



PARAMETER KEMUNDURAN MUTU SEBAGAI INDIKATOR PEMBEDA ASAL FORMALDEHIDA PADA IKAN OPAH SELAMA PENYIMPANAN SUHU *CHILLING*

Annisaa Nurul Fikriyah^{1*}, Nurjanah¹, Tati Nurhayati¹,

Gian Primahana², Giri Rohmad Barokah³

¹Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University

Jalan Agatis Kampus IPB Dramaga, Bogor, Jawa Barat Indonesia 16680

²Pusat Riset Bahan Baku Obat dan Obat Tradisional - BRIN

Jalan Raya Jakarta - Bogor Km 46, Cibinong, Jawa Barat 16911

³Pusat Riset Teknologi dan Proses Pangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)

Jalan Jogja-Wonosari Km 45, Playen, Wonosari, Gunung Kidul, Yogyakarta Indonesia 5586¹

Diterima: 28 Juni 2024/Disetujui: 2 Oktober 2024

*Korespondensi: an2afikriyah@apps.ipb.ac.id

Cara sitasi (APA Style 7th): Fikriyah, A. N., Nurjanah, Nurhayati, T., Primahana, G., & Barokah, G. R. (2024). Parameter kemunduran mutu sebagai indikator pembeda asal formaldehida pada ikan opah selama penyimpanan suhu *chilling*. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 27(10), 932-943. <http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v27i10.56765>

Abstrak

Ikan opah (*Lampris guttatus*) merupakan salah satu jenis ikan laut yang mengandung kadar formaldehida alami cukup tinggi. Hal tersebut menjadi hambatan utama karena disebabkan oleh pendeteksian formaldehida alami dan formaldehida artifisial yang ditambahkan. Pembusukan pada ikan dapat mengakibatkan pembentukan formaldehida secara alami melalui reduksi enzimatis trimetilamina oksida (TMAO), yang mengarah pada pembentukan produk sampingan, yaitu formaldehida dan dimetilamina (DMA). Penelitian ini bertujuan menentukan indikator pembeda antara formaldehida alami dan artifisial berdasarkan parameter kemunduran mutu pada ikan opah selama 14 hari penyimpanan suhu *chilling*. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap faktorial (RALF) dengan perlakuan penambahan konsentrasi formaldehida 0, 2 dan 4% serta waktu penyimpanan selama 14 hari. Parameter yang diamati, yaitu pH, *total volatile base* (TVB), formaldehida (FA), dan dimetilamina (DMA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi formaldehida 0% memiliki nilai yang berbeda nyata dengan konsentrasi lainnya. Formaldehida (FA) dapat menjadi indikator kuat sebagai pembeda asal formaldehida pada ikan. Parameter lain, yaitu pH, TVB dan DMA tidak dapat dijadikan sebagai indikator tunggal, tetapi kombinasi keempat parameter kemunduran mutu dapat digunakan sebagai indikator kuat pembeda asal formaldehida pada ikan opah.

Kata kunci: basa volatil, dimetilamina, *Lampris guttatus*, pH, TVB

Quality Deterioration Parameters as A Differentiating Indicator of Formaldehyde Origin in Moonfish During Chilling Temperature Storage

Abstrak

Moonfish (*Lampris guttatus*) is a marine fish that contains relatively high levels of natural formaldehyde. This has become a major obstacle, owing to the detection of both naturally occurring formaldehyde and the addition of artificial formaldehyde. Decomposition in fish can lead to the natural formation of formaldehyde through enzymatic reduction of trimethylamine oxide (TMAO), resulting in the formation of byproducts such as formaldehyde and dimethylamine. (DMA). This study aimed to determine the distinguishing indicators between natural and artificial formaldehyde based on quality deterioration parameters in opah fish during 14 days of cold storage. This study used a completely randomized factorial design with treatments of adding formaldehyde concentrations of 0, 2, and 4% and a storage time of 14 days.

The observed parameters were the pH, total volatile base (TVB), formaldehyde (FA), and dimethylamine (DMA). The results indicate that the formaldehyde concentration of 0% has a significantly different value than the other concentrations. Formaldehyde (FA) is a strong indicator to differentiate the source of formaldehyde levels in fish. Another parameter, pH, TVB, and DMA, cannot be used as a single indicator, but the combination of the four quality deterioration parameters can serve as a strong distinguishing indicator of formaldehyde origin in moonfish.

Keywords: dimethylamine, *Lampris guttatus*, pH, TVB, volatile base

PENDAHULUAN

Ikan menjadi salah satu komoditas pangan yang bersifat mudah mengalami kerusakan (*highly perishable food*) jika dibandingkan dengan komoditas pangan lainnya. Kerusakan pada ikan terjadi akibat enzim dalam tubuh ikan maupun aktivitas mikroba yang berasal dari lingkungan. Kadar air yang cukup tinggi pada ikan dapat mempercepat berkembangnya mikroorganisme pembusuk sehingga daya tahan ikan segar tidak berlangsung lama (Rihayat *et al.*, 2022). Mutu ikan juga dipengaruhi oleh beberapa faktor lain yaitu cara penangkapan, cara penyiangan, penanganan, kondisi lingkungan, serta kondisi penyimpanan (Dowlati *et al.*, 2013). Penanganan ikan menjadi salah satu aspek penting untuk menjaga mutu ikan. Penanganan yang tepat dan dianggap paling baik untuk mempertahankan mutu ikan segar adalah penerapan suhu rendah (rantai dingin) sehingga dapat menunda proses pembusukan ikan (Zailanie, 2015). Penanganan dengan suhu rendah (rantai dingin) pada ikan dimulai sejak ikan ditangkap, penanganan pada saat di kapal, penanganan pada saat di tempat pelelangan ikan (TPI) dan penanganan pada saat proses distribusi dari pedagang ke konsumen (Wati & Hafiludin, 2023). Kondisi suhu rendah yang diterapkan menyebabkan lambatnya pertumbuhan bakteri pembusuk dan proses-proses biokimia yang berkaitan dengan kemunduran mutu pada tubuh ikan tertunda (Adawyah, 2014).

Penerapan suhu rendah pada ikan dapat dilakukan dengan menggunakan es balok, akan tetapi terdapat kendala yaitu jumlah es yang dibutuhkan cukup banyak sehingga harganya relatif mahal. Kendala tersebut menyebabkan oknum nelayan yang menyalahgunakan formalin sintetis untuk proses pengawetan ikan (Mardiana *et al.*, 2020). Formalin telah

tersebar luas di kalangan masyarakat sebagai pengawet ikan. Penambahan formalin pada ikan dapat menyebabkan proses pembusukan ikan menjadi lebih lambat karena bersifat sebagai antibakteri (Ma'rif *et al.*, 2013). Oknum nelayan menggunakan formalin sebagai pengawet ikan karena efektif dalam mempertahankan kesegaran dan harganya lebih murah. Formalin tidak diizinkan sebagai bahan pengawet makanan karena berbahaya bagi kesehatan manusia karena tergolong *non food grade* (Dewi *et al.*, 2022).

Kebijakan dan regulasi terkait formaldehida telah diterapkan di beberapa negara, salah satunya Sri Lanka yang memiliki batas maksimum 5 mg/kg (BPOM, 2019), padahal ikan dapat membentuk formaldehida alami yang kadarnya cukup tinggi. Pendeteksian kandungan formaldehida pada ikan merupakan formaldehida total yang terdiri atas formaldehida alami dan formaldehida sintetis yang ditambahkan (Murtini *et al.* 2014). Formaldehida alami pada ikan merupakan produk dekomposisi enzimatis yang terbentuk selama fase *post mortem* dan berasal dari enzim trimetilamina oksida (TMAO) melalui reaksi reduksi dengan hasil samping berupa dimetilamin atau DMA (Leelapongwattana *et al.*, 2005; Nuraini *et al.*, 2017). TMAO berasal dari derivat trimetilamonium dari grup kolin, sementara kolin sendiri akan dioksidasi lebih lanjut menjadi trimetilamin (TMA) dalam ikan oleh bakteri. Basa-basa volatil (TVBN), TMAO, TMA, DMA, dan formaldehida merupakan senyawa-senyawa yang muncul sebagai hasil penguraian daging ikan baik oleh bakteri ataupun enzim (Seibel *et al.*, 2002; Murtini *et al.*, 2014).

Ikan opah (*Lampris guttatus*) merupakan salah satu jenis ikan yang termasuk ke dalam hasil tangkapan sampingan (HTS). HTS merupakan hasil tangkapan yang tidak



diinginkan, akan tetapi tertangkap selama proses penangkapan menggunakan tuna *longline*. Ikan opah menjadi salah satu jenis HTS yang memiliki nilai ekonomis tinggi (Astuti *et al.*, 2017), namun mengandung formaldehida alami tingkat tinggi. Ikan opah mengalami peningkatan kandungan formaldehida alami dari 4,62 mg/kg menjadi 58,10 mg/kg (Putri *et al.*, 2018). Kandungan formaldehida alami yang tinggi tersebut menyebabkan sulit terdeteksinya penambahan formaldehida artifisial pada ikan opah. Penelitian Barokah (2021) tentang penentuan biomarker pembeda formaldehida alami dan artifisial pada ikan telah dilakukan dengan menggunakan ikan nomei (*Harpodon nehereus*). Senyawa metabolit yang diduga dapat dijadikan indikator biomarker dan dapat digunakan untuk membedakan kandungan formaldehida alami dan formaldehida artifisial pada ikan nomei adalah senyawa metabolit TMAO, TMA, dan asam amino lisin, akan tetapi masih perlu diverifikasi dan divalidasi menggunakan spesies ikan jenis lain serta kondisi kemunduran mutu yang berbeda. Oleh karena itu, diperlukan penelitian tentang identifikasi parameter kemunduran mutu yang dapat membedakan asal formaldehida pada ikan jenis lain, yaitu ikan opah sehingga dapat menghasilkan biomarker baru. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan indikator pembeda antara formaldehida alami dan artifisial berdasarkan parameter kemunduran mutu pada ikan opah selama 14 hari penyimpanan suhu *chilling*.

BAHAN DAN METODE

Penambahan Formalin dan Penyimpanan pada Penyimpanan Suhu *Chilling*

Sampel ikan opah yang diperoleh dari Muara Baru, Jakarta Utara dipreparasi lalu diberikan perlakuan perendaman dalam formaldehida (Merck) dengan konsentrasi 0, 2 dan 4% (v/v) selama 60 menit. Sampel dibersihkan bagian permukaan kulitnya dengan menggunakan tisu untuk meminimalkan adanya air yang masuk ke dalam tubuh ikan. Ikan disiapkan untuk disimpan dalam kondisi tubuh yang kering dan tanpa perlakuan penyiangan. Setiap sampel

dimasukkan ke dalam plastik *ziplock*. Plastik *ziplock* lalu diberi label berupa nama ikan dan perlakuan agar tidak tertukar. Plastik-plastik yang berisi ikan tersebut disimpan di dalam *chiller* dengan kondisi suhu dipertahankan $\pm 4^{\circ}\text{C}$. Pengamatan akan dilakukan setiap 2 hari sekali selama 14 hari. Pengamatan yang dilakukan adalah uji pH, TVB, DMA, dan FA.

Uji pH (Apriyantono *et al.*, 1989)

Pengukuran pH dilakukan menggunakan pH meter (Hanna Instrument HI2213) yang telah dikalibrasi. Daging ikan ditimbang 5 g lalu dihancurkan dan dihomogenkan dengan 45 mL akuades menggunakan homogenizer (Nissei AM-3). Daging yang telah homogen kemudian diukur menggunakan pH meter. Nilai pH yang diambil adalah ketika angka pada pH meter menunjukkan nilai yang konstan.

Uji TVB (Badan Standardisasi Nasional [BSN], 2009)

Sampel ikan ditimbang 15 g lalu ditambahkan 45 mL TCA 7,5% (Merck). Campuran tersebut dihomogenkan menggunakan homogenizer (Nissei AM-3) selama 1 menit kemudian disaring hingga diperoleh filtrat yang berwarna jernih. Uji TVB dilakukan dengan memasukkan larutan H_3BO_3 (Emsure) sebanyak 1 mL ke dalam *inner chamber* cawan Conway dan tutup cawan diposisikan hampir menutupi cawan. Filtrat sebanyak 1 mL dimasukkan ke dalam sebelah kiri *outer chamber* menggunakan pipet dan larutan K_2CO_3 (Merck) jenuh sebanyak 1 mL ditambahkan ke dalam sebelah kanan *outer chamber* sebelah kanan agar filtrat dan K_2CO_3 tidak tercampur. Cawan kemudian ditutup secara cepat dengan diolesi vaselin pada pinggir cawan agar proses penutupan sempurna, lalu digerakkan memutar sehingga kedua cairan yang berada di *outer chamber* tercampur. Cawan Conway diinkubasi selama 2 jam pada suhu 37°C . Larutan asam borat dalam *inner chamber* cawan Conway yang telah diinkubasi dititrasi dengan larutan HCl (Merck) 0,0111 N. Cawan lalu digoyangkan hingga larutan asam borat berubah warna menjadi merah muda. Kadar TVB dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{TVB} \left(\frac{\text{mgN}}{100 \text{ g}} \right) = \frac{(A-B) \times N \text{ HCl} \times 14,007 \times \text{fp}}{W} \times 100$$

Keterangan:

A = mL titrasi sampel

B = mL titrasi blanko

fp = faktor pengencer

W = mL berat sampel (g)

Analisis DMA (Benjakul *et al.*, 2004)

Sampel ditimbang 5 g kemudian ditambahkan 15 mL TCA 7,5% (Merck). Kandungan DMA pada ikan ditentukan menggunakan metode *copper-dithiocarbamat*. Metode ini menggunakan larutan copper ammonia yang dibuat dari campuran 50 g ammonium asetat (Merck), 0,4 g cupri sulfat (Merck), 50 mL NaOH 40% (Merck), dan 40 mL ammonia (Merck) lalu ditepatkan hingga 200 mL dengan akuades. Larutan copper ammonia 1 mL ditambahkan ke dalam 2 mL sampel kemudian dicampur. Campuran tersebut lalu ditambah 4 mL larutan 5% CS₂-toluene (Merck) dan diinkubasi pada suhu 50°C selama 2 menit. Asam asetat 30% (Merck) ditambahkan 4 mL dan lapisan toluene dipindahkan ke *tube* yang mengandung 0,5-1,0 g Na₂SO₄ anhydrous (Merck). Absorbansi diukur pada panjang gelombang 440 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

Analisis Formaldehida (FA) (Nash, 1953)

Sampel ditimbang 5 g kemudian ditambah 15 mL TCA 7,5% (Merck). Sampel dihomogenkan lalu disaring. Filtrat yang diperoleh dipipet 2 mL dan ditambah pereaksi Nash 2 mL. Pereaksi Nash dibuat dari campuran 45 g ammonium asetat (Merck), 0,9 mL asam asetat glasial (Merck), dan 0,6 mL asetilaseton (Merck) kemudian dilarutkan dengan akuades hingga 300 mL. Sampel yang telah ditambah pereaksi Nash kemudian diinkubasi selama 30 menit dengan suhu 40°C lalu dibiarkan dingin pada suhu kamar selama 30 menit. Absorbansi diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 412 nm. Kandungan formaldehida alami pada ikan dengan perlakuan formaldehida 0% dihitung menggunakan kurva standar dengan konsentrasi 0, 2, 4,

6, 8, dan 10 ppm, sedangkan pada ikan dengan formalin 2% dan 4% menggunakan konsentrasi 0, 5, 10, 20, 30, 40, dan 50 ppm.

Analisis Data

Rancangan analisis yang digunakan pada penelitian ini adalah rancangan acak lengkap faktorial dengan perlakuan perendaman formaldehida artifisial dengan konsentrasi 0, 2 dan 4% terhadap air (v/v) dan waktu penyimpanan. Waktu pengamatan terhadap parameter analisis dilakukan berulang setiap 2 hari sekali selama 14 hari. Pengujian pada penelitian ini dilakukan sebanyak tiga kali ulangan. Data variabel yang diperoleh kemudian dianalisis keragamannya menggunakan uji univariat ANOVA. Identifikasi parameter kemunduran mutu dan metabolit biomarker yang potensial dilakukan dengan multivariat diskriminan analisis dengan grup diskriminan 0, 2 dan 4% (v/v) konsentrasi formaldehida artifisial. Konfirmasi dari parameter kemunduran mutu dan metabolit yang potensial sebagai biomarker (hasil dari analisis multivariat) dilakukan dengan menggunakan uji *multivariate analysis of variance* (MANOVA) dan dilanjutkan dengan analisis regresi *stepwise* pada taraf nyata 5% (Hammer *et al.*, 2011). Analisis data dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SPSS versi 26 dan Past Statistical versi 3.08.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Derajat Keasaman (pH)

Hasil pengujian pH ikan opah (*Figure 1*) menunjukkan bahwa nilai pH pada ikan opah dengan perlakuan konsentrasi formaldehida 0% mengalami fluktuasi, sedangkan konsentrasi formaldehida 2 dan 4% mengalami penurunan pH dari hari ke-0 hingga hari ke-14 penyimpanan pada suhu *chilling*. Nilai pH ikan opah selama 14 hari penyimpanan selama suhu *chilling* pada konsentrasi formaldehida 0%: 6,07-6,56; 2%: 5,89-6,35 dan 4%: 5,83-6,35. Penurunan nilai pH ikan beloso selama penyimpanan disebabkan akumulasi asam laktat pada daging ikan. Keadaan ketika jaringan otot menjadi lentur pada ikan setelah mati, secara biokimia ditandai oleh penurunan ATP dan keratin

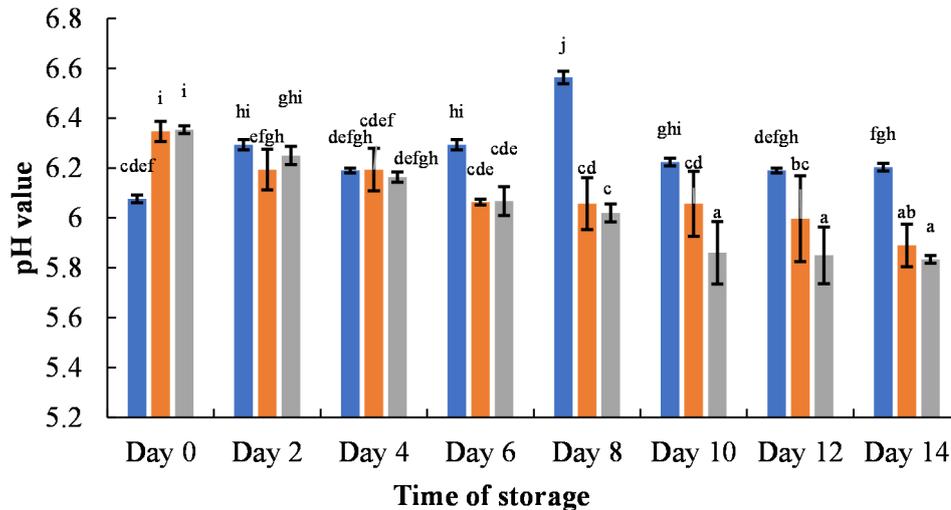


Figure 1 Changes in pH value of opah fish during chilling temperature storage; (■) 0% formaldehyde concentration, (■) 2% formaldehyde concentration, (■) 4% formaldehyde concentration

Gambar 1 Perubahan nilai pH ikan opah selama penyimpanan suhu *chilling*; (■) konsentrasi formaldehida 0%, (■) konsentrasi formaldehida 2%, (■) konsentrasi formaldehida 4%

fosfat. Penurunan nilai pH yang terjadi pada ikan dapat disebabkan oleh proses akumulasi asam laktat yang terjadi pada daging ikan. Dekomposisi glikogen, ATP dan kreatin fosfat terjadi selama proses kemunduran mutu sehingga jaringan otot ikan menjadi lentur dan dapat menjadi salah satu faktor nilai pH yang mengalami penurunan (Anissah *et al.*, 2019). Energi yang terdapat pada jaringan otot ikan yang telah mati pada dasarnya diperoleh melalui proses anaerobik yang berasal dari pemecahan glikogen menjadi glukosa serta produk-produk turunannya. ATP dan asam laktat kemudian dihasilkan dari proses glikolisis yang menguraikan glukosa tersebut. Akumulasi asam laktat tersebut selain dapat menyebabkan terjadinya penurunan pH pada ikan dapat juga menghambat aktivitas mikroba. Penghambatan aktivitas mikroba tersebut akan memperlambat proses terjadinya deteriorasi (Zakaria, 2008; Nihe *et al.*, 2022).

Fluktuasi nilai pH yang terjadi pada ikan opah dengan konsentrasi 0% dapat dipengaruhi oleh penggunaan suhu rendah. Nilai pH umumnya akan meningkat selama proses penyimpanan akibat berkurangnya proses glikolisis pada fase *post mortem*, sehingga nilai pH akan mencapai nilai 7 hingga di atas 7. Peningkatan tersebut terjadi karena produksi senyawa volatil

yang mengindikasikan penguraian tingkat lanjut (Araújo *et al.*, 2010; Duarte *et al.*, 2020). Penyimpanan suhu rendah akan menyebabkan proses *rigor mortis* terjadi lebih lama dan menyebabkan terjadinya fluktuasi nilai pH pada ikan. Proses tersebut terjadi karena penyimpanan suhu rendah dapat menghambat reaksi fisik, kimia, aktivitas mikroorganisme dan enzim yang berpengaruh terhadap kemunduran mutu ikan (Tavares *et al.*, 2021).

Total Volatile Base (TVB)

Total volatile base termasuk senyawa amina volatil dan biogenik. Senyawa ini salah satu indikator penting untuk menentukan kesegaran ikan dan menentukan layak atau tidaknya ikan tersebut dikonsumsi (Pereira *et al.*, 2021). Senyawa amina volatil dan amina biogenik dihasilkan oleh proses degradasi asam amino dalam metabolisme biologis pada ikan. Kadar TVB yang tinggi pada senyawa tersebut dapat berfungsi sebagai indikator kesegaran ikan (Fu *et al.*, 2020). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai TVB ikan opah dengan konsentrasi 0% meningkat dari hari ke-0 hingga hari ke-14, sedangkan konsentrasi 2% dan 4% memiliki nilai TVB yang cenderung konstan (Figure 2). Nilai TVB ikan opah selama 14 hari penyimpanan selama

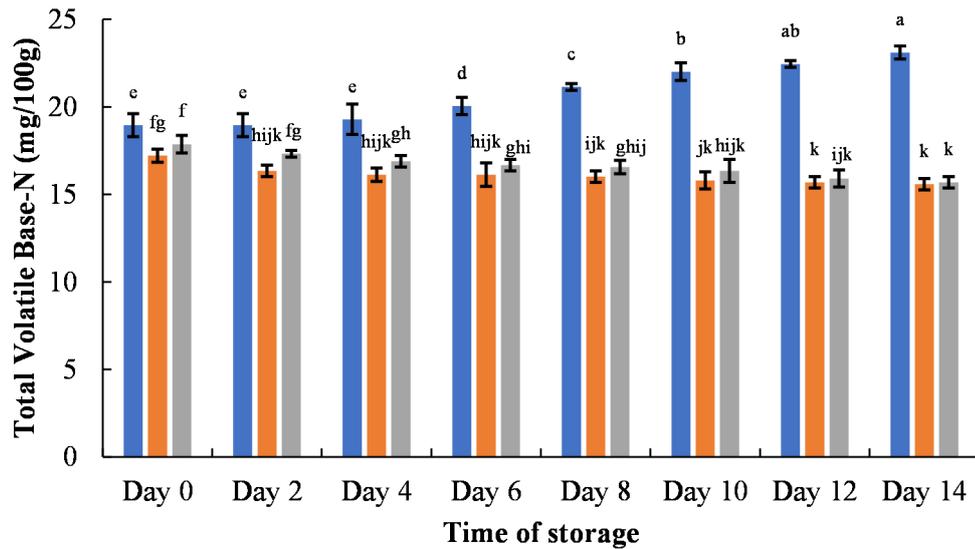


Figure 2 Changes in TVB value of opah fish during chilling temperature storage; (■) 0% formaldehyde concentration, (■) 2% formaldehyde concentration, (■) 4% formaldehyde concentration

Gambar 2 Perubahan nilai TVB ikan opah selama penyimpanan suhu *chilling*; (■) konsentrasi formaldehida 0%, (■) konsentrasi formaldehida 2%, (■) konsentrasi formaldehida 4%

suhu *chilling* pada konsentrasi formaldehida 0%: 18,96-23,09 ppm, 2%: 15,58-17,21 ppm, dan 4%: 15,69-17,87 ppm.

Peningkatan nilai TVB dapat disebabkan oleh asam amino atau protein yang mengalami perombakan lalu menghasilkan senyawa-senyawa basa yang mudah menguap, antara lain dimetilamina (DMA), trimetilamina (TMA), dan amonia (NH_3) (Suwetja & Metang, 2013). Proses tersebut dipengaruhi oleh aktivitas enzim dan mikroba karena enzim dan bakteri yang dapat menguraikan protein menjadi asam amino (Waryani *et al.*, 2014). Peningkatan nilai TVB terjadi pada ikan opah yang diberikan perlakuan perendaman formaldehida dengan konsentrasi 0%. Hasil tersebut selaras dengan penelitian Shen *et al.* (2014) yang memiliki hasil bahwa ikan yang disimpan dengan suhu *chilling* akan meningkatkan nilai TVB. Nilai TVB sampel yang disimpan pada suhu *chilling* (3°C) pada penelitian tersebut mencapai 20,72 mg/100 g pada hari ke-9, sedangkan pada suhu *super chilling* (-3°C) mencapai nilai 19,34 mg/100 g pada hari ke-21, sehingga dapat disimpulkan bahwa suhu penyimpanan memiliki peran penting dalam mengendalikan akumulasi TVB pada ikan. Suhu penyimpanan yang rendah akan memperlambat aktivitas

enzim dan mikroba sehingga peningkatan nilai TVB pada ikan juga akan berjalan lambat (Nurjanah *et al.*, 2007; Sakinah *et al.*, 2017).

Sampel ikan opah dengan perlakuan konsentrasi formaldehida 2% dan 4% memiliki nilai TVB yang rendah, sehingga dapat diketahui bahwa formaldehida dapat menghambat peningkatan TVB pada ikan. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Barokah *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa nilai TVB dapat dipertahankan untuk tidak meningkat selama proses kemunduran mutu oleh konsentrasi formaldehida yang tinggi. Ikan dengan perlakuan konsentrasi tersebut masih termasuk ke dalam kategori segar karena memiliki nilai TVB yang masih berada pada batas yang telah ditetapkan dalam SNI 2729:2021, yaitu tidak melebihi 30 mg/100 g. Akan tetapi, ikan dengan nilai TVB > 30mg/100 g tidak dapat dikonsumsi kadar formaldehidanya yang cukup tinggi. Formaldehida telah diatur sebagai senyawa yang dilarang dalam Peraturan Badan POM Nomor 7 Tahun 2018 tentang bahan baku yang dilarang dalam pangan olahan dan dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 033 Tahun 2012 tentang BTP atau bahan tambahan pangan (BPOM, 2019). Larangan tersebut dikeluarkan, mengingat formaldehida



dapat mengakibatkan gangguan pada sistem dan organ tubuh manusia apabila dikonsumsi melebihi ambang batas yang dapat ditoleransi oleh tubuh (Zalukhu *et al.*, 2015).

Formaldehida dan Dimetilamina (DMA)

Formaldehida dapat terbentuk secara natural dalam jumlah yang kecil akibat pemecahan trimetilamina oksida (TMAO) secara enzimatik (Jaman *et al.*, 2015). Proses pemecahan tersebut terjadi setelah ikan mengalami fase *post mortem*, lalu menghasilkan tiga produk utama, yaitu formaldehida, dimetilamina (DMA), dan trimetilamina atau TMA (Sotelo *et al.*, 1995; Bhowmik *et al.*, 2019). Hasil penelitian (Figure 3) menunjukkan kadar FA tertinggi terdapat pada ikan opah dengan perlakuan konsentrasi formaldehida 4%, sedangkan kadar FA terendah terdapat pada konsentrasi formaldehida 0%. Kadar FA ikan opah selama 14 hari penyimpanan selama suhu *chilling* pada konsentrasi formaldehida 0%: 1,61-14,63 ppm, 2%: 10,93-17,29 ppm dan 4%: 21,06-22,71 ppm. Peningkatan kadar FA terlihat pada perlakuan konsentrasi 0 dan 2%, sedangkan konsentrasi 4% memiliki kadar FA yang cukup konstan selama 14

hari penyimpanan pada suhu *chilling*. Kadar FA pada konsentrasi 0% terbilang cukup rendah jika dibandingkan dengan konsentrasi lainnya, akan tetapi memiliki kadar yang cukup mendekati konsentrasi 2% pada hari ke-14 penyimpanan.

Perlakuan konsentrasi formaldehida 2% dan 4% menghasilkan kadar FA yang sangat tinggi sehingga menunjukkan bahwa formaldehida artifisial yang ditambahkan dapat meningkatkan kadar FA pada ikan. Kadar FA yang semakin meningkat pada ikan dengan perlakuan konsentrasi formaldehida 0% diakibatkan oleh proses kemunduran mutu. Perlakuan konsentrasi formaldehida 2% dan 4% menghasilkan kadar FA yang sangat tinggi sehingga menunjukkan bahwa formaldehida artifisial yang ditambahkan dapat meningkatkan kadar FA pada ikan. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Barokah *et al.* (2023) yang menunjukkan bahwa penambahan formaldehida artifisial pada ikan menyebabkan kadar formaldehida pada ikan semakin tinggi. Hasil yang didapatkan sesuai dengan penelitian Putri *et al.* (2018) yang menunjukkan bahwa kadar formaldehida yang terbentuk secara alami pada ikan opah akan meningkat selama proses penyimpanan. Penelitian tersebut mendapatkan hasil kadar

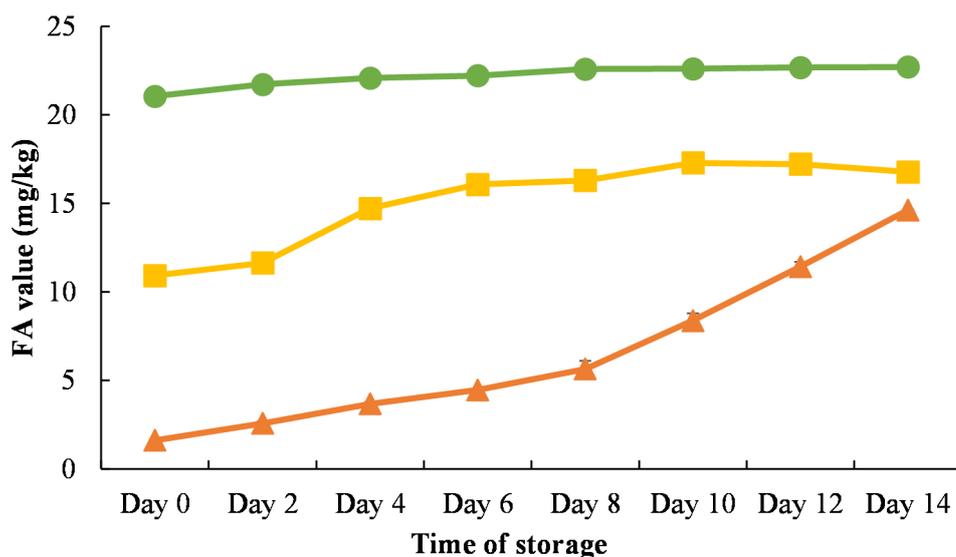


Figure 3 Changes in FA value of opah fish during chilling temperature storage; (▲) 0% formaldehyde concentration, (■) 2% formaldehyde concentration, (●) 4% formaldehyde concentration

Gambar 3 Perubahan nilai FA ikan opah selama penyimpanan suhu *chilling*; (▲) konsentrasi formaldehida 0%, (■) konsentrasi formaldehida 2%, (●) konsentrasi formaldehida 4%

formaldehida yang meningkat dari nilai $4,62 \pm 0,00$ ppm menjadi $58,10 \pm 0,46$ ppm selama 6 bulan penyimpanan suhu beku.

Pembentukan formaldehida secara alami dapat terjadi selama proses kemunduran mutu atau pembusukan pada ikan, kadar formaldehida alami semakin tinggi seiring dengan semakin busuknya ikan. Pembentukan secara alami tersebut akibat reaksi reduksi secara enzimatik oleh enzim TMAOase dari trimetilamina oksida (TMAO) menjadi formaldehida alami dengan hasil samping berupa dimetilamina atau DMA (Murtini *et al.*, 2014). Hasil samping berupa dimetilamina tersebut juga diuji untuk melihat kadar yang terbentuk pada ikan opah dengan penyimpanan suhu *chilling* selama 14 hari.

Hasil uji DMA (*Figure 4*) menunjukkan bahwa kadar DMA pada ikan opah dengan konsentrasi formaldehida 0% memiliki nilai yang berbeda nyata dengan konsentrasi formaldehida 2% dan 4% ($p < 0,05$). Kadar DMA ikan opah selama 14 hari penyimpanan selama suhu *chilling* pada konsentrasi formaldehida 0%: 3,78-6,65 ppm, 2%: 3,20-4,13 ppm dan 4%: 3,24-3,84 ppm. Hasil yang didapatkan selaras dengan penelitian Nurhayati *et al.* (2017) yang menunjukkan bahwa kadar DMA akan meningkat selama penyimpanan suhu *chilling*. Peningkatan

tersebut diakibatkan oleh aktivitas enzim dan bakteri pembusuk yang menyebabkan terjadinya reduksi trimetilamina oksida (TMAO) sehingga menghasilkan DMA (Jinadasa, 2014). Kadar yang tinggi tersebut mungkin juga diakibatkan oleh ikan opah yang termasuk ke dalam ikan laut, sehingga memiliki kadar senyawa TMAO yang lebih banyak untuk proses osmoregulasi (Sari, 2019).

Multivariate Discriminant Analysis dan Model Regresi Stepwise Regression dari pH, TVB, FA dan DMA

Multivariate Discriminant Analysis dilakukan dengan aplikasi perangkat lunak PAST. Analisis ini dilakukan dengan mempertimbangkan parameter nilai pH, TVB, FA, dan DMA ikan opah yang telah didapatkan selama 14 hari penyimpanan dengan suhu *chilling*. Hasil analisis (*Figure 5*) menunjukkan pola skor plot yang berbeda nyata antar perlakuan konsentrasi formaldehida. Diskriminan mayor (DF 1) berfungsi untuk menjelaskan variabel parameter kemunduran mutu sebesar 99,1%, sedangkan diskriminan minor (DF 2) menjelaskan 0,9% variabel parameter kemunduran mutu. Nilai FA dengan perlakuan konsentrasi formaldehida

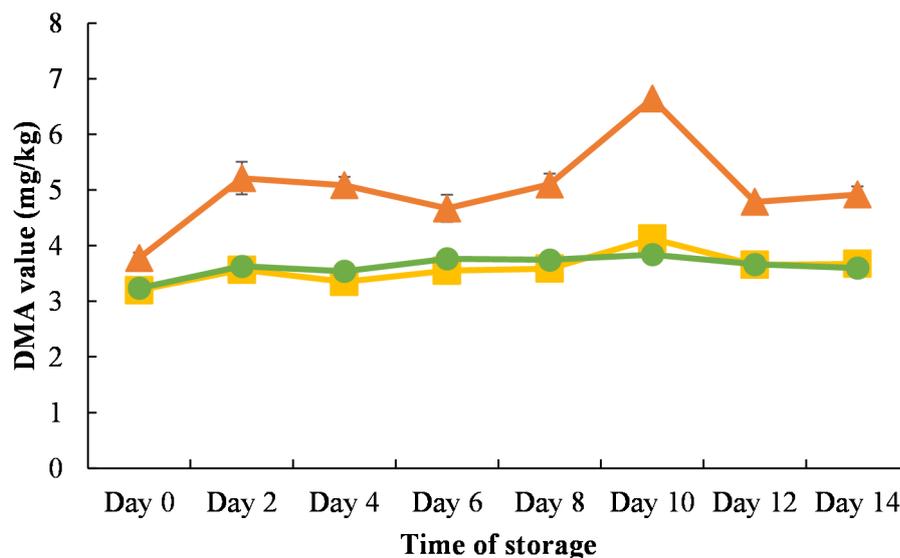


Figure 4 Changes in DMA value of opah fish during chilling temperature storage; (▲) 0% concentration, (■) 2% formaldehyde concentration, (●) 4% formaldehyde concentration
Gambar 4 Perubahan nilai DMA ikan opah selama penyimpanan suhu *chilling*; (▲) konsentrasi formaldehida 0%, (■) konsentrasi formaldehida 2%, (●) konsentrasi formaldehida 4%

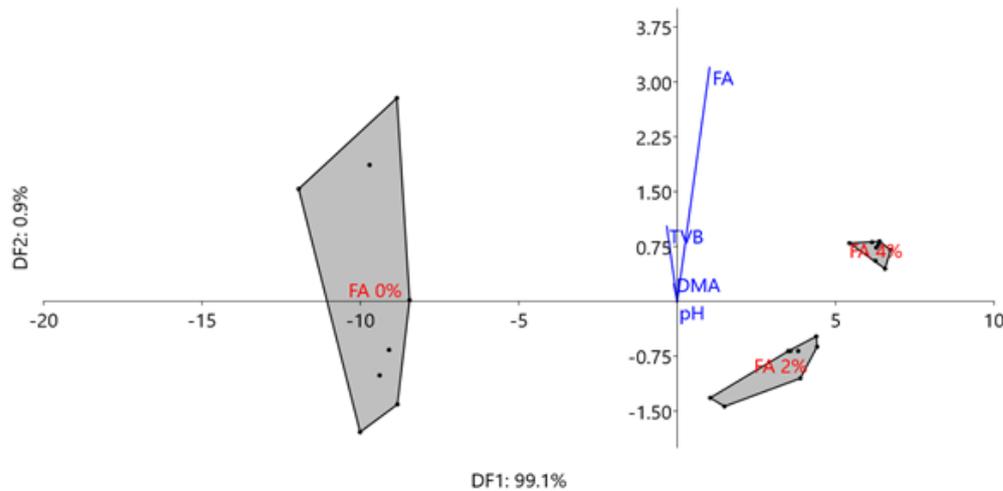


Figure 5 Multivariate discriminant analysis pH, TVB, FA, and DMA of moon fish with with formaldehyde immersion treatment (0, 2 and 4%)

Gambar 5 Analisis diskriminan pH, TVB, FA dan DMA pada ikan opah pada perlakuan perendaman formalin (0, 2 dan 4%)

2% dan 4% memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan konsentrasi formaldehida 0%, sedangkan pada nilai TVB menunjukkan sebaliknya. Hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai FA dan TVB dapat menjadi indikator pembeda antara ikan tanpa dan dengan penambahan formaldehida.

Hasil analisis diskriminan menunjukkan bahwa ikan dengan perlakuan perendaman konsentrasi 2% dan 4% memiliki kadar FA yang tinggi. Hasil tersebut dapat disebabkan oleh penggunaan formaldehida dengan konsentrasi tinggi pada proses perendaman ikan tersebut. Penelitian Simanjuntak & Silalahi (2022) menyatakan bahwa formaldehida umumnya ditambahkan oleh oknum untuk menjaga kesegaran ikan karena bersifat antimikrob. Nilai TVB yang tinggi pada konsentrasi 0% diakibatkan oleh proses kemunduran mutu yang terjadi pada ikan. Senyawa TVB akan terbentuk selama proses penyimpanan akibat aktivitas enzim yang menguraikan protein sehingga membentuk basa-basa volatile yang menyebabkan nilai TVB semakin meningkat (Masengi *et al.*, 2021). Analisis lanjut perlu dilakukan untuk melihat seberapa kuat kedua parameter, yaitu FA dan TVB dapat digunakan sebagai parameter pembeda ikan dengan dan tanpa penambahan formaldehida. Regresi

stepwise digunakan dengan menggunakan taraf nyata 5%. Hasil analisis tersebut dapat dilihat pada *Table 1*.

Hasil analisis regresi *stepwise* menunjukkan bahwa FA dapat menjadi prediktor konstan yang kuat sebagai indikator pembeda antara ikan dengan dan tanpa penambahan formaldehida (*Adjusted R*² mendekati 1). Kombinasi FA dan DMA juga merupakan prediktor konstan yang kuat, sedangkan nilai pH dan TVB tidak bisa berdiri sendiri sebagai prediktor konstan untuk membedakan perlakuan penambahan formaldehida pada ikan opah. Nilai FA sebagai prediktor konstan yang kuat menunjukkan bahwa nilai FA yang tinggi mungkin menandakan bahwa ikan tersebut telah diberi perlakuan penambahan formaldehida. Kombinasi parameter kemunduran mutu yang lain menunjukkan bahwa nilai FA dan DMA yang tinggi serta nilai TVB dan pH yang rendah dapat menandakan bahwa ikan tersebut telah diberi formaldehida. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Nurhayati *et al.* (2019) yang mendapatkan hasil bahwa nilai TVB dan pH ikan akan meningkat selama penyimpanan akibat proses kemunduran mutu. Ikan dengan penambahan formaldehida akan menyebabkan bakteri pada ikan mati akibat formaldehida yang bersifat

Table 1 Stepwise regression of quality deterioration parameters with the independent variable formaldehyde in moonfish

Tabel 1 Regresi *stepwise* parameter kemunduran mutu dengan variabel bebas formaldehida pada ikan opah

Independent Variable	Constant Predictor	R ²	Adjusted R ²	p-value
Formaldehyde	FA	0.830	0.947	<i>p</i> <0.05
	FA, DMA	0.872	0.954	<i>p</i> <0.05
	FA, DMA, pH	0.890	0.885	<i>p</i> <0.05
	FA, DMA, pH, TVB	0.916	0.911	<i>p</i> <0.05
	FA, pH, TVB	0.916	0.912	<i>p</i> <0.05

antimikrob, sehingga dapat menghambat proses kemunduran mutu yang berdampak pada nilai TVB dan pH.

KESIMPULAN

Formaldehida (FA) dan interaksi antar setiap parameter kemunduran mutu dapat dijadikan sebagai indikator kuat untuk membedakan asal formaldehida yang terdapat pada ikan. Kadar formaldehida (FA) yang tinggi pada ikan menunjukkan bahwa ikan tersebut kemungkinan mengandung formaldehida artifisial. Kadar FA disertai dengan kadar DMA yang tinggi, serta nilai pH dan TVB yang rendah juga dapat menjadi indikator kuat bahwa ikan tersebut mengandung formaldehida artifisial.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Badan Riset dan Inovasi Nasional melalui pendanaan Rumah Program *Artificial Intelligence, Big Data*, dan Teknologi Komputasi untuk Biodiversitas dan Citra Satelit di Lingkungan Organisasi Riset Elektronika dan Informatika Badan Riset dan Inovasi Nasional dengan nomor kontrak: 1/III.6/HK/2023 pada tahun 2023 atas nama Giri Rohmad Barokah, S.Pi., M.Si.

DAFTAR PUSTAKA

Adawyah, R. (2014). *Pengolahan dan pengawetan ikan*. Bumi Aksara.
Anissah, U., Barokah, G., Ariyani, F. (2019). Pengaruh penyimpanan terhadap profil formaldehida alami dan kemunduran

mutu pada ikan beloso (*Saurida tumbil*). *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 22(3), 535–547. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v22i3.29123>

Apriyantono, A., Fardiaz, D., Puspitasari, N.L., Sedarnawati, Y., Budianto, S. (1989). *Petunjuk laboratorium analisis pangan*. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor.

Astuti, S.P., Ghofar, A., Saputra, S.W., Nugraha B. (2017). Jenis dan distribusi ukuran ikan hasil tangkap sampingan (*by catch*) rawai tuna yang didaratkan di Pelabuhan Benoa Bali. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 5(4), 453-460. <https://doi.org/10.14710/marj.v5i4.14656>

Barokah, G.R., Ariyani, F., Wibowo, S., Januar, H.I., Annisah, U. (2020). Determination of endogenous formaldehyde in moonfish (*Lampris guttatus*) during frozen storage. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 24(3), 17–28. <https://dx.doi.org/10.21608/ejabf.2020.87813>

Barokah, G.R. (2021). Penentuan biomarker formaldehida endogenous dan artifisial pada ikan nomei (*Harpodon nehereus*) selama fase kemunduran mutu. [Tesis]. Institut Pertanian Bogor.

[BPOM] Badan Pengawas Obat dan Makanan. (2019). *Pedoman formaldehida*. Badan Pengawas Obat dan Makanan.

[BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2009). SNI 2354.8:2009. Cara uji kimia - bagian 8: penentuan kadar *total volatile*



- base nitrogen (TVB-N) dan trimetil amin nitrogen (TMA-N) pada produk perikanan. Badan Standardisasi Nasional.
- Benjakul, S., Visessanguan, W., Tanaka, M. (2004). Induced formation of dimethylamine and formaldehyde by lizardfish (*Saurida micropectoralis*) kidney trimethylamine-N-oxide demethylase. *Food Chemistry*, 84(2), 297–305. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00214-0](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00214-0)
- Dewi, M. A., Mubarik, N. R., Desniar, & Budiarti S. (2022). Aplikasi bakteri asam laktat dari inasua sebagai biopreservatif ikan patin. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 25(1), 152-162.
- Dowlati, M., Mohtasebi, S.S., Omid, M., Razavi, S.H., Jamzad, M., De La Guardia, M. (2013). Freshness assessment of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) by machine vision based on gill and eye color changes. *Journal of Food Engineering*, 119(2), 277–287. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.05.023>
- Fu, Y., Liu, Y., Wang, W., Suo, R., & Wang, J. (2021). Models for predicting quality of solar-dried shrimp (*Penaeus vannamei*) during storage based on protein oxidation. *Journal of Food Quality*, 2021(1), 1493927. <https://doi.org/10.1155/2021/1493927>
- Ghaly, A., Dave, D., Budge, S., Brooks, M.S. (2010). Fish spoilage mechanisms and preservation techniques: Review Department of Process Engineering and Applied Science, Dalhousie University Halifax, Nova Scotia, Canada. *American Journal of Applied Sciences*, 7(7), 859–877. <https://doi.org/10.3844/ajassp.2010.859.877>
- Jaman, N., Hoque, S., Chakraborty, S.C., Hoq, E., Seal, H.P. (2015). Determination of formaldehyde content by spectrophotometric method in some fresh water and marine fishes of Bangladesh. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 2(6), 94–98.
- Jinadasa, B. (2014). Determination of quality of marine fishes based on total volatile base nitrogen test (TVB-N). *Nature and Science*, 12(5), 106–111.
- Masengi, S., Sary, W., Sipahutar, YH. (2021). Pengaruh cara kematian dan tahap penurunan mutu filet ikan nila merah (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 24(2), 284–291. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v24i2.32498>
- Ma'rif, W., Rianingsih, L., P, A.F. (2013). Efektivitas lidah buaya (*Aloe vera*) di dalam mereduksi formalin pada fillet ikan bandeng (*Chanos chanos* Forsk) selama penyimpanan suhu dingin. *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 2(3), 21–30.
- Mardiana, R., Lidyawati, L., & Zulfikri, M. (2020). Identifikasi formalin pada ikan segar di pelabuhan pendaratan ikan di Rayeuk Kabupaten Aceh Timur. *Journal of Pharmaceutical and Health Research*, 1(3), 77–82.
- Murtini, J.T., Riyanto, R., Priyanto, N., Hermana, I. (2014). Pembentukan formaldehida alami pada beberapa jenis ikan laut selama penyimpanan dalam es curai. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 9(2), 143–151. <http://dx.doi.org/10.15578/jpbkp.v9i2.107>
- Nihe, A., Husain, R., & Mile, L. (2022). Lama Penyimpanan dan Kesegaran Ikan Nila dengan Pengawet Larutan Kulit Nanas. *The NIKe Journal*, 10(3), 123–128.
- 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. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v20i3.19811>
- Nurhayati, T., Abdullah, A., Sari, S. (2019). Penentuan formaldehid ikan beloso (*Saurida tumbil*) selama penyimpanan beku. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 22(2), 236–245.
- Pereira, P. F., de Sousa Picciani, P. H., Calado, V., & Tonon, R. V. (2021). Electrical gas sensors for meat freshness assessment and quality monitoring: a review. *Trends*

- in Food Science & Technology*, 118, 36-44. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2021.08.036>
- Rihayat, T., Zulkifli, Amalia, Z., Salmyah. (2022). Pengolahan teknologi tepat guna *autoclave* untuk sterilisasi produk olahan ikan sebagai sarana modernisasi kuliner Aceh Desa Hagu Barat Laut Kecamatan Banda Sakti Kota Lhokseumawe A-6 A-7. *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 6(1), 6–11.
- Sakinah, S., Hasan, B., & Leksono, T. (2017). Evaluation of shelf-life of farm-raised catfish (*Hemibagrus Nemurus*) fillet stored at the temperature of 5°C and 10°C. [Doctoral dissertation]. Riau University.
- Sari, S.F. (2019). Effect of different thawing methods on chemical quality of frozen abalone (*Haliotis asinina*). *SAINTEK Perikanan Indonesian Journal Fish Sciences and Technology*, 14(2), 106. <https://doi.org/10.14710/ijfst.14.2.106-109>
- Shen, S., Jiang, Y., Liu, X., Luo, Y., & Gao, L. (2015). Quality assessment of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets during super chilling and chilled storage. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 5204-5211
- Simanjuntak, H., Silalahi, V. (2022). Kandungan formalin pada beberapa ikan segar di Pasar Tradisional Parluasan Kota Pematangsiantar. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 11(1), 223–228. <https://dx.doi.org/10.23887/jst-undiksha.v11i1>
- Sotelo, C.G., Pifieiro, C., Perez-Martin, R.I. (1995). Denaturation of fish protein during frozen storage: role of formaldehyde. *Springer Nature*, 200, 14–23, <https://doi.org/10.1242/jeb.205.3.297>
- Suwetja, I. K., & Metang, F. (2018). Uji mutu ikan dengan indeks mioglobin berkandungan hasil-hasil penelitian. Bayumedia Publishing.
- Wati, S. M., & Hafiludin. (2023). Analisis mutu ikan kurisi dan swanggi hasil tangkapan nelayan di tempat pelelangan ikan Mayangan, Probolinggo. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 26(1), 25-38. <http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v26i1.42366>
- Zailanie, K. (2015). Fish handling. UB Press.
- Zalukhu, M.E.R., Nuraini, D., Chahaya, I. (2015). Analisis kadar formalin pada buah impor yang dijual di beberapa pasar swalayan di Kota Medan tahun 2015. *Angew Chemie Int Ed*, 6(11), 951–952.