

PROFIL ASAM AMINO, ASAM LEMAK DAN KOMPONEN VOLATIL IKAN GURAME SEGAR (*Osphronemus gouramy*) DAN KUKUS

Rusky Intan Pratama*, Iis Rostini, Emma Rochima

Laboratorium Pengolahan Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Padjadjaran, Kampus Jatinangor, Jalan Raya Bdg-Sumedang Km. 21, Sumedang Jawa Barat
Telepon (022) 87701519, Faks (022) 87701518

*Korespondensi: rusky@unpad.ac.id

Diterima: 25 April 2018/Disetujui: 10 Juni 2018

Cara sitasi: Pratama RI, Rostini I, Rochima E. 2018. Profil asam amino, asam lemak dan komponen volatil ikan gurame segar (*Osphronemus gouramy*) dan kukus. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 21(2): 218-231.

Abstrak

Komponen volatil merupakan kelompok senyawa-senyawa volatil yang berpengaruh terhadap karakteristik flavor komoditas dan penerimaannya secara keseluruhan oleh konsumen karena pengaruhnya terhadap karakteristik aroma. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengidentifikasi komposisi senyawa-senyawa volatil, profil asam amino dan asam lemak salah satu jenis ikan budidaya air tawar khas Jawa Barat yaitu ikan gurame dalam kondisi segar dan kukus. Metode ekstraksi sampel *Solid Phase Micro Extraction* dilakukan dengan suhu ekstraksi 40°C untuk sampel segar dan 80°C untuk sampel kukus selama 45 menit kemudian senyawa volatil dideteksi dan diidentifikasi menggunakan *Gas Chromatography/Mass Spectrometry*. Analisis pendukung lain yang dilakukan ialah analisis profil asam amino dan profil asam lemak menggunakan *High Performance Liquid Chromatography*. Senyawa volatil pada sampel ikan gurame segar yang terdeteksi ialah 17 senyawa sedangkan pada hasil pengukusannya sebanyak 38 senyawa. Asam amino yang terkandung lebih tinggi untuk sampel ikan gurame segar dan kukus ialah asam glutamat (3,12%, 4,09%). Hasil analisis profil asam lemak menunjukkan bahwa sampel ikan gurame segar dan kukus mengandung asam palmitat (21,87%, 21,93%), asam oleat (27,04%, 27,41%), asam linoleat (14,88%, 13,43%) yang terukur lebih tinggi dibandingkan asam lemak lainnya. Golongan senyawa volatil yang terdeteksi pada kedua sampel sebagian besar berasal dari gugus hidrokarbon, aldehid, keton dan alkohol. Kebanyakan dari senyawa-senyawa ini diketahui berasal dari hasil reaksi enzimatik, oksidasi lemak dan berbagai pengaruh lingkungan.

Kata kunci: flavor, identifikasi, ikan air tawar, pengolahan, senyawa volatil

Abstract

Volatile components are groups of compounds affecting overall product's flavor and consumers acceptance due to their effect on the aroma characteristic. The objective of this research was to identify volatile component composition, amino acids and fatty acids profile of gourami (*Osphronemus gouramy*) in fresh and steamed condition. Solid Phase Micro Extraction method was carried out to extract the components on 40°C extraction temperature for fresh samples and 80°C for the steamed one for 45 minutes. The volatile compounds were detected and identified using Gas Chromatography/Mass Spectrometry. Amino acids and fatty acids profiles were also analyzed using High Performance Liquid Chromatography. Seventeen volatile components were detected from the fresh gourami sample, whereas as much as 38 compounds were detected from the steamed samples. Glutamic acid was found to be the highest amino acid component in the fresh and steamed gourami amounted of 3.12% and 4.09% of the total protein, respectively. The fatty acid profile analysis results showed that the fresh and the steamed gourami contained palmitic acid (21.87%, 21.93%, respectively), oleic acid (27.04%, 27.41%, respectively), and linoleic acid (14.88%, 13.43%, respectively) which were considered higher as compared to the other fatty acids. Most of the volatile groups detected in both samples were belong to hydrocarbon, aldehyde, ketone, and alcohol groups. Furthermore, most of these compounds were derived from enzymatic reaction, lipid oxidation and various environmental impacts.

Keywords: flavor, freshwater fish, identification, processing, volatile compound

PENDAHULUAN

Produksi perikanan budidaya di Indonesia pada tahun 2014 mencapai 14.359.129 ton, termasuk di dalamnya nilai produksi yang dihasilkan dari budidaya kolam air tawar yaitu sebesar 1.963.589 ton dengan nilai sebesar 35,9 triliun rupiah, meningkat sebanyak 14,46% dibandingkan tahun 2013. Ikan gurame merupakan salah satu komoditas utama pada perikanan budidaya air tawar di Indonesia bersama ikan mas, nila, lele dan patin, yang dibudidayakan di dalam kolam dengan produksi 116.778 ton pada tahun 2014, meningkat 25,55% dari tahun sebelumnya (Pusat Data Statistik dan Informasi 2015). Ikan gurame cukup umum, dikenal luas dan disukai oleh masyarakat Jawa Barat. Ikan ini memiliki nilai ekonomis tinggi, dijual dengan harga yang relatif lebih mahal di pasaran dibandingkan komoditas utama ikan air tawar komersial lainnya. Ikan gurame secara tradisional banyak diolah menjadi berbagai menu masakan khas Jawa Barat dengan cara digoreng, dibakar atau dipepes.

Pengolahan tradisional yang banyak dilakukan akan dapat memengaruhi karakteristik flavor produk. Pengolahan menggunakan suhu tinggi misalnya pengukusan pada umumnya banyak digunakan pada menu makanan khas Jawa Barat dan dikenal dengan nama pepes. Pengukusan dapat memengaruhi perubahan fisik dan reaksi kimia produk yang juga dapat memengaruhi karakteristik produk terutama flavor dan tekstur (Lewis 2006). Fellows (2000) menyatakan bahwa penggunaan uap air sebagai sumber panas pada proses pengukusan memiliki keunggulan yaitu dapat meminimalkan risiko hilangnya vitamin dan senyawa bahan pangan lainnya yang sensitif terhadap suhu tinggi. Sifat-sifat yang menjadi karakteristik dasar ikan segar yang digunakan sebagai bahan baku akan berubah dan dipengaruhi oleh proses pemanasan yang dilakukan.

Perubahan yang terjadi sebagian besar disebabkan oleh adanya perubahan pada tekstur dan flavor dari bahan yang melalui tahapan pengolahan. Berbagai jenis komoditas perikanan akan memiliki komposisi kimia dan flavor yang berbeda-beda baik dalam

bentuk segar maupun dalam bentuk telah diolah (Pratama *et al.* 2017). Flavor termasuk faktor yang penting pada bahan pangan segar dan olahan, terutama pada produk berbahan dasar ikan. Hal ini disebabkan karena flavor dapat memengaruhi tingkat preferensi, penerimaan dan konsumsi konsumen terhadap suatu produk. Senyawa-senyawa yang dapat memengaruhi karakteristik flavor suatu komoditas dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu senyawa flavor volatil dan non-volatil.

Senyawa-senyawa volatil yang terkandung dalam bahan memberikan pengaruh pada karakteristik aroma suatu produk. Karakteristik aroma suatu produk dan komponen-komponen volatil yang terkandung di dalamnya merupakan salah satu faktor penting dalam penentuan mutu suatu bahan pangan. Komponen-komponen aroma dapat memengaruhi karakteristik organoleptik suatu bahan pangan sehingga pada akhirnya turut memberikan peran dalam tingkat penerimaan dan konsumsi dari produk akhir. Senyawa-senyawa volatil ini pada umumnya berasal dari kelompok senyawa hidrokarbon, keton, aldehid, alkohol, senyawa-senyawa yang mengandung sulfur dan nitrogen, senyawa-senyawa heterosiklik dan ester (Tanchotikul dan Hsieh 1989; Liu *et al.* 2009; Pratama 2011; Pratama *et al.* 2013). Senyawa-senyawa volatil selain sumbernya berasal dari dalam komposisi komoditas itu sendiri, juga dapat diserap dari lingkungan perairan sekitar dan terakumulasi pada lapisan lemak yang terletak di bawah bagian kulit. Kelompok senyawa-senyawa volatil yang muncul dari lemak atau asam lemak yaitu aldehid dan keton pada umumnya dihasilkan dari berbagai aktivitas yang berhubungan dengan kimiawi di antaranya reaksi enzimatik dan auto oksidasi lemak. Aroma tertentu yang dihasilkan dari pembentukan senyawa-senyawa volatil ini telah dilirik sebagai suatu kesempatan yang dapat digunakan untuk meningkatkan karakteristik organoleptik dan mutu dari *seafood* atau produk olahan hasil perikanan (Peinado *et al.* 2016). Proses pengolahan sederhana seperti pengukusan yang dilakukan pada ikan gurame tentunya juga akan mengakibatkan perubahan-

perubahan pada komponen volatil dan komposisi kimianya jika dibandingkan dengan ikan gurame yang masih dalam keadaan segar.

Senyawa-senyawa flavor non-volatil memberikan pengaruh pada karakteristik rasa suatu produk dan biasanya berasal dari senyawa-senyawa dari golongan asam amino bebas, peptida, dan nukleotida (Chen dan Zang 2006; Pratama 2011; Pratama *et al.* 2013). Setiap komoditas secara umum memiliki komposisi senyawa flavor yang berbeda. Ikan gurame merupakan sumber protein hewani yang baik dan seringkali dikonsumsi oleh masyarakat luas. Analisis mengenai profil asam amino dapat memberikan informasi penting mengenai komposisi asam amino esensial dan non esensial selain itu juga untuk menunjukkan komposisi asam amino secara keseluruhan yang dapat berpengaruh terhadap karakteristik rasa pada sampel yang dianalisis (Pratama *et al.* 2017). Menurut Deng *et al.* (2014), asam amino dan peptida berperan secara langsung terhadap flavor produk-produk olahan hasil perairan.

Ikan secara umum juga diketahui memiliki kandungan asam lemak esensial dan non esensial yang cukup tinggi dan bermanfaat bagi kesehatan tubuh manusia dan dapat dilihat dari profil asam lemaknya. Asam lemak tak jenuh jamak omega-3 seperti asam eikosapentaenoat (EPA) dan asam dokosaheksaenoat (DHA) telah diketahui dapat menurunkan kolesterol darah dan menurunkan risiko beberapa penyakit (Peinado *et al.* 2016). Lemak dan asam lemak merupakan sumber dari senyawa-senyawa volatil yang terbentuk dan dapat memengaruhi aroma produk secara keseluruhan. Senyawa volatil dari golongan aldehyd, keton dan alkohol telah diketahui berasal dari berbagai reaksi yang melibatkan asam lemak (Peinado *et al.* 2016; Lazo *et al.* 2017).

Riset yang berkenaan dengan identifikasi komposisi senyawa volatil dan perubahannya di Indonesia sebagian besar dilakukan pada komoditas pertanian sebagai objek utamanya sedangkan untuk komoditas segar dan olahan hasil perikanan masih sulit untuk ditemukan. Hal sebaliknya terjadi di negara-negara lain misalnya Cina dan negara-negara Skandinavia yang telah banyak melakukan riset mengenai

identifikasi senyawa volatil pada berbagai komoditas perikanan seperti ikan *sea bream*, *black bream*, *rainbow trout*, *carp*, *pond smelt*, *loach*, *silver carp* dan cumi-cumi (Morita *et al.* 2003; Guillen dan Errecalde 2002; Alasalvar *et al.* 2005; Liu *et al.* 2009; Deng *et al.* 2014). Pengidentifikasian senyawa volatil komoditas perikanan di Indonesia masih belum banyak diteliti, beberapa di antaranya yang telah dilakukan ialah pengidentifikasian senyawa volatil pada ikan mas dan perubahan komposisinya pada kondisi segar dan kukus (Pratama *et al.* 2013), identifikasi komponen volatil udang vaname (Pratama *et al.* 2017), identifikasi komponen volatil ikan patin dan tenggiri (Pratama *et al.* 2018), perubahan senyawa volatil pada terasi ikan teri (Majid *et al.* 2014) dan identifikasi senyawa volatil minyak ikan hoki (Irianto *et al.* 2014).

Hasil penelitian mengenai komposisi komponen volatil ini bermanfaat dalam menyediakan informasi yang berkaitan dengan karakteristik aroma salah satu komoditas lokal hasil perairan di Jawa Barat yang pada akhirnya dapat memengaruhi karakteristik flavor komoditas secara umum. Data sejenis ini dapat digunakan untuk berbagai penerapan di antaranya untuk menentukan tingkat kesegaran, mutu penyimpanan produk dan produksi ekstrak flavor. Hal ini menjadi penting karena riset dasar yang berkaitan dengan karakteristik flavor khususnya komponen volatil dari komoditas perairan segar dan olahannya masih belum banyak dilakukan di Indonesia, oleh karena itu identifikasi komposisi senyawa flavor volatil ikan gurame perlu untuk dilakukan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi komposisi senyawa-senyawa volatil ikan gurame segar dan kukus serta komposisi kimia lainnya sebagai pendukung yaitu profil asam amino dan profil asam lemak.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan ialah ikan gurame (rata-rata ukuran 400 g) yang berasal dari Waduk Cirata, Purwakarta, Jawa Barat. Bahan lain yang digunakan ialah bahan-bahan kimia untuk analisis

profil asam amino: ortoftalaldehida (OPA) (Merck), natrium hidroksida (Merck), asam borat (Merck), larutan brij-30 30% (Merck), 2-merkaptotanol (Merck), larutan standar asam amino 0,5 $\mu\text{mol/mL}$ (Sigma) yang terdiri 15 jenis asam amino yaitu asam aspartat, asam glutamat, serina, histidina, glisina, treonin, arginina, alanina, tirosin, metionina, valina, fenilalanina, isoleusina, leusina dan lisina, Na-EDTA (Merck), metanol (Merck), tetrahidrofuran (THF) (Merck), Na-asetat (Merck) dan bahan-bahan kimia untuk analisis profil asam lemak: larutan standar asam lemak (Sigma) (yang terdiri 29 jenis asam lemak yaitu *Lauric Acid*, *Tridecanoic Acid*, *Myristic Acid*, *Myristoleic Acid*, *Pentadecanoic Acid*, *Palmitic Acid*, *Palmitoleic Acid*, *Heptadecanoic Acid*, *Cis-10-Heptadecanoic Acid*, *Stearic Acid*, *Elaidic Acid*, *Oleic Acid*, *Linolelaidic Acid*, *Linoleic Acid*, *Arachidic Acid*, *Gamma-Linolenic Acid*, *Cis-11-Eicosenoic Acid*, *Linolenic Acid*, *Heneicosanoic Acid*, *Cis-11,14-Eicosadienoic Acid*, *Behenic Acid*, *Cis-8,11,14-Eicosatrienoic Acid*, *Arachidonic Acid*, *Tricosanoic Acid*, *Cis-13,16-Docosadienoic Acid*, *Lignoceric Acid*, *Cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic Acid*, *Nervonic Acid*, *Cis-4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoic Acid*), larutan NaOH 0,5 N (Merck) dalam metanol, larutan BF_3 16% (Merck), larutan NaCl jenuh (Merck), heksana (Merck), Na_2SO_4 anhidrat (Merck).

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini ialah timbangan elektrik (Tanita ketelitian 0,1 g), plastik *zip lock*, *aluminium foil*, *cling wrap*, *coolbox*, kertas label, kompor gas (Rinai), panci *steamer*, membran *millipore* 0,45 mikron, *syringe* 100 μL , *vial* 1mL, neraca analitik, pipet 1mL, labu takar 100mL, *syringe* 10 μL , penangas air, tabung bertutup Teflon, neraca analitik, pipet mikro, *Gas Chromatography* (Agilent Technologies 7890A GC System) dan *Mass Spectrometry* (Agilent Technologies 5975C Inert XL EI CI/MSD), serta untuk analisis profil asam amino yaitu *High Performance Liquid Chromatography* (UFLC Shimadzu CBM-20A, Shimadzu Corporation, Japan).

Metode Penelitian

Prosedur penelitian ini meliputi pengambilan sampel, preparasi sampel, analisis laboratorium (senyawa volatil, analisis profil asam amino dan asam lemak) serta analisis data. Sampel ikan gurame sebanyak 4 kg (rata-rata ukuran 400g, berjenis kelamin jantan) diperoleh dari kompleks karamba jaring apung di Waduk Cirata, Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat lalu diangkut menggunakan *coolbox* ke Laboratorium Pengolahan Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Padjadjaran untuk dipreparasi. Sampel dibersihkan, disiangi dan ditimbang sebelum dibagi menjadi dua kelompok (gurame segar dan gurame kukus). Kelompok ikan segar terlebih dahulu difilet sebelum dikemas dan kelompok ikan kukus terlebih dahulu dikukus pada suhu minimum 100°C selama 30 menit (Pratama *et al.* 2013; Liu *et al.* 2009), setelah seluruhnya selesai maka sebagian kecil bagian daging dari ikan diambil dan ditimbang sesuai kebutuhan masing-masing analisis (15-80g). Sampel dikemas dalam tiga lapis kemasan, kemasan primer sampel ialah *aluminium foil*, kemasan sekunder ialah plastik *cling wrap* dan lapisan paling luar/tersier ialah kantung plastik *zip-lock* yang diberi label keterangan. Maksud dari penggunaan tiga lapis kemasan ini ialah untuk meminimalkan resiko perubahan dan degradasi sampel selama pengangkutan sampel menuju laboratorium analisis yang dapat diakibatkan oleh berbagai faktor lingkungan seperti udara, cahaya dan suhu (Pratama 2011). Sampel yang telah selesai dikemas kemudian diletakkan dalam *coolbox* yang berisi sejumlah es (dikemas dalam plastik) yang cukup untuk menjaga suhu di dalam *coolbox* tetap sejuk (10-15°C). Sampel-sampel tersebut kemudian diangkut menuju masing-masing laboratorium analisis dengan waktu perjalanan dari Laboratorium Preparasi, Universitas Padjadjaran menuju Laboratorium Flavor, Sukamandi berkisar 90 menit dan kemudian menuju Laboratorium Terpadu, IPB, Bogor berkisar 120 menit

Analisis senyawa volatil dilakukan di Laboratorium Flavor, Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Sukamandi Subang, analisis profil asam amino dan profil asam lemak dilakukan di Laboratorium Terpadu, Institut Pertanian Bogor. Komponen volatil dari sampel ikan gurame segar dan kukus dianalisis berdasarkan modifikasi dari prosedur penelitian Guillen dan Errecalde (2002). Sampel diekstraksi dengan metode *Solid Phase Micro Extraction* (SPME) menggunakan *waterbath* dan fiber *DVB/Carboxen/Poly Dimethyl Siloxane* sebagai penyerap senyawa volatil dari sampel. Suhu ekstraksi sampel yang digunakan ialah 40°C untuk sampel segar dan 80°C untuk sampel kukus, keduanya selama 45 menit (Pratama *et al.* 2013; Pratama *et al.* 2017; Pratama *et al.* 2018) kemudian dimasukkan ke dalam alat GC/MS. Kolom GC yang digunakan ialah HP-5MS (30 m x 250 µm x 0,25 µm), gas pembawa helium, suhu awal 45°C (*hold* 2 menit), dengan peningkatan suhu 6°C/menit, suhu akhir 250°C (*hold* 5 menit) dan waktu keseluruhan 41,17 menit.

Analisis profil asam amino sampel ikan gurame segar dan kukus dilakukan berdasarkan prosedur AOAC (2005) menggunakan HPLC dengan parameter alat: kolom *Ultra Techsphere*, laju aliran fase *mobile* 1 mL/menit dan detektor yang digunakan ialah *fluorescence*. Analisis profil asam lemak sampel ikan gurame segar dan kukus dilakukan berdasarkan prosedur AOAC (2005) menggunakan GC dengan parameter: kolom GC *Cyanopropil methyl sil (capillary column)* (60 m x 0,25 mm x 0,25 µm), gas pembawa nitrogen dan hidrogen, suhu awal 190°C (*hold* 15 menit), peningkatan suhu 10°C/menit, suhu akhir 230°C (*hold* 20 menit).

Spektra massa senyawa yang terdeteksi dari GC/MS kemudian dibandingkan dengan pola spektra massa yang terdapat dalam pusat data atau library NIST versi 0,5a (*National Institute of Standard and Technology*) pada *database* komputer. Data dianalisis lebih lanjut menggunakan perangkat lunak *Automatic Mass Spectral Deconvolution and Identification System* (AMDIS) (Mallard dan Reed 1997). Data kuantitatif hasil analisis profil asam amino, asam lemak dan data hasil analisis senyawa volatil dibahas secara

deskriptif. Pembahasan hasil analisis senyawa volatil dilakukan berdasarkan identifikasi dan intensitas semi kuantifikasi senyawa-senyawa yang terdeteksi pada sampel yang diuji (Pratama 2011).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Profil Asam Amino

Komposisi asam amino akan menentukan kualitas suatu protein, protein merupakan salah satu nutrisi makro paling penting bagi manusia yang didapatkan dari makanan. Informasi mengenai komposisi asam amino esensial dan non esensial yang terkandung dalam sampel dapat diketahui dengan melakukan analisis profil asam amino ini. Informasi lain yang diperoleh ialah kontribusi asam amino-asam amino tersebut pada atribut rasa sampel secara umum. Hasil analisis menunjukkan bahwa ikan gurame segar dan kukus mengandung asam amino yang relatif tinggi. Komposisi asam aminonya ditunjukkan pada Tabel 1 dan hasil keseluruhan komposisi antara ikan segar dan kukus menunjukkan nilai yang bervariasi.

Kandungan asam amino esensial pada ikan gurame dari jumlah yang tertinggi hingga terendah ialah leusina, lisina, isoleusina, valina, treonina, fenilalanina, metionina kemudian histidina. Leusina merupakan molekul penting yang dapat merangsang sintesis protein otot dan juga memiliki nilai pengobatan yang berhubungan dengan stress, trauma, dan luka bakar (Vijayan *et al.* 2016). Lisina memiliki peran penting karena merupakan bagian dari komposisi dasar antibodi, memperkuat sirkulasi dan menjaga pertumbuhan sel yang normal. Metionina merupakan asam amino yang penting untuk metabolisme lemak, menjaga kesehatan hati, mencegah akumulasi lemak dalam hati dan arteri utama, mencegah alergi dan osteoporosis (Suryaningrum *et al.* 2010). Histidina berperan dalam interaksi antar protein, sebagai prekursor histamina, *neurotransmitter* penting dan juga dibutuhkan bagi pertumbuhan dan perbaikan jaringan (Vijayan *et al.* 2016).

Hasil pada Tabel 1 juga menunjukkan bahwa sampel ikan gurame kukus memiliki jumlah total asam amino yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan ikan segarnya.

Tabel 1 Komposisi asam amino ikan gurame
(Table 1 Amino acid composition of gouramy)

Jenis asam amino / <i>types of amino acids</i>	Jumlah (mg/g bahan) <i>Total (mg/g sample)</i>	
	Segar / <i>Fresh</i>	Kukus / <i>Steamed</i>
Aspartic acid	2.02	2.67
Glutamic acid	3.12	4.09
Serine	0.71	1.01
Histidine*	0.40	0.66
Glycine	0.94	1.13
Threonine*	0.92	1.19
Arginine	1.27	1.64
Alanine	1.22	1.53
Tyrosine	0.69	0.91
Methionine*	0.59	0.79
Valine*	1.01	1.30
Phenylalanine*	0.81	1.14
Isoleucine*	1.00	1.29
Leucine*	1.56	2.11
Lysine*	1.55	2.54
Total asam amino/ Amino acids total	17.81	23.98

*) *Essential amino acids*

Hasil yang serupa juga ditunjukkan pada penelitian mengenai analisis komposisi senyawa volatil dan asam amino komoditas segar dan kukus dari ikan mas (Pratama *et al.* 2013), udang vaname (Pratama *et al.* 2017), ikan patin dan tenggiri (Pratama *et al.* 2018), sotong segar dan kering (Deng *et al.* 2014), *horse mackerel* segar, rebus dan panggang (Oluwaniyi *et al.* 2010), ikan nila dan ikan kembung segar, rebus dan goreng (Ismail dan Ikram 2004), *horse mackerel* segar dan masak (Erkan *et al.* 2010).

Perlakuan lamanya waktu dan metode pemanasan juga berperan pada perubahan kandungan asam amino dari sampel ikan (Oluwaniyi *et al.* 2010). Proses pemanasan akan menurunkan kadar air dan dengan demikian kandungan asam amino yang secara signifikan lebih tinggi akan terukur (Lopes *et al.* 2015). Reaksi proteolitik yang terjadi selama proses pemanasan dapat menyebabkan meningkatnya pembentukan asam amino bebas (Toth dan Potthast 1984; Liu *et al.* 2009). Asam amino bebas ialah salah satu komponen

ekstraktif larut air yang menjadi unsur utama rasa dari makanan berbahan baku perikanan (Pratama 2011). Asam amino secara langsung berperan bagi flavor dan rasa dan dapat menjadi prekursor bagi komponen aromatik (Ozden 2005).

Jumlah asam amino tertinggi pada sampel ikan gurame segar dan kukus ialah asam glutamat (3,12% dan 4,09%). Jika kandungan asam glutamat yang terdapat pada daging ikan rendah maka rasa daging ikan akan berkurang kegurihannya (Suryaningrum *et al.* 2010). Masing-masing asam amino telah diketahui berperan pada rasa dasar suatu produk, terdapatnya glisina, alanina, valina, leusina, tirosina dan fenilalanina dalam suatu peptida akan memberikan rasa pahit. Asam glutamat berkontribusi pada rasa *umami* jika konsentrasi dalam produk makanan di atas ambang rasa (Wongso dan Yamanaka 1998; Kawai *et al.* 2009; Zhao *et al.* 2016; Kato *et al.* 1989). Arginina diketahui pada konsentrasi di bawah ambang secara signifikan meningkatkan rasa asin (Zhao *et al.* 2016)

dan memberikan rasa *umami* pada bulu babi (Kawai *et al.* 2009), pada jumlah yang besar pada kepiting dan *scallop* dapat memperkaya rasa manis dan memberikan flavor khas *seafood* (Wongso dan Yamanaka 1998). Glisina dan alanina merupakan komponen rasa aktif dan diketahui memberikan karakteristik manis pada berbagai makanan hasil perairan (Wongso dan Yamanaka 1998; Kawai *et al.* 2009). Valina, leusina dan histidina diketahui memberikan rasa pahit tetapi tidak sepahit fenilalanina (Kato *et al.* 1989). Kandungan arginina bebas yang tinggi pada krustasea dapat memperkaya rasa manis dan menghasilkan flavor seperti *seafood*. Glisina, alanina, serina dan treonina memiliki rasa manis, sementara arginina, leusina, valina, metionina, fenilalanina, histidina dan isoleusina memberikan rasa pahit (Sriket *et al.* 2007). Histidina juga diketahui memberikan rasa asam dan *umami* pada *katsuoobushi* (Kubota *et al.* 2002). Asam amino yang terkandung pada suatu produk berperan penting dalam rasa sebagian besar makanan hasil perairan (Kawai *et al.* 2009). Proses pemanasan akan menyebabkan perubahan kimiawi pada residu asam amino, yang dapat menimbulkan perubahan pada struktur, nilai cerna dan sifat fungsional dari protein. Hal ini bergantung pada perlakuan panas yang digunakan dan kondisi pengolahan (Deng *et al.* 2014).

Profil Asam Lemak

Asam lemak merupakan senyawa nutrisi penting yang dapat memengaruhi kesehatan orang yang mengonsumsinya. Hal ini tentu saja bergantung pada berbagai faktor seperti sumber dan jenis asam lemak yang dikonsumsi. Hasil analisis komposisi asam lemak dari ikan gurame dalam keadaan segar dan kukus disajikan pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2 beberapa asam lemak memiliki kuantitas lebih tinggi daripada asam lemak lainnya. Asam oleat pada sampel ikan segar dan kukus memiliki kuantitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan asam lemak lainnya, yaitu secara berurutan sebesar 27,04% dan 27,41%. Asam palmitat juga merupakan salah satu asam lemak yang memiliki kuantitas tinggi pada ikan gurame (segar 21,87%,

kukus 21,93%) setelah asam oleat. Dua jenis asam lemak tidak jenuh yang sangat penting bagi kondisi kesehatan manusia ialah asam eikosapentaenoat atau lebih dikenal dengan singkatan EPA dan asam dokosaheksaenoat atau DHA. Keduanya juga terkandung pada ikan gurame baik dalam keadaan segar dan kukus. Ikan gurame segar dan kukus memiliki EPA sebesar 0,22% dan 0,17%, dan DHA sebesar 2,04% dan 1,62%.

Ikan secara umum mengandung asam lemak tak jenuh jamak yang baik terutama ikan yang berasal dari laut. Asam lemak jenuh jamak yang dimaksud ialah *very long chain polyunsaturated fatty acids* (VLC-PUFA) yaitu *eicosapentaenoic acid* (EPA, C20:5) dan *docosahexaenoic acid* (DHA, C22:6). Sintesis awalnya dilakukan oleh alga pada dasar rantai makanan, bahkan ikan, udang, kepiting yang memiliki kandungan lemak rendah pun mengandung asam lemak-asam lemak omega-3 ini sekalipun dalam jumlah yang lebih rendah daripada ikan dengan kandungan lemak tinggi. Kandungan asam lemak suatu ikan cenderung mencerminkan konsumsi asupan ikan tersebut. DHA sangat berhubungan dengan fungsi kognitif manusia sementara EPA dan *stearidonic acid* efektif dalam mengatasi kondisi pembengkakan tertentu (Lund 2013).

Asam lemak EPA dan DHA sangat penting bagi manusia sebagai pencegah penyakit jantung koroner. DHA merupakan komponen utama dari otak, retina mata dan otot jantung. Oleh karena itu DHA merupakan komponen yang penting bagi perkembangan otak, mata dan juga kesehatan jantung. EPA diketahui bermanfaat dalam penanganan gangguan otak dan penanganan penyakit kanker. Ikan air tawar jika dibandingkan dengan ikan laut mengandung asam lemak tak jenuh jamak C_{18} yang tinggi dan kandungan asam lemak EPA dan DHA yang rendah. Ikan air tawar biasanya mengandung asam lemak tak jenuh jamak $n-6$ yang tinggi terutama asam linoeat dan arakidonat. Komposisi asam lemak masing-masing ikan dapat beragam jumlahnya bergantung pada pakan, lokasi, jenis kelamin dan kondisi lingkungan (Ozogul *et al.* 2007).

Asam lemak yang terkandung dalam komoditas perikanan merupakan salah satu

Tabel 2 Komposisi asam lemak ikan gurame
(Table 2 Fatty acids composition of gouramy)

Jenis asam lemak / <i>Types of fatty acids</i>	Jumlah (mg/g bahan) <i>Total (mg/g sample)</i>	
	Segar / <i>Fresh</i>	Kukus / <i>Steamed</i>
Lauric acid, C12:0	0.04	0.04
Tridecanoic acid, C13:0	-	-
Myristic acid, C14:0	0.81	0.79
Myristoleic acid, C14:1	0.06	0.06
Pentadecanoic acid, C15:0	0.14	0.11
Palmitic acid, C16:0	21.87	21.93
Palmitoleic acid, C16:1	2.44	2.35
Heptadecanoic acid, C17:0	0.22	0.19
Cis-10-Heptadecanoic acid, C17:1	0.12	0.11
Stearic acid, C18:0	5.87	5.62
Elaidic acid, C18:1n9t	0.23	0.19
Oleic acid, C18:1n9c	27.04	27.41
Linolelaidic acid, C18:2n9t	-	-
Linoleic acid, C18:2n6c	14.88	13.43
Arachidic acid, C20:0	0.13	0.11
γ -Linolenic acid, C18:3n6	0.34	0.25
Cis-11-Eicosenoic acid, C20:1	0.78	0.70
Linolenic acid, C18:3n3	1.71	1.71
Heneicosanoic acid, C21:0	0.03	0.03
Cis-11,14-Eicosadienoic acid, C20:2	0.75	0.64
Behenic acid, C22:0	0.11	0.09
Cis-8,11,14-Eicosatrienoic acid, C20:3n6	0.81	0.57
Arachidonic acid, C20:4n6	0.80	0.46
Tricosanoic acid, C23:0	0.04	0.04
Cis-13,16-Docosadienoic acid, C22:2	0.05	0.05
Lignoceric acid, C24:0	0.07	0.04
Cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic acid, C20:5n3	0.22	0.17
Nervonic acid, C24:1	0.08	0.06
Cis-4,7,10,13,16,19-Docosahex- aenoic acid, C22:6n3	2.04	1.62
Total asam lemak/ Fatty acids total	81.69	78.75

sumber utama dari timbulnya senyawa-senyawa volatil yang berpengaruh terhadap aroma suatu komoditas. Senyawa-senyawa volatil yang termasuk ke dalam gugus

hidrokarbon dapat berasal dari proses pemisahan rantai karbon asam lemak dan oksidasi termal dari asam lemak tidak jenuh. Senyawa yang termasuk ke dalam gugus

aldehid dapat berasal dari ikatan ganda karbon asam lemak yang teroksidasi baik itu yang dimiliki oleh asam lemak jenuh maupun tidak jenuh. Begitu juga dengan senyawa-senyawa volatil yang termasuk ke dalam golongan gugus alkohol dan keton memiliki sumber yang sama yaitu asam lemak jenuh dan tidak jenuh (Sakakibara *et al.* 1988; Chung *et al.* 2002; Linder dan Ackman 2002; Liu *et al.* 2009; Guillen *et al.* 2006).

Komponen Flavor Volatil

Analisis senyawa volatil menunjukkan bahwa ikan gurame kukus memiliki jumlah senyawa lebih tinggi dibandingkan senyawa yang teridentifikasi pada sampel ikan gurame segar dengan jenis yang beragam berasal dari beberapa kelompok senyawa. Senyawa volatil dari sampel ikan gurame segar berhasil diidentifikasi sebanyak 17 dan kukus sebanyak 38 senyawa volatil (Tabel 3).

Senyawa-senyawa tersebut berasal dari gugus atau kelompok senyawa utama yang meliputi hidrokarbon (alifatik dan siklik), aldehid, alkohol, keton, eter, ester dan golongan lainnya (furan dan beberapa senyawa yang mengandung nitrogen). Sampel ikan gurame segar memiliki jumlah senyawa golongan hidrokarbon (alifatik dan siklik) yang lebih tinggi (8 jenis senyawa) dibandingkan dengan keton (1 senyawa), alkohol (2 senyawa), ester (2 senyawa), eter (1 senyawa) dan golongan lainnya (3 senyawa). Senyawa dengan proporsi tertinggi pada sampel segar ini ialah dari golongan hidrokarbon yaitu *azulene* (46,625%). Senyawa yang dominan pada ikan gurame kukus ialah golongan aldehid yang memiliki jumlah senyawa yang lebih tinggi (15 jenis senyawa) dibandingkan dengan alkohol (12 senyawa), hidrokarbon (6 senyawa), keton (4 senyawa), dan golongan senyawa lainnya (1 senyawa). Senyawa yang memiliki proporsi tertinggi dibandingkan senyawa lainnya pada sampel ikan kukus ialah dari golongan aldehid yaitu *pentanal* (29,761%).

Senyawa volatil yang berasal dari gugus kelompok hidrokarbon dapat berasal dari reaksi dekarboksilasi dan proses pemisahan rantai karbon asam lemak dan oksidasi termal dari asam lemak tidak jenuh (Chung *et al.* 2002; Linder dan Ackman 2002; Liu *et al.*

2009). Kelompok senyawa aldehid yang terdeteksi pada sampel dapat berasal dari oksidasi ikatan ganda karbon dari asam lemak baik asam lemak jenuh maupun tidak jenuh (Linder dan Ackman 2002; Guillen *et al.* 2006; Liu *et al.* 2009; Guillen dan Errecalde 2002; Sakakibara *et al.* 1988; Cha *et al.* 1992). Senyawa volatil serupa dengan kelompok aldehid, sebagian besar berasal dari gugus alkohol dan keton yang terdeteksi pada sampel juga dapat terbentuk sebagai hasil dari oksidasi lemak, asam lemak dan degradasi asam amino yang terjadi selama pengolahan (Yajima *et al.* 1983; Sakakibara *et al.* 1990; Ho dan Chen 1994). Senyawa-senyawa volatil kelompok alkohol juga dapat terbentuk oleh dekomposisi sekunder dari hidroperoksida asam lemak (Girard dan Durance 2000; Peinado *et al.* 2016).

Hampir seluruh reaksi yang dapat menimbulkan atau menghasilkan senyawa volatil akan melibatkan asam lemak jenuh dan tidak jenuh yang secara umum banyak terkandung pada komoditas perikanan termasuk pada ikan gurame (Tabel 2). Perbedaan secara organoleptik yang terdapat antar spesies komoditas perikanan dapat diperkirakan terjadi dan bergantung pada kandungan lemaknya karena sebagian besar senyawa volatil pada ikan berasal dari penguraian oksidatif dari asam lemak tidak jenuh (Lazo *et al.* 2017).

Senyawa yang termasuk ke dalam kelompok hidrokarbon, aldehid dan alkohol yang terdeteksi pada kedua sampel seperti *limonene*, *hexadecane*, *toluene*, *nonanal*, *hexadecanal*, *pentanal*, *heptanal*, *1-octen-3-ol*, *1-nonanol*, dan *1-hexanol* diketahui juga terdeteksi pada ikan *silver carp* segar dan masak (Liu *et al.* 2009), ikan *sea bream* liar dan hasil budidaya (Alasalvar *et al.* 2005), ikan *black bream* segar (Guillen dan Errecalde 2002), ikan tenggiri dan ikan patin (Pratama *et al.* 2018). Beberapa senyawa yang terdeteksi juga telah diketahui deskripsi aromanya, seperti senyawa keton *2,3-pentanedione* yang terdeteksi pada sampel ikan gurame kukus diketahui juga terdeteksi pada ikan sardin segar, *turbot*, *mussel* dan *clam*. Senyawa ini dihasilkan dari oksidasi asam lemak tidak jenuh jamak *n-3* dan memiliki karakteristik flavor seperti karamel (Ganeko *et al.* 2007;

Tabel 3 Komposisi senyawa volatil ikan gurame segar dan kukus
(Table 3 Volatile compounds composition of fresh and steamed gouramy)

Segar / Fresh			Kukus / Steamed		
Senyawa / Compounds	Luas area/ Area	Proporsi (%) / Proportion (%)	Senyawa / Compounds	Luas area/ Area	Proporsi (%) / Proportion (%)
1-Octanamine, N-methyl-	13481	0,197	2-Heptanone	3547	0,011
2H-Pyran-2-one, tetrahydro-6,6-di- methyl-	765	0,011	Silanediol, dimethyl-	939775	2,865
Silanediol, dimethyl-	914141	13,327	Hexanal	117549	0,358
Oxime-, me- thoxy-phenyl-	2043724	29,794	1-Pentanol	22060	0,067
β -Ocimene	21649	0,316	2-Hexen-1-ol, (E)-	1144633	3,489
D-Limonene	239744	3,495	Pentanal	9763198	29,761
Hexane, 2,3,4-trimethyl-	41315	0,602	2H-Pyran-2-one, tetrahydro-6,6- dimethyl-	5065844	15,442
Oxalic acid, isobutyl nonyl ester	34847	0,508	1-Hexanol	500196	1,525
Hydroxylamine, O-decyl-	37468	0,546	2,3-Pentanedione	19107	0,058
Octane, 3,5-dimeth- yl-	1122	0,016	Heptanal	388239	1,183
1-Decanol, 2-ethyl-	19060	0,278	4-Propoxy-2-buta- none	1841912	5,615
Oxalic acid, 2-ethyl- hexyl isohexyl ester	36322	0,530	3-Heptanol, 4-meth- yl-	101041	0,308
Dodecyl nonyl ether	140122	2,043	1-Heptanol	84022	0,256
Undecane	88339	1,288	1-Octen-3-ol	2997312	9,137
Heptane, 2,4-dimeth- yl-	27964	0,408	Furan, 2-pentyl-	179468	0,547
Hexane, 2,3,4-trimethyl-	1174	0,017	Octanal	812244	2,476
Azulene	3198243	46,625	Cyclohexene, 1-methyl-4- (1-methylethenyl)-, (S)-	47034	0,143
			2-Heptenal, (E)-	58258	0,178
			1-Octanol	1200732	3,660
			Decane	35792	0,109
			Oxirane, [(dodecy- loxy)methyl]-	140621	0,429
			Hexadecanal	107650	0,328
			Nonanal	6717256	20,476
			Octadecanal	8845	0,027

Prost *et al.* 2004). Kelompok senyawa keton yang terdeteksi diketahui berkontribusi pada aroma *sweet* berbagai jenis krustasea (Morita *et al.* 2003).

Senyawa aldehid misalnya *hexanal* yang terdeteksi pada ikan gurame kukus diketahui memiliki karakteristik flavor *green-like*, begitu juga pentanal yang memiliki *flavor green*. (E)-2-octenal memiliki flavor seperti kayu manis, *octanal* memiliki karakteristik flavor seperti *citrus* dan diketahui terdeteksi pada ikan patin segar dan ikan tenggiri segar dan kukus (Pratama *et al.* 2018). Senyawa volatil rantai pendek seperti E-2-nonanal yang terdeteksi pada sampel ikan gurame kukus juga diketahui terdeteksi pada ikan *grey mullet* dan telah dihubungkan dengan rasa pahit dan tengik pada ikan (Lazo *et al.* 2017).

Senyawa alkohol 1-penten-3-ol yang terdeteksi pada sampel ikan gurame kukus dan diketahui berkontribusi pada flavor produk perikanan segar serta dihasilkan dari asam lemak tidak jenuh jamak (Prost *et al.* 2004; Peinado *et al.* 2016; Lazo *et al.* 2017). Senyawa alkohol volatil yang terdeteksi pada sampel ikan gurame kukus seperti 1-nonanol memiliki ambang yang tinggi dan karenanya hanya sedikit berpengaruh pada flavor produk, kecuali senyawa-senyawa alkohol volatil yang terkandung dalam konsentrasi yang tinggi atau bentuk tidak jenuh (Jin *et al.* 2015). Alkohol tidak jenuh di antaranya senyawa 1-octen-3-ol memiliki ambang yang lebih rendah sehingga kemungkinan memiliki pengaruh yang lebih besar pada aroma keseluruhan produk. Senyawa ini diketahui memiliki aroma seperti jamur (Peinado *et al.* 2016; Girard dan Durance 2000; Prost *et al.* 2004)

Senyawa ester pada sampel segar teridentifikasi 2 yaitu *oxalic acid, 2-ethylhexyl isohexyl ester* dan *oxalic acid, isobutyl nonyl ester*. Kelompok senyawa ester yang berada pada sampel ikan pada umumnya berasal dari proses esterifikasi asam dan alkohol yang sebelumnya terbentuk dari hasil metabolisme lemak (Chung *et al.* 2002; Guillen dan Errecalde 2002; Pratama *et al.* 2018). Senyawa furan, 2-pentyl-furan yang terdeteksi pada sampel ikan gurame kukus sebelumnya juga terdeteksi pada ikan *silver carp* kukus

dan *black bream* asap (Liu *et al.* 2009; Guillen dan Errecalde 2002). Senyawa ini dapat dihasilkan dari oksidasi asam lemak (Girard dan Durance 2000). Senyawa-senyawa yang tergolong kelompok furan termasuk ke dalam senyawa heterosiklik dan biasanya berasal dari dehidrasi glukosa (degradasi termal selulosa) (Maga 1987; Chung *et al.* 2002). *Toluene* yang terdeteksi pada sampel dianggap sebagai komponen yang tidak dikehendaki karena perannya pada tubuh manusia tidak diketahui dan biasanya dihasilkan dari degradasi termal bahan-bahan kayu (Ganeko *et al.* 2006).

Berbagai jenis senyawa volatil yang telah terdeteksi pada sampel ikan gurame segar dan kukus sebagian besar berasal dari komponen sampel itu sendiri, utamanya dari protein dan lemak sehingga jumlah dan jenis yang beragam dari senyawa volatil berhubungan dengan variasi dari senyawa kimia yang terkandung dalam sampel (Pratama *et al.* 2018), sebagian yang lain berasal dari lingkungan perairan tempat hidup ikan (Peinado *et al.* 2016). Senyawa volatil tersebut sebagian besar berperan terhadap aroma komoditas dan berasal dari hasil reaksi enzimatik, aktivitas mikroorganisme, auto oksidasi lemak, senyawa-senyawa yang terbentuk sebagai hasil dari berbagai reaksi termal dan pengaruh-pengaruh lingkungan (Alasalvar *et al.* 2005). Jenis dan komposisi senyawa volatil akan bergantung pada jenis sampel, komposisi kimia dan metode pengolahannya. Penjelasan serupa telah dijelaskan pada beberapa penelitian, diantaranya ialah Mansur *et al.* (2002), Deng *et al.* (2014), Pratama *et al.* (2013), Pratama (2011), Guillen dan Errecalde (2002) dan Puwastien *et al.* (1999).

Mansur *et al.* (2002) menyatakan bahwa komponen flavor yang terdeteksi pada ikan *horse mackerel* yang dikeringkan, terbentuk sebagai hasil dari oksidasi lemak dan juga hidrolisis yang melibatkan enzim dari komponen asal ikan seperti lemak dan protein. Kondisi termal dapat meningkatkan degradasi *retro-aldol* dari aldehid tidak jenuh yang dapat menyebabkan perubahan flavor pada produk. Hal lain yang dapat memengaruhi jumlah dan jenis senyawa yang terdeteksi ialah metode ekstraksi, jenis sampel, kolom GC/MS dan

parameter penggunaan alat (Pratama *et al.* 2013). Deskripsi aroma ikan segar secara umum, dikarakterisasikan oleh aroma-aroma sebagai berikut: *sweet, mild, green, plant-like, metallic* dan *fishy*. Senyawa volatil yang berperan terhadap aroma-aroma ini terutama berasal dari hasil reaksi enzimatis yang bersifat oksidatif dan auto oksidasi lemak (Morita *et al.* 2003).

KESIMPULAN

Hasil analisis senyawa volatil menunjukkan bahwa sebagian besar kelompok senyawa yang terdeteksi dan teridentifikasi pada sampel ikan gurame segar (17 senyawa) dan kukus (38 senyawa) berasal dari golongan hidrokarbon (alifatik dan siklik), aldehid, keton, alkohol, eter, ester, dan golongan lainnya (senyawa yang mengandung nitrogen dan furan). Jenis asam lemak yang terukur lebih tinggi pada kedua sampel ialah asam oleat dan asam palmitat. Hasil dari reaksi-reaksi yang melibatkan asam lemak akan berpengaruh pada pembentukan sebagian senyawa-senyawa volatil sampel ikan gurame. Jenis asam amino yang terukur lebih tinggi pada kedua sampel adalah asam glutamat yang berperan pada karakteristik rasa *umami*.

DAFTAR PUSTAKA

- Alasalvar C, Taylor K DA, Shahidi F. 2005. Comparison of volatiles of cultured and wild seabream (*Sparus aurata*) during storage in ice by dynamic headspace analysis/gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53: 2616-2622.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. 2005. *Official Methods of Analysis of AOAC International 18th Edition*. Gaithersburg (USA): AOAC International.
- Cha Y J, Baek HH, Hsieh TCY. 1992. Volatile Components in flavour concentrates from crayfish processing waste. *Journal of the Science of food and agriculture*. 58: 239-248.
- Chen DW, Zhang M. 2006. Non-volatile taste active compounds in the meat of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*). *Food Chemistry*. 104: 1200-1205.
- Chung HY, Yung IKS, Ma WCJ, Kim J. 2002. Analysis of volatile components in frozen and dried scallops (*Patinopecten yessoensis*) by gas chromatography/mass spectrometry. *Food Research International*. 35: 43-53.
- Deng Y, Luo Y, Wang Y, Zhao Y. 2014. Effect of different drying methods on the myosin structure, amino acid composition, protein digestibility and volatile profile of squid fillets. *Food Chemistry*. 171: 168-176.
- Erkan N, Selcuk A, Ozden O. 2010. Amino acid and vitamin composition of raw and cooked horse mackerel. *Food Analytical Methods*. 3: 269-275.
- Fellows P. 2000. *Food Processing Technology: Principles and Practice*. Woodhead Publ. Ltd. Cambridge
- Ganeko N, Shoda MM, Hirohara I, Bhadra A, Ishida T, Matsuda H, Takamura H, Matoba T. 2007. Analysis of volatile flavor compounds of sardine (*Sardinops melanostica*) by solid phase micro extraction. *Journal of Food Science*. 73: 83-8.
- Girard B, Durance T. 2000. Headspace volatiles of sockeye and pink salmon as affected by retort process. *Journal of Food Science*. 65: 34-39.
- Guillen M, Errecaalde M. 2002. Volatile components of raw and smoked black bream (*Brama raii*) and rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) studied by means of solid phase microextraction and gas chromatography/mass spectrometry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 82: 945-952.
- Guillen MD, Errecaalde MC, Salmeron J, Casas C. 2006. Headspace volatile components of smoked swordfish (*Xiphias gladius*) and cod (*Gadus morhua*) detected by means of solid phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry. *Food Chemistry*. 94: 151-156.
- Ho CT, Chen Q. 1994. Lipids in food flavors: an overview. Di dalam: Ho CT, Hartman TG, editor. *Lipids in Food Flavors*. American Chemical Society. Washington DC.
- Irianto HE, Fernandez CC, Shaw GJ. 2014. Identification of volatile flavour

- compounds of hoki (*Macrurus novaezelandiae*) and orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) oils. *Squalen Bulletin of Marine & Fisheries Postharvest and Biotechnology*. 9(2): 55-62.
- Ismail A, Ikram EHK. 2004. Effects of cooking practices (boiling and frying) on the protein and amino acids contents of four selected fishes. *Nutrition and Food Science*. 34(2): 54-59.
- Jin Y, Deng Y, Yue J, Zhao Y, Yu W, Liu Z, Huang H. 2015. Significant improvements in the characterization of volatile compound profiles in squid using simultaneous distillation extraction and GCxGC-TOFMS. *Journal of Food*. 13: 434-444.
- Kato H, Rhue MR, Nishimura T. 1989. Role of free amino acids and peptides in food taste. Di dalam: Teranishi R (editor). Flavor chemistry; trends and developments. Di dalam: Wongso S, Yamanaka H. 1998. Extractive components of the adductor muscle of Japanese baking scallop and changes during refrigerated storage. *Journal of Food Science*. 63(5): 772-776.
- Kawai M, Uneyama H, Miyano H. 2009. Taste-active components in foods, with concentration on umami compounds. *Journal of Health Science*. 55: 667-673.
- Kubota S, Itoh K, Niizeki N, Song X A, Okimoto K, Ando M, Murata M, Sakaguchi M. 2002. Organic taste-active components in the hot water extract of yellowtail muscle. *Food Science and Technology Research*. 8: 45-49.
- Lazo O, Guerrero L, Alexi N, Grigorakis K, Claret A, Perez Z A, Bou R. 2017. Sensory characterization, physico-chemical properties and somatic yields of five emerging fish species. *Food Research International*. 100: 396-406.
- Lewis MJ. 2006. Thermal Processing Food Processing Handbook. Brennan JG (editor). Wiley-VCH GmbH and Co. KgaA. Weinheim
- Linder M, Ackman RG. 2002. Volatile compounds recovered by solid-phase microextraction from fresh adductor muscle and total lipids of sea scallop (*Placopecten magellanicus*) from Georges Bank (Nova Scotia). *Journal of Food Science*. 67: 2032-2037.
- Lopes AF, Alfaia CMM, Partidario AMCP, Lemos JPC, Prates JAM. 2015. Influence of household cooking methods on amino acids and minerals of Barrosa-PDO veal. *Meat Science*. 99: 38-43.
- Liu JK, Zhao SM, Xiong SB. 2009. Influence of re-cooking on volatile and non-volatile compounds found in silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). *Fisheries Science*. 75: 1067-1075.
- Lund EK. 2013. Health benefits of seafood: Is it just the fatty acids?. *Food Chemistry*. 140: 413-420.
- Maga JA. 1987. The flavor chemistry of wood smoke. *Food Review International*. 3: 139-183.
- Majid A, Agustini TW, Rianingsih L. 2014. Pengaruh perbedaan konsentrasi garam terhadap mutu sensori dan kandungan senyawa volatil pada terasi ikan teri (*Stolephorus* sp.). *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*. 3(2): 17-24.
- Mallard GW, Reed J. 1997. Automatic Mass Spectral Deconvolution and Identification System (AMDIS) User Guide. U.S. Gaithersburg (USA): Department of Commerce.
- Mansur MA, Hossain MI, Takamura H, Matoba T. 2002. Flavor components of some processed fish and fishery products of Japan. *Bangladesh Journal of Fisheries Research*. 6: 89-97.
- Miyasaki T, Hamaguchi M, Yokoyama S. 2011. Change of volatile compounds in fresh fish meat during ice storage. *Journal of Food Science*. 76(9): 1319-1325.
- Morita K, Kubota K, Aishima T. 2003. Comparison of aroma characteristics of 16 fish species by sensory evaluation and gas chromatographic analysis. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 83: 289-297.
- Oluwaniyi OO, Dosumu OO, Awolola GV. 2010. Effect of local processing methods (boiling, frying and roasting) on the amino acid composition of four marine fishes commonly consumed in Nigeria. *Food Chemistry*. 123: 1000-1006.
- Ozden O. 2005. Changes in amino acid and fatty acid composition during shelf-life of marinated fish. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 85: 2015-2020.

- Ozogul Y, Ozogul F, Alagoz, S. 2007. Fatty acid profiles and fat contents of commercially important seawater and freshwater fish species of Turkey: A comparative study. *Food Chemistry*. 103: 217-223.
- Peinado I, Miles W, Koutsidis G. 2016. Odour characteristics of seafood flavour formulations produced with fish by-products incorporating EPA, DHA and fish oil. *Food Chemistry*. 212: 612-619.
- Pratama RI. 2011. Karakteristik flavor beberapa ikan asap di Indonesia. [Tesis] Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Pratama RI, Rostini I, Awaluddin MY. 2013. Komposisi kandungan senyawa flavor ikan mas (*Cyprinus carpio*) segar dan hasil pengukusannya. *Jurnal Akuatika*. 4(1): 55-67.
- Pratama RI, Rostini I., Rochima E. 2017. Amino Acid Profile and Volatile Components of Fresh and Steamed Vaname Shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Prosiding 1st International Conference on Food Security Innovation (ICFSI)*, Le Dian Hotel, October 18 – 20. Serang: 57-68
- Pratama RI, Rostini I, Rochima E. 2018. Amino acid profile and volatile flavour compounds of raw and steamed patin catfish (*Pangasius hypophthalmus*) and narrow-barred spanish mackerel (*Scomberomorus commerson*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 116: 1-17.
- Prost C, Hallier A, Cardinal M, Serot T, Courcoux P. 2004. Effect of storage time on raw sardine (*Sardina pilchardus*) flavor and aroma quality. *Journal of Food Science*. 69: 198-204.
- Pusat Data Statistik dan Informasi. 2015. Kelautan dan Perikanan dalam Angka Tahun 2015. Pusat Data Statistik dan Informasi. Jakarta (ID): Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Puwastien P, Judprasong K, Kettwan E, Vasanachitt K, Nakngamanong Y, Bhattacharjee L. 1999. Proximate composition of raw and cooked Thai freshwater and marine fish. *Journal of Food Composition and Analysis*. 12: 9-16.
- Sakakibara H, Yanai T, Yajima I, Hayashi K. 1988. Changes in volatile flavor compounds of powdered dried bonito (katsuo-bushi) during storage. *Agricultural and Biological Chemistry*. 52: 2731-2739.
- Sakakibara H, Ide J, Yanai T, Yajima I, Hayashi K. 1990. Volatile flavor compounds of some kinds of dried and smoked fish. *Agricultural and Biological Chemistry*. 54:9-16.
- Sriket P, Benjakul S, Visessanguan W, Kijroongrojana K. 2007. Comparative studies on chemical composition and thermal properties of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) and white shrimp (*Penaeus vannamei*) meats. *Food Chemistry*. 103: 1199-1207.
- Suryaningrum DT, Muljanah I, Tahapari E. 2010. Profil sensori dan nilai gizi beberapa jenis ikan patin dan hibrid nasutu. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*. 5: 153-164.
- Toth L, Potthast K. 1984. Chemical aspects of the smoking of meat and meat products. Di dalam: Chichester CO (editor). *Advances in Food Research*. Academic Press Inc. New York.
- Vijayan DK, Jayarani R, Singh DK, Chatterjee NS, Mathew S, Mohanty BP, Sankar TV, Anandan R. 2016. Comparative studies on nutrient profiling of two deep sea fish (*Noepinnula orientalis*) and (*Chlorophthalmus corniger*) and brackish water fish (*Scatophagus argus*). *The Journal of Basic and Applied Zoology*. 77: 41-48.
- Wongso S, Yamanaka H. 1998. Extractive components of the adductor muscle of Japanese baking scallop and changes during refrigerated storage. *Journal of Food Science*. 63(5): 772-776.
- Yajima I, Nakamura M, Sakakibara H. 1983. Volatile flavor components of dried bonito (katsuo-bushi) II. from neutral fraction. *Agricultural and Biological Chemistry*. 47: 1755-1760.
- Zhao CJ, Scheber A, Ganzle MG. 2016. Formation of taste-active amino acids, amino acid derivatives and peptides in food fermentations. *Food Research International*. 89: 39-47.