouvi, V. B. (2021). Sensory profiling of meat and fish products obtained by traditional grilling, smoking and smoking-drying processes. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 30(4), 378-391. <https://doi.org/10.1080/10498850.2021.1888833>
- Astuti, R. T., Darmanto, Y. S., & Wijayanti, I. (2014). Pengaruh penambahan isolat protein kedelai terhadap karakteristik bakso dari surimi ikan swangi (*Priacanthus tayenus*). *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 3(3), 47–54.
- Authman, M. M. (2015). Use of fish as bio-indicator of the effects of heavy metals pollution. *Journal of Aquaculture Research & Development*, 6(4). <https://doi.org/10.4172/2155-9546.1000328>
- Aziza, T., Affandi, D. R., & Manuhara, G. J. (2015). Bakso ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) dengan filler tepung gembili sebagai fortifikan inulin. *Jurnal Teknologi Hasil*

- Pertanian*, 8(2), 77. <https://doi.org/10.20961/jthp.v0i0.12894>
- Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM). (2022). *Peraturan BPOM nomor 9 tentang persyaratan cemaran logam berat dalam pangan olahan*. Badan Pengawas Obat dan Makanan. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2021). *Statistik Perusahaan Perikanan*. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2022). *Kabupaten Jembrana dalam angka*. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2011). *SNI-01-2346-2011 tentang petunjuk pengujian organoleptik dan atau sensori pada produk perikanan*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *SNI 2354.5:2011 tentang cara uji kimia – bagian 5: penentuan kadar logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada produk perikanan*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). *SNI 7266:2017 tentang bakso ikan*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). *SNI 2729:2013 tentang ikan segar*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2016). *SNI 2354.6:2016 cara uji kimia - bagian 6: penentuan kadar logam berat merkuri (Hg)*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Balai Karantina Ikan, Pengendalian Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan Denpasar. (2021). *K7.1.14.2/ INTEGRASI/DPS tentang instruksi kerja pengujian logam berat*.
- Barros, M. R., Menezes, T. M., da Silva, L. P., Pires, D. S., Princival, J. L., Seabra, G., & Neves, J. L. (2019). Furan inhibitory activity against tyrosinase and impact on B16F10 cell toxicity. *International Journal of Biological Macromolecules*, 136, 1034–1041. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.06.120>
- Bielak, E., & Marcinkowska, E. (2022). Heavy metals in leathers, artificial leathers, and textiles in the context of quality and safety of use. *Scientific Reports*, 12(1), 5061. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-08911-9>
- Bridgestock, L. (2023). Lead contamination of the deep Pacific Ocean via exchange with sinking particles. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(26). <https://doi.org/10.1073/pnas.2308014120>
- Brillyana, S. (2022). Kualitas konsentrat protein ikan dari ikan selangkat (*Anodontostoma chacunda*), ikan seluang (*Rasbora argyrotaenia*) dan ikan lemuru (*Sardinella lemuru*). *Skripsi*, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin.
- Caksana, M. U., Aritonang, A. B., Risiko, Muliadi, & Sofiana, M. S. J. (2021). Analisis kandungan logam berat Pb, Cd dan Hg pada ikan di Pantai Samudra Indah Kabupaten Bengkayang. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 4(3), 109–118.
- Carter, B. G., & Drake, M. A. (2018). Invited review: The effects of processing parameters on the flavor of whey protein ingredients. *Journal of Dairy Science*, 101(8), 6691–6702. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14571>
- Carvalho, T. L. A. de B., Do-Nascimento, A. A., Gonçalves, C. F. D. S., Dos-Santos, M. A. J., & Sales, A. (2020). Assessing the histological changes in fish gills as environmental bioindicators in Paraty and Sepetiba bays in Rio de Janeiro, Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 48(4), 590–601. <https://doi.org/10.3856/vol48-issue4-fulltext-2351>
- Chiarelli, R., Martino, C., & Rochheri, M. C. (2019). Cadmium stress effects indicating marine pollution in different species of sea urchin employed as environmental bioindicators. *Cell Stress and Chaperones*, 24(4), 675–687. <https://doi.org/10.1007/s12192-019-01010-1>
- Chunhabundit, R. (2016). Cadmium exposure and potential health risk from foods in contaminated area, Thailand. *Toxicological Research*, 32(1), 65–72. <https://doi.org/10.5487/TR.2016.32.1.065>
- Dewi, R. N. (2023). Occupational health and safety risk analysis using AS/NZS standard 4360:2004 in the fish meatball industry. *Journal of Industrial Engineering: Research and Application*, 25(1), 31–41.
- Dewi, R. N., & Farida, I. (2023). Pengaruh suhu penerimaan sampel dan bentuk olahan ikan tuna (*Thunnus sp.*) terhadap kadar histamin menggunakan metode elisa. *Buletin Jalanidhith Sarva Jivitam*, 5(1), 55. <https://doi.org/10.15578/bjsj.v5i1.12423>
- Dominguez, R., Pateiro, M., Gagaoua, M., Barba, F. J., Zhang, W., & Lorenzo, J. M. (2019). A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products. *Antioxidants*, 8(10), 429. <https://doi.org/10.3390/antiox8100429>
- Emon, F. J., Rohani, M. F., Sumaiya, N., Tuj Jannat, M. F., Akter, Y., Shahjahan, M., Kari, Z. A., Tahiluddin, A. B., & Goh, K. W. (2023). Bioaccumulation and bioremediation of heavy metals in fishes—a review. *Toxics*, 11(6), 510. <https://doi.org/10.3390/toxics11060510>
- Faciú, M. E., Lazar, I., Ifrim, I., Ureche, C., & Lazar, G. (2014). Exploratory spatial data analysis of heavy metals concentration in two sampling sites on Siret River. *Environmental Engineering and Management Journal*, 13(9), 2179–2186. <https://doi.org/10.30638/eemj.2014.242>
- Febriyanto, Y., Perwira, I. Y., & Sari, A. H. W. (2022). Perbandingan kandungan logam berat pada sedimen di kawasan hutan mangrove Perancak dan Tahura Ngurah Rai. *Current Trends in Aquatic Science*, 5(1), 34–39.
- Ghazali, M., Rabbani, R., Sari, M., Rohman, Muh. H., Nasiruddin, M. H., Suherman, S., & Nurhayati, N. (2021). Pelatihan pengolahan kerupuk ikan di Desa Ekas Buana Kecamatan Jerowaru Kabupaten Lombok Timur. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 4(2). <https://doi.org/10.29303/jpmipi.v4i2.683>
- Ghifari, F., Santoso, A., & Suprijanto, J. (2022). Potensi risiko kesehatan manusia akibat konsumsi Perna viridis yang mengandung kadmium. *Journal of Marine*

- Research*, 11(1), 19–29. <https://doi.org/10.14710/jmr.v11i1.32338>
- Gustini, S. K., & Ari, H. Y. (2014). Kualitas ikan kembung (*Rastrelliger kanagurta*) setelah perendaman dalam kitosan ditinjau dari aspek mikrobiologi dan organoleptik. *Jurnal Protobiont*, 3(2), 100–105.
- He, Y., Fang, H., Pan, X., Zhu, B., Chen, J., Wang, J., Zhang, R., Chen, L., Qi, X., & Zhang, H. (2023). Cadmium exposure in aquatic products and health risk classification assessment in residents of Zhejiang, China. *Foods*, 12(16), 3094. <https://doi.org/10.3390/foods12163094>
- Hezbollah, M., Sultana, S., Chakraborty, S. R., & Patwary, M. I. (2016). Heavy metal contamination of food in a developing country like Bangladesh: An emerging threat to food safety. *Journal of Toxicology and Environmental Health Sciences*, 8(1), 1–5. <https://doi.org/10.5897/JTEHS2016.0352>
- Huzairiah, M., Nugraha, M. A., & Pamungkas, A. (2022). Kontaminasi logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada sedimen estuari baturusa, Kota Pangkalpinang. *Journal of Tropical Marine Science*, 5(1), 19–29. <https://doi.org/10.33019/jour.trop.mar.sci.v5i1.2558>
- Isangedighi, I. A., & David, G. S. (2019). Heavy metals contamination in fish: effects on human health. *Journal of Aquatic Science and Marine Biology*, 2(4), 7-12. <https://doi.org/10.22259/2638-5481.0204002>
- Jamila, P. (2021). Comparative studies on the nutrition of two species of sardine, *Sardinella longiceps* and *Sardinella fimbriata* of South East Coast of India. *Food Science & Nutrition Technology*, 6(4), 1-12. <https://doi.org/10.23880/fsnt-16000272>
- Karim, M., & Aspari, D. (2014). Pengaruh penambahan tepung karagenan terhadap mutu kekenyalan bakso ikan gabus. *Jurnal Batik Diwa*, 6(2), 41–49.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2022). *Rilis data kelautan dan perikanan tahun 2022*. <https://sosek.info/wp-content/uploads/2023/02/Rilis-Data-Kelautan-dan-Perikanan-Triwulan-IV-Tahun-2022-1>
- Kimáková, T., Kuzmová, L., Nevolná, Z., & Bencko, V. (2018). Fish and fish products as risk factors of mercury exposure. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 25(3), 488–493. <https://doi.org/10.26444/aaem/84934>
- Kragulj, T., Purić, M., Bursić, V., Đukić, M., Vuković, G., Puvača, N., & Petrović, A. (2018). Lead contamination of fish and water from coastal sea of Barregion (Montenegro). *Journal of Agronomy, Technology and Engineering Management*, 1(1), 124–129.
- Lauteri, C., Ferri, G., & Pennisi, L. (2023). A quality index method-based evaluation of sensory quality of red mullet (*Mullus barbatus*) and its shelf-life determination. *Italian Journal of Food Safety*, 12(1). <https://doi.org/10.4081/ijfs.2023.10927>
- Lim, Y.-C., Chen, C.-F., Tsai, M.-L., Wu, C.-H., Lin, Y.-L., Wang, M.-H., Albarico, F. P. J. B., Chen, C.-W., & Dong, C.-D. (2022). Impacts of fishing vessels on the heavy metal contamination in sediments: a case study of Qianzhen Fishing Port in Southern Taiwan. *Water*, 14(7), 1174. <https://doi.org/10.3390/w14071174>
- Mailoa, M. N., Savitri, I. K. E., Lokollo, E., & Kdise, S. S. (2020). Mutu organoleptik ikan layang (*Decapterus* sp.) segar selama penjualan di pasar tradisional Kota Ambon. *Majalah BIAM*, 16(1), 36–44.
- Malik, D. P., Yusuf, S., & Willem, I. (2021). Analisis kandungan logam berat timbal (Pb) pada air laut dan sedimen di Perairan Tanggul Soreang Kota Parepare. *Jurnal Ilmiah Manusia Dan Kesehatan*, 4(1), 135–145.
- Mardani, N. P. S., Restu, I. W., & Sari, A. H. W. (2018). Kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada badan air dan ikan di perairan Teluk Benoa, Bali. *Current Trends in Aquatic Science*, 1(1), 106–113.
- Mukharromah. (2015). Penentuan kadar merkuri (Hg) dalam ikan lemuru (*Sardinella lemuru*) menggunakan dekstruksi basah secara spektroskopi serapan atom uap dingin (SSA-UD). *Skripsi*, UIN Maulana Malik Ibrahim, Malang.
- Nisa, A. K. (2015). Penentuan kadar merkuri dalam kerang hijau (*Perna viridis*) menggunakan dekstruksi refluks secara spektroskopi serapan atom uap dingin (SSA-UD). *Skripsi*, UIN Maulana Malik Ibrahim, Malang.
- Noor, R. J., Kabangnga, A., & Fathuddin. (2021). Distribusi spasial dan faktor kontaminasi logam berat di pesisir Kota Makassar. *Jurnal Kelautan Tropis*, 24(1), 93–101.
- Noviansyah, E., Batu, L., Floranthus, D. T., & Setyobudiandi, I. (2021). Kandungan logam kadmium (Cd) pada air laut, sedimen, dan kerang hijau di perairan Tambak Lorok dan Perairan Morosari. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 26(1), 128–135. <https://doi.org/10.18343/jipi.26.1.128>
- Nurhidayati. (2020). *Identifikasi pencemaran logam berat di sekitar Pelabuhan Lembar menggunakan analisa parameter fisika dan kimia*. Universitas Islam Negeri, Mataram.
- Nurhuda, H. S., Junianto, & Rochima, E. (2017). Penambahan tepung karagenan terhadap tingkat kesukaan bakso ikan manyung. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 8(1), 157–164.
- Opasola, O. A., Adeolu, A. T., Iyanda, A. Y., Adewoye, S. O., & Olawale, S. A. (2019). Bioaccumulation of heavy metals by *Clarias gariepinus* (African Catfish) in Asa River, Ilorin, Kwara State. *Journal of Health and Pollution*, 9(21), 190303. <https://doi.org/10.5696/2156-9614-9.21.190303>
- Pandey, G. (2017). Environmental mercury toxicity in fish: an overview. *World Journal of Pharmaceutical Research*, 6(1), 295–303.
- Pariansyah, A., Herliany, N. E., & Negara B.F.S.P. (2018). Aplikasi maserat buah mangrove *Avicennia marina* sebagai pengawet alami ikan nila segar. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 5(1), 36–44.
- Paula, A. M., & Conti-Silva, A. C. (2014). Texture profile and correlation between sensory and instrumental analyses on extruded snacks. *Journal of Food Engineering*, 121, 9–14. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.08.007>

- Peraturan Pemerintah. (2004). *Keamanan, Mutu dan Gizi Pangan*.
- Pertami, N. D., Rahardjo, M. F., Damar, A., & Nurjaya, I. W. (2020). Ikan lemuru, primadona perikanan Selat Bali yang menghilang. *Warta Iktiologi*, 4(1), 1–7.
- Pramiastuti, O., & Rejeki, D. S. (2021). Kandungan Cd dan Cu pada Sungai Gung, Sibelis, dan Kemiri di Wilayah Tegal. *Jurnal Ilmu Teknologi Kesehatan Bhamada*, 12(1), 55–59.
- Putra, M. D. N., Widada, S., & Atmodjo, W. (2021). Studi kandungan logam berat timbal (Pb) pada sedimen dasar perairan Banjir Kanal Timur Semarang. *Indonesia Journal of Oceanography*, 4(3), 13–21.
- Putri, H. D., Elfidasari, D., Haninah, & Sugoro, I. (2022). Bahaya kandungan logam berat (Cd, Hg, Pb) pada produk olahan *Pterygoplichthys pardalis* asal Sungai Ciliwung Jakarta Bagi Kesehatan Manusia. *Jurnal Pengolahan Pangan*, 7(1), 7–13.
- Rachmaningrum, M., Wardhani, E., & Pharmawati, K. (2015). Konsentrasi logam berat kadmium (Cd) pada perairan Sungai Citraum hulu segmen Dayeuhkolot-Nanjung. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 3(1), 1–11.
- Rahussidi, M. A., Sumardianto, & Wijayanti, I. (2016). Pengaruh perbandingan konsentrasi tepung tapioka (*Manihot utilissima*) dan tepung kentang (*Solanum Tuberosum*) terhadap kualitas bakso ikan lele (*Clarias batrachus*). *Jurnal Pengolahan Dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 5(3), 17–24.
- Ramadhan, F. (2021). *Profil kandungan kimia dari minyak atsiri kulit buah dan daun jeruk nipis (Citrus aurantifolia) serta aktivitas antibakterinya*. Universitas Andalas.
- Rice, K. M., Walker, E. M., Wu, M., Gillette, C., & Blough, E. R. (2014). Environmental mercury and its toxic effects. *Journal of Preventive Medicine & Public Health*, 47(2), 74–83. <https://doi.org/10.3961/jpmph.2014.47.2.74>
- Ruaeny, T. A., Hariyanto, S., & Soegianto, A. (2015). Contamination of copper, zinc, cadmium, and lead in fish species captured from Bali Strait, Indonesia, and potential risks to human health. *Cah. Biol. Mar*, 56, 89–95.
- Ruiz-Capillas, C., & Herrero, A. M. (2021). Sensory analysis and consumer research in new product development. *Foods*, 10(3), 582. <https://doi.org/10.3390/foods10030582>
- Salam, F., Liputo, S. A., & Une, S. (2021). Pengaruh penambahan daun jeruk purut (*Citrus hystrix* D.C) terhadap kerusakan abon ikan tongkol (*Euthynnus affinnis*) selama penyimpanan. *Jambura Journal of Food Technology*, 3(2), 27–37.
- Santos, H. O., May, T. L., & Bueno, A.A. (2023). Eating more sardines instead of fish oil supplementation: Beyond omega-3 polyunsaturated fatty acids, a matrix of nutrients with cardiovascular benefits. *Frontiers in Nutrition*, 10(1). <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1107475>
- Sarofa, U., L. A., Wicaksono, A. I., & Wayuni. (2022). Pengaruh konsentrasi tapioka dan margarin terhadap karakteristik patty burger keong sawah (*Pila ampullacea*). *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 10(2), 101–107.
- Sartimbul, A., Amandani, J. A., Yona, D., & Fuad, M. A. Z. (2021). Mercury content of *Sardinella lemuru* caught in East Java and Bali waters. *Journal of Physics: Conference Series*, 1869(1), 012004. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1869/1/012004>
- Shahidi, F., & Hossain, A. (2022). Role of lipids in food flavor generation. *Molecules*, 27(15), 5014. <https://doi.org/10.3390/molecules27155014>
- Shahjahan, M., Taslima, K., Rahman, M. S., Al-Emran, M., Alam, S. I., & Faggio, C. (2022). Effects of heavy metals on fish physiology – a review. *Chemosphere*, 300, 134519. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134519>
- Shi, W., Zhao, X., Han, Y., Che, Z., Chai, X., & Liu, G. (2016). Ocean acidification increases cadmium accumulation in marine bivalves: a potential threat to seafood safety. *Scientific Reports*, 6(1), 20197. <https://doi.org/10.1038/srep20197>
- Silva, F., Duarte, A. M., Mendes, S., Magalhaes, E., Pinto, F. R., Barroso, S., Neves, A., Sequeira, V., Vieira, A. R., & Gordo, L. (2020). Seasonal sensory evaluation of low commercial value or unexploited fish species from the Portuguese Coast. *Foods*, 9(12), 1880. <https://doi.org/10.3390/foods9121880>
- Simionov, I.-A., Cristea, V., Petrea, Ş.-M., Sîrbu, E. (Bocioc), Coadă, M. T., & Cristea, D. S. (2016). The presence of heavy metals in fish meat from Danube River: an overview. *AACL Bioflux*, 9(1), 1388–1399.
- Sinaga, D. D., Herpandi, & Nopianti, R. (2017). Karakteristik bakso ikan patin (*Pangasius pangasius*) dengan penambahan karagenan, isolat protein kedelai, dan sodium tripolyphospat. *Fishtech - Jurnal Teknologi Hasil Perikanan*, 6(1), 1–13.
- Smith, S. A., Newman, S. J., Coleman, M. P., & Alex, C. (2018). Characterization of the histologic appearance of normal gill tissue using special staining techniques. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 30(5), 688–698. <https://doi.org/10.1177/1040638718791819>
- Suciati, I. (2017). Perbedaan daya hambat ekstrak daun jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) dengan daun salam (*Syzygium polyanthum* wight) terhadap pertumbuhan *Staphylococcus epidermidis* dan pemanfaatannya sebagai buku ilmiah populer. *Skripsi*, Universitas Jember, Jember.
- Sudarmanto, F. M., & Setiawan, I. (2022). Penelitian mutu secara organoleptik ikan patin (*Pangasius* sp.) segar di Pasar Bauntung, Banjarbaru, Kalimantan Selatan. *Food Scientia Journal of Science and Technology*, 2(1), 85–98.
- Susilo, E., Kresnabayu, I. M., & Swastan, I. G. A. (2021). Peta lokasi penangkapan ikan lemuru di Selat Bali. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 5(2), 402–409.
- Utari, S. P. S. D., & Dewi, R. N. (2022). Analysis of histamin content in loin tuna (*Thunnus maccoyii*) in Denpasar, Bali. *Jurnal Terubuk*, 50(3), 1686-1689.
- Syafitri, Metusalach, & Fahrul. (2016). Studi kualitas ikan segar secara organoleptik yang dipasarkan di

- Kabupaten Jeneponto. *Jurnal IPTEKS PSP*, 3(6), 544–552.
- Velusamy, S., Roy, A., Sundaram, S., & Kumar Mallick, T. (2021). A review on heavy metal ions and containing dyes removal through graphene oxide-based adsorption strategies for textile wastewater treatment. *The Chemical Record*, 21(7), 1570–1610. <https://doi.org/10.1002/tcr.202000153>
- Wahyu, Y. I., Ariadi, P. S., & Sayuti, dan J. (2019). Penilaian mutu secara organoleptik ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) di Pelabuhan Perikanan Pantai Pondokdadap Kabupaten Malang. *Samakia: Jurnal Ilmu Perikanan*, 10(2), 66–72.
- Wang, S., Yang, F., Wu, Y., Jiang, Q., Xu, Y., Yu, P., Gao, P., Yu, D., & Xia, W. (2023). Effect of sugar reduction on sensory characteristics of dried fish mince product. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, <https://doi.org/10.1002/jsfa.13046>
- Warsito, W., Palungan, M. H., & Utomo, E. P. (2017). Profiling study of the major and minor components of lime oil (*Citrus hystrix* DC.) in the fractional distillation process. *Pan African Medical Journal*, 27. <https://doi.org/10.11604/pamj.2017.27.282.9679>
- Wudianto, & Wujdi, A. (2014). Variasi ukuran ikan lemuru (*Sardinella Lemuru* Bleeker, 1853) secara temporal dan spasial di perairan Selat Bali. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 20(1), 9–17.
- Yona, D., Sari, S. H. J., Kretarta, A., Effendy, C. R. P., Aini, M. N., & As`Adi, dan M. A. (2018). Distribusi dan status kontaminasi logam berat pada sedimen di sepanjang pantai barat perairan Selat Bali, Banyuwangi. *Journal of Fisheries and Marine Science*, 1(2), 21–30.
- Yunita, E., Rahmaniah, & Fitriyanti. (2017). Analisis potensi dan karakteristik limbah padat fly ash dan bottom ash hasil dari pembakaran batubara pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) PT. Semen Tonasa. *Jurnal Fisika dan Terapannya*, 4(1), 93–106.