

## IDENTIFIKASI KOMPONEN FLAVOR VOLATIL IKAN KEMBUNG SEGAR (*Rastrelliger* sp.)

Rusky I. Pratama<sup>1\*</sup>, Tuhpator Rohmah<sup>2</sup>, Evi Liviawaty<sup>1</sup>, Emma Rochima<sup>1</sup>, Iis Rostini<sup>1</sup>

<sup>1\*</sup>Staff di Laboratorium Pengolahan Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Padjajaran, Jatinangor 45363,

<sup>2</sup>Mahasiswa Sarjana Program Studi Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Padjajaran, Jatinangor 45363

<sup>\*</sup>e-mail: [rusky@unpad.ac.id](mailto:rusky@unpad.ac.id)

### ABSTRAK

Ikan kembung merupakan salah satu komoditas perikanan yang banyak digemari masyarakat Indonesia. Beberapa alasan penyebabnya ialah karena ikan ini tingkat ketersediannya cukup tinggi, mudah ditemukan di pasaran dan memiliki karakteristik flavor yang disukai oleh masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi senyawa flavor volatil pada ikan kembung segar. Sampel dalam penelitian ini adalah daging ikan kembung segar yang senyawa volatilnya diekstraksi pada suhu 40°C menggunakan metode *Solid Phase Micro-Extraction* (SPME) dan diidentifikasi menggunakan alat Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS). Selain itu, analisis proksimat juga dilakukan pada sampel daging ikan kembung (kadar air, abu, lemak, dan protein). Hasil analisis komponen volatil menunjukkan bahwa terdapat 27 senyawa volatil pada sampel daging ikan kembung segar dimana sebagian besar senyawa volatil yang terdeteksi berasal dari kelompok senyawa hidrokarbon, aldehida, alkohol, dan keton. Hasil analisis proksimat menunjukkan bahwa ikan kembung segar yang diteliti memiliki kandungan air, abu, lemak dan protein sebesar 74,2%; 1,66%; 1,38% dan 20,91% secara berurutan.

**Kata kunci:** flavor, identifikasi, ikan kembung, senyawa volatil

### ABSTRACT

*Indian mackerel is one of the most popular fishery commodities in Indonesia. The reason is mainly because this fish has an excellent level of availability, is easy to find in the market and has flavor characteristics that are liked by the public. This study aims to identify volatile flavor compounds in fresh mackerel. The sample in this study was fresh mackerel meat whose volatile compounds were extracted at 40°C using the Solid Phase Micro Extraction (SPME) method and identified using Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS). In addition, proximate analysis was also carried out on mackerel meat samples (moisture, ash, fat, and protein content). The results of volatile component analysis showed that there were 27 volatile compounds in fresh mackerel meat samples where most of the volatile compounds detected were from groups of hydrocarbon compounds, aldehydes, alcohols, and ketones. The results of the proximate analysis showed that the fresh mackerel studied had water, ash, fat and protein content of 74.2%; 1.66%; 1.38% and 20.91% respectively.*

**Keywords:** *flavor, identification, mackerel, volatile compound*

## **PENDAHULUAN**

Ikan kembung (*Rastrelliger* sp.) merupakan salah satu jenis ikan pelagis yang cukup terkenal dan bernilai ekonomi tinggi di Indonesia. Pusat Data Statistik dan Informasi (2017), mencatat bahwa ikan kembung merupakan salah satu komoditas perikanan tangkap laut utama Indonesia dengan volume produksi sebesar 465.158.980 kg. Ikan ini tergolong salah satu jenis ikan laut yang memiliki ketersediaan tinggi dan sangat penting di Indonesia karena rasanya yang enak dan murah dibandingkan dengan ikan pelagis lainnya.

Ikan ini di Indonesia biasanya dikonsumsi langsung sebagai hidangan sehari-hari. Kandungan atau komposisi kimia yang terkandung di dalam bahan baku ikan yang digunakan tentunya akan mempengaruhi karakteristik flavor produk yang dihasilkannya

Flavor itu sendiri menurut definisi adalah keseluruhan persepsi (sensasi) yang diterima oleh indra manusia, terutama rasa dan aroma pada saat makanan atau minuman tersebut dikonsumsi. Hasil dari kombinasi pengalaman dan sensasi yang dirasakan terkait karakteristik produk sering disebut flavor (Burdock, 2002). Senyawa-senyawa flavor yang terkandung dalam komoditas perikanan biasanya berasal dari protein dan berbagai turunan senyawa lemak (Pratama, 2011; Pratama *et*

*al.*, 2018). Komponen senyawa volatil dan non volatil memegang peranan penting dalam penerimaan produk perikanan terutama dalam hal karakteristik flavornya. Senyawa non-volatil diketahui mempengaruhi karakteristik rasa suatu komoditas dan umumnya berasal dari kelompok asam amino bebas, berbagai peptida, nukleotida seperti IMP (disodium 5'-inosin monofosfat), GMP (disodium 5'-guanosin monofosfat), AMP (disodium 5'-adenosin monofosfat) (Chen & Zhang, 2006; Liu *et al.*, 2009). Sementara itu, komponen senyawa volatil merupakan kelompok senyawa kimia yang berkontribusi terutamanya pada aroma suatu komoditas. Umumnya senyawa flavor volatil yang terdeteksi pada produk perikanan berasal dari gugus aldehid, alkohol, keton, dan hidrokarbon (Pratama *et al.*, 2013; Liu *et al.*, 2009; Tanchotikul & Hsieh, 1989). Beberapa penelitian yang mengkaji perbedaan komponen volatil antar komoditas perikanan telah banyak dilakukan di luar negeri adalah (Liu *et al.*, 2009; Chung *et al.*, 2002; Sakakibara *et al.*, 1990; Guillen *et al.*, 2006; Ganeko *et al.*, 2007; Miyasaki *et al.*, 2011), namun hal yang berbeda terjadi di Indonesia karena data terkait hal ini belum cukup tersedia

Produk komoditas perikanan digemari karena merupakan sumber nutrisi yang baik dimana kandungan protein dan asam lemak

tak jenuhnya tinggi. Informasi menyeluruh mengenai komposisi kimia suatu komoditas seperti komponen volatil dan nilai proksimatnya penting dalam rangka pengidentifikasian profil aroma, nilai gizi dan perubahan kimia terkait aroma komoditas tersebut. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi komponen flavor volatil pada sampel daging ikan kembung segar.

## **METODE PENELITIAN**

Tahap pertama ialah preparasi sampel dimana sampel ikan kembung diambil dari tempat pendaratan ikan yang terletak di Karangsong, Indramayu, Jawa Barat. Sampel kemudian diangkut di dalam *cool box* dengan perbandingan es dan ikan 2:1 pada pagi hari agar kesegaran ikan tetap terjaga. Sampel tersebut kemudian dibawa ke Laboratorium Pengolahan Hasil Perikanan Universitas Padjadjaran untuk ditangani dan dipreparasi.

Ikan terlebih dahulu dicuci bersih, di-*fillet*, ditimbang sesuai kebutuhan, lalu daging ikan tersebut dikemas dengan cara membungkusnya dalam aluminium foil, *cling wrap*, dan kantong zip-lock. Pengemasan tiga lapis ini dilakukan untuk meminimalkan perubahan dan kerusakan cita rasa sampel yang akan dianalisis yang kemungkinan dapat disebabkan oleh pengaruh udara, cahaya, dan suhu (Pratama 2011). Selanjutnya, sampel diangkut ke

laboratorium analitik di Sukamandi dan Bogor.

Prosedur analisis senyawa volatil yang digunakan dalam penelitian ini merupakan modifikasi dari prosedur analisis yang dilakukan oleh (Chen & Zhang 2006). Analisis dilakukan dengan menggunakan serangkaian alat Kromatografi Gas (GC Agilent Technologies 7890A System) dan spektrometri massa (Agilent Technologies 5975C inert XL EI CI/MSD). Ekstraksi sampel dilakukan dengan metode *Solid-Phase Microextraction* (SPME) menggunakan fiber DVB/Carboxen/Poly-Dimethyl Siloxane dengan suhu pemanasan 40°C. Kolom GC yang digunakan adalah HP-INNOWax (30m x 250µm x 0,25µm), gas pembawa helium, suhu awal 45°C (tahan 2 menit), peningkatan suhu 6°C/menit, suhu perangkat akhir 250°C (tahan 5 menit) dengan waktu keseluruhan 45 menit. Spektrum massa senyawa yang terdeteksi kemudian dibandingkan dengan pola spektrum massa yang tersedia dalam pusat data yang terletak pada komputer atau perpustakaan NIST (*National Institute of Standards and Technology*) versi 0.5a. Data komponen volatil flavor dianalisis lebih lanjut menggunakan perangkat lunak *Automatic Mass Spectral Deconvolution and Identification System* (AMDIS) (Mallard & Reed, 1997).

Analisis proksimat yang dilakukan pada sampel daging ikan kembung segar

meliputi analisis kadar air, abu, protein, dan lipid yang ditentukan berdasarkan prosedur (AOAC, 2005). Kadar air kedua sampel ditentukan secara gravimetri dalam oven pada suhu 110°C, kandungan senyawa anorganik total (% kadar abu) ditentukan melalui pembakaran bahan organik selama 24 jam pada suhu 450°C, kadar protein total ditentukan dengan metode *Kjeldahl* dan kandungan total lemak ditentukan dengan metode Soxhlet menggunakan 150 mL kloroform dan hasilnya dinyatakan dalam persen. Data yang dihasilkan dari analisis senyawa volatil dibahas secara deskriptif berdasarkan identifikasi tentatif (berdasarkan waktu retensi, spektrum massa dan membandingkannya dengan pusat data perpustakaan pada komputer) dan semi kuantifikasi intensitas senyawa

yang terdeteksi didasarkan pada satuan luas puncak yang tertera pada kromatogram (Guillen *et al.*, 2006; Guillen & Errecalde, 2002). Data yang diperoleh dari seluruh sampel uji proksimat dihitung nilai rata-rata (tiga ulangan) dan standar deviasinya (Steel & Torrie 1983), kemudian dibahas secara deskriptif.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis komponen volatil flavor menunjukkan bahwa terdapat 27 senyawa volatil yang berhasil dideteksi pada sampel daging ikan kembung segar (Tabel 1). Senyawa aroma volatil yang teridentifikasi dikategorikan ke dalam beberapa kategori seperti hidrokarbon, aldehida, alkohol, dan keton.

**Tabel 1.** Senyawa volatil ikan kembung segar dan proporsinya

Waktu Retensi	Senyawa	Luas Area Puncak (Kromatogram)	Proporsi (%)
<i>Hidrokarbon</i>			
24,5167	Pentadecane	3257590	47,553
14,3896	D-Limonene	472372	6,896
14,3624	Cyclohexene, 1-methyl-4- (1-methylethenyl) -, (S) -	397086	5,797
13,0277	Bicyclo[2.2.1] heptane, 7,7-dimethyl-2-methylene-	327114	4,775
15,8259	Cyclohexene, 3-methyl-6- (1-methylethylidene) -	252791	3,690
12,3713	1,3,6-Heptatriene, 5-methyl-	88284	1,289
18,3407	Azulene	83737	1,222
22,5309	Hexadecane	75394	1,101
28,2759	Heptadecane, 2,6-dimethyl-	51707	0,755
15,9386	Undecane	43387	0,633
20,4529	1-nonadecene	17711	0,259
<i>Aldehyd</i>			
8,7602	Hexanal	393138	5,739
13,6806	Octanal	243068	3,548
11,1699	Heptanal	51494	0,752
16,1382	Nonanal	37 679	0,550
15,3589	2-Heptenal, (E) -	28734	0,419
6,0559	Pentanal	1108	0,016

Waktu Retensi	Senyawa	Luas Area Puncak (Kromatogram)	Proporsi (%)
<i>Keton</i>			
20,4015	2-decanone	384749	5,616
20,4003	2-Heptanone	361241	5,273
20,277	3-Heptanone, 6-methyl-	7988	0,117
18,251	2,3-Pentanedione	2737	0,040
<i>Alkohol</i>			
15,379	1-Octanol	82076	1,198
20,4381	1-Hexanol, 2-ethyl-	50141	0,732
18,4664	2-Hexen-1-ol, (E) -	6523	0,095
<i>Golongan Lainnya</i>			
13,2461	4- (1,3-Dioxoisindol-2-yl) phenyl acetate	99649	1,455
13,5472	3-Pentenoic acid, 4-methyl-	30715	0,448
18,4652	Furan, 2-pentyl-	2224	0,033

Menurut Josephson *et al.*, (1984), senyawa yang ditemukan di antara berbagai spesies ikan tampaknya mencerminkan proses metabolisme yang melibatkan asam lemak tak jenuh ganda. Ikan segar umumnya dicirikan oleh aroma *sweet, mild, green, plant-like, metallic* dan *fishy*. Senyawa volatil yang berkontribusi terhadap aroma ini utamanya dihasilkan oleh reaksi enzimatik dan oksidasi lipid.

Senyawa volatil yang terdeteksi pada sampel daging ikan kembung segar terdiri dari berbagai kelompok senyawa, yaitu yang pertama ialah hidrokarbon (total 11 senyawa), dimana kelompok senyawa ini memiliki jumlah senyawa yang terdeteksi paling banyak dan senyawa pentadekana (47,553%) memiliki proporsi tertinggi pada golongan ini. Sebagian besar hidrokarbon yang terdeteksi dalam sampel adalah berbagai senyawa hidrokarbon alifatik, siklik, dan aromatik. Kelompok senyawa berikutnya yang terdeteksi adalah aldehid (6

senyawa) dengan heksanal sebagai senyawa yang memiliki proporsi tertinggi (5,7389%). Berikutnya adalah kelompok keton (4 senyawa) dengan 2-dekanon (5,6164%) memiliki proporsi senyawa tertinggi. Kelompok senyawa alkohol terdeteksi 3 senyawa dengan 1-oktanol (1,1981%) memiliki proporsi terbesar. Selain kelompok-kelompok tersebut, terdapat juga beberapa senyawa volatil yang terdeteksi dalam jumlah yang sangat rendah dan dikategorikan sebagai kelompok senyawa lainnya. Kelompok ini jarang teridentifikasi pada komoditas perikanan dan memerlukan identifikasi lebih lanjut.

Senyawa volatil yang terdeteksi pada sampel segar dikategorikan sebagai hidrokarbon adalah senyawa homolog dari hidrokarbon alifatik, aromatik, dan turunannya. Menurut Irawan (2008), hidrokarbon alifatik dapat dibagi menjadi 2 jenis, yaitu hidrokarbon jenuh yang hanya mengandung ikatan tunggal, seperti alkana

serta hidrokarbon tak jenuh yang mengandung ikatan rangkap (alkena) dan ikatan rangkap tiga (alkuna). Alkana dapat dihasilkan dari dekarboksilasi dan pemisahan rantai karbon asam lemak (Chung *et al.*, 2002).

Sebagian besar aldehida yang terdeteksi pada sampel dapat berasal dari oksidasi asam lemak jenuh ataupun tak jenuh dari ikatan rangkap karbon yang terkandung dalam daging ikan (Liu *et al.*, 2009; Guillen *et al.*, 2006; Guillen & errecaalde, 2002; Linder & Ackman 2002; Sakakibara *et al.*, 1988; Cha *et al.*, 1992). Senyawa golongan keton yang terdeteksi dalam sampel dapat dihasilkan melalui degradasi asam lemak tak jenuh dan asam amino atau oksidasi oleh mikroorganisme (Liu *et al.*, 2009). Gugus keton diketahui berkontribusi terhadap aroma *sweet* (Morita *et al.*, 2003). Sementara itu, senyawa gugus alkohol yang terdeteksi pada sampel biasanya dihasilkan dari dekomposisi hidroperoksida sekunder asam lemak (Girard & Durance, 2000).

Pentadekana, yang terdeteksi pada sampel sebelumnya juga pernah terdeteksi pada ikan lele segar, ikan gurame segar dan daging tenggiri segar (Pratama *et al.*, 2018). D-limonene (6.895%), yang terdeteksi dalam sampel segar, termasuk kelas terpen dan sebelumnya juga dilaporkan terkandung dalam berbagai kerang yang diduga berasal

dari alga atau tumbuhan melalui rantai makanan (Alasalvar *et al.*, 2005).

Heksanal dan oktanal termasuk senyawa golongan aldehida yang terdeteksi pada sampel. Heksanal dan oktanal merupakan senyawa organik yang tergolong aldehida rantai sedang dengan panjang rantai antara 6 dan 12 atom karbon (Irawan, 2009). Menurut Ganeko *et al.* (2007), heksanal memiliki karakteristik flavor *green*. Senyawa ini banyak ditemukan pada ikan air tawar dan ikan asin (Josephson *et al.*, 1984). Senyawa oktanal karakteristik flavor *citrus-like* dan juga sebelumnya terdeteksi pada ikan patin segar dan ikan tenggiri segar (Pratama *et al.*, 2018).

Sampel ikan kembung segar mengandung sejumlah kecil senyawa 2,3-pentanedion. Senyawa ini sebelumnya diketahui terdeteksi pada ikan sarden segar, ikan patin segar dan memiliki karakteristik flavor *caramel-like* (Pratama *et al.*, 2018; Ganeko *et al.*, 2007).

Oktanol termasuk ke dalam senyawa kelompok alkohol yang terdeteksi pada sampel. Senyawa ini terkandung secara alami dalam bentuk ester dan biasanya ditemukan pada beberapa minyak atsiri (Thelestam *et al.*, 1980). Senyawa volatil alkohol umumnya memberikan peran yang minimal dalam keseluruhan cita rasa bahan makanan karena ambang batasnya yang tinggi.

Kelompok senyawa lain yang terdeteksi pada sampel contohnya ialah 2-pentilfuran yang termasuk heterosiklik dan diketahui berasal dari dehidrasi glukosa (degradasi termal selulosa) (Maga, 1987; Chung *et al.*, 2002).

Hasil analisis proksimat sampel yang terdiri dari kadar air, abu, protein, dan lipid ditunjukkan pada Tabel 2. Sampel segar memiliki kadar air 74,20%. Persentase kadar air menentukan stabilitas umur simpan sampel selama penyimpanan (Anggo *et al.*, 2015).

**Tabel 2.** Hasil Analisis Proksimat Ikan Kembung Segar (%)

Parameter	Jumlah
Air	74,20 ± 0,26
Abu	1,66 ± 0,66
Lemak	1,38 ± 0,19
Protein	20,91 ± 0,19

Sampel ikan kembung segar memiliki kadar abu 1,66%. Penentuan kadar abu berkaitan dengan mineral yang terkandung dalam bahan. Kadar abu juga dipengaruhi oleh zat anorganik, jumlah mineral yang ditambahkan, dan jenis produk (Pratama *et al.*, 2018). Kandungan lemak daging ikan kembung segar yang diteliti sebesar 1,38%. Sebagai perbandingan diketahui daging ikan patin segar memiliki kandungan lemak 1,01% dan daging ikan tenggiri sebesar 0,17% (Pratama *et al.*, 2018). Kandungan lemak ikan diketahui secara langsung

berkontribusi terhadap aroma dan intensitas rasa (Puwastien *et al.*, 1999; Gokoglu *et al.*, 2004; Lazo *et al.*, 2017).

Daging ikan kembung segar memiliki nilai protein sebesar 20,91%. Hasil ini menunjukkan bahwa ikan kembung merupakan sumber protein yang sangat baik. Kadar air yang terkandung dalam ikan juga akan sangat mempengaruhi kadar protein yang diukur dalam sampel. Kandungan protein umumnya dipengaruhi oleh habitat, musim, waktu penyimpanan, dan juga cara pengolahannya (Pratama *et al.*, 2018).

## KESIMPULAN

Sebagian besar komponen flavor volatil yang terdeteksi pada sampel berasal dari gugus hidrokarbon, aldehida, keton, dan alkohol. Sebanyak 27 senyawa volatil terdeteksi pada sampel ikan kembung segar dan senyawa yang memiliki proporsi tertinggi adalah pentadekana (47,553%) yang termasuk dalam golongan hidrokarbon. Komponen volatil yang memberikan aroma khas terutamanya dihasilkan dari reaksi enzimatik dan oksidasi lemak. Hasil analisis proksimat sampel ikan kembung segar akan dipengaruhi oleh komposisi kimia ikan dan perubahan-perubahan kimia lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

Alasalvar, C.; Taylor, K.D.A.; Shahidi, F.

- (2005). Comparison of Volatile of Cultured and Wild Sea Bream (*Sparus uratus*) during Storage in Ice by Dynamic Headspace Analysis/ Gas Chromatography-Mass Spectrometry. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 53: 2616-2622
- Anggo, D.; Ma'ruf, W.F.; Swastawati, F.; Rianingsih, L. (2015). Changes of amino and fatty acids in anchovy (*Stolephorus* sp) fermented fish paste with different fermentation periods, *Procedia Environmental Sciences* 23: 58-63
- Association of Official Analytical Chemist (AOAC). (2005). *Official Methods of Analysis of AOAC International 18th Edition*. AOAC International. Gaithersburg, USA.
- Burdock, A.G. (2002). *Fenaroli's Handbook of Flavor Ingredients*, 4<sup>th</sup> Edition. CRC Press. Boca Raton
- Cha, Y.J.; Baek, H.H.; Hsieh, C.Y. (1992). Volatile components in flavour concentrates from crayfish processing waste. *Journal of Science Food and Agriculture* 58: 239-248
- Chen, D.W. & Zhang, M. (2006). Non-volatile taste active compounds in the meat of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) *Food Chemistry* 104: 1200-1205.
- Chung, H.Y.; Yung, I.K.S.; Ma, W.C.J.; 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.
- Ganeko, N.; Shoda, M.M.; 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 microextraction. *Journal of Food Science* 73: 83-88
- Girard, B. & Durance, T. (2000). Headspace Volatiles of Sockeye and Pink Salmon as Affected by Retort Process. *Journal of Food Science* 65(1): 34-39
- Gokoglu, N.; Yerlikaya, P.; Cengiz, E. (2004). Effects of cooking methods on the proximate composition and mineral contents of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) *Food Chemistry* 84: 19-22
- Guillen, M. & Errecalde, 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 Science, Food and Agriculture* 82: 945-952.
- Guillen, M.D.; Errecalde, M.C.; 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
- Irawan, C. (2008). *Pengantar Kimia Organik I*. Akademi Kimia Analitik Bogor. Bogor
- Irawan, C. (2009). *Pengantar Kimia Organik II*. Akademi Kimia Analitik Bogor.



- Bogor *Journal of Food Science* 76: 1319-1325
- Josephson, D.B.; Robert, C.; Lindsay, David, A.S. (1984). Variation in the Occurrences of Enzymically Derived Volatile Aroma Compound in Salt and Freshwater Fish. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 32: 1344-1347
- Lazo, O.; Guerrero, L.; Alexi, N.; Grigorakis, K.; Claret, A.; Perez, Z.A.; Bou, R. (2017). Sensory characterization, physicochemical properties, and somatic yields of five emerging fish species. *Food Research. International* 100: 396-406
- Linder, M. & Ackman, R.G. (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
- Liu, J.K.; Zhao, S.M.; Xiong, S.B. (2009) Influence of re-cooking on volatile and non-volatile compounds found in silver carp *Hypophthalmichthys molitrix*. *Fisheries Science* 75: 1067-1075.
- Maga, J.A. (1987) The flavor chemistry of wood smoke. *Food Review International* 3: 139-183
- Mallard, G.W. & Reed, J. (1997). *Automatic Mass Spectral De-convolution and Identification System (AMDIS) User Guide*. U.S. Department of Commerce. Gaithersburg.
- Miyasaki, T.; Hamaguchi, M.; Yokoyama, S. (2011). Change of volatile compounds in fresh fish meat during ice storage *Journal of Food Science* 76: 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.
- Pratama, R.I.; Rostini, I.; Awaluddin, M.Y. (2013). Komposisi senyawa flavor ikan mas segar dan kukus (*Cyprinus carpio*). *Jurnal Akuatika* 4(1): 55-57.
- Pratama, R.I. (2011) Karakteristik *Flavor Beberapa Ikan Asap Indonesia*. [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Pratama, R.I.; Rostini, I.; Rochima, E. (2018). Amino Acid Profile, and Volatile Compounds of Raw and Steamed Catfish (*Pangasius hypophthalmus*) and Narrow-barred Spanish Mackerel (*Scomberomorus commerson*). *IOP Conf. Series. Earth and Environmental Science*. 116: 1-17.
- Pusat Data, Statistik, dan Informasi. (2018) 2017: Satu Data Kelautan dan Perikanan. Pusat Data, Statistik dan Informasi Kementerian Kelautan dan Perikanan RI. Jakarta
- 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.; Hosokawa, M.; Yajima, I. (1990). Flavor constituents of dried bonito (katsuo-bushi). *Food Reviews International* 6: 553-572.

- Tanchotikul, U. & Hsieh, T.C.Y. (1989). Volatile flavor components in crayfish waste. *Journal of Food Science* 54: 1515-1520.
- Steel, R.G.D. & Torrie, J.H. (1983). *Principles and Procedures of Statistic a Biometrical Approach*. McGraw-Hill Book Company. London.
- Sakakibara, H.; Yanai, T.; Yajima, I., Hayashi, K. (1988). Changes in volatile flavor compounds of powdered dried bonito (katsuobushi) during storage. *Agricultural and Biological Chemistry* 52: 2731-2739
- Thelestam, M.; Curvall, M.; Enzell, C.R. (1980). Effect of Tobacco Smoke Compound on the Plasma Membrane of Cultured Human Lung Fibroblasts. *Toxicology* 15(3): 203-217