

Review: Pengaruh Pengolahan Terhadap Alergenisitas Ikan

Indria Mahgfirah^{1*}, Harumi Sujatmiko²

¹Teknologi Hasil Perikanan, Universitas Abulyatama, Aceh, Indonesia

²Teknologi Hasil Pertanian, Institut Teknologi Pagar Alam, Sumatera Selatan, Indonesia

Email: ¹indria_thp@abulyatama.ac.id, ²hsjatmiko12@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: ¹indria_thp@abulyatama.ac.id

Abstrak—Pada negara terbelakang dan bahkan berkembang, ikan merupakan sumber protein hewani utama untuk pemenuhan kebutuhan protein sehari-hari. Namun, bagi beberapa orang konsumsi ikan dapat menyebabkan terjadinya reaksi alergi. Manifestasi klinis alergi ikan bervariasi mulai dari gejala ringan hingga berat, bahkan sampai mengancam jiwa. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menurunkan alergenisitas ikan adalah dengan penerapan proses pengolahan, tetapi pengolahan memiliki efek yang berbeda terhadap alergenisitas ikan, yaitu dapat menurun, meningkat, atau bahkan tidak berubah sama sekali. Tulisan ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh proses pengolahan (non-termal dan termal) terhadap alergenisitas ikan sehingga dapat memberikan gambaran umum dampak pengolahan terhadap alergenisitas ikan. Penelitian dikerjakan dalam 4 tahapan, yaitu penentuan pertanyaan penelitian, penyusunan strategi pencarian, ekstraksi data, dan analisis data. Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada sejumlah artikel terpilih, penerapan teknologi pengolahan pada ikan secara umum proses pengolahan non-thermal meliputi iradiasi, high-pressure processing, cold plasma, ozone, *pulsed-light technology and uv irradiation*. Proses pengolahan termal meliputi microwave, *sous-vide cooking*, *stewing* dan *roasting/baking or oven baking*.

Kata Kunci: Alergenisitas, Alergen, Ikan, Pengolahan

Abstract— In underdeveloped and even developing countries, fish is the main source of animal protein to meet daily protein needs. However, for some people, fish consumption can cause allergic reactions. Clinical manifestations of fish allergies vary from mild to severe symptoms, even life-threatening. One effort that can be made to reduce fish allergenicity is by applying a processing process, but processing has different effects on fish allergenicity, namely it can decrease, increase, or even not change at all. This paper aims to examine the effect of processing processes (non-thermal and thermal) on fish allergenicity so that it can provide a general overview of the impact of processing on fish allergenicity. The research was carried out in 4 stages, namely determining research questions, compiling search strategies, data extraction, and data analysis. Based on research conducted on a number of selected articles, the application of processing technology to fish in general, non-thermal processing processes include irradiation, high-pressure processing, cold plasma, ozone, pulsed-light technology and uv irradiation. Thermal processing processes include microwaves, *sous-vide cooking*, *stewing* and *roasting/baking or oven baking*.

Keywords: Allergenicity, Allergen, Fish, Processing

1. PENDAHULUAN

Menciptakan ketahanan, kemandirian dan kedaulatan pangan untuk konsumsi secara berkelanjutan berfokus juga pada sektor perikanan yang dapat berdampak pada pemenuhan kebutuhan gizi khususnya protein hewani masyarakat [1]. Indonesia secara maritim memiliki potensi sumber daya pangan hewani yakni produk perikanan dan kelautan yang melimpah. Panjang garis pantainya lebih dari 95.181 km. Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia yang membentang dari Sabang sampai Merauke. Indonesia memiliki 17.499 pulau dengan luas total sekitar 7,81 juta km². Dari luas wilayah tersebut, 3,25 juta km² adalah laut dan 2,55 juta km² merupakan zona ekonomi eksklusif. Hanya ada sekitar 2,01 juta km² daratan. Karena luasnya wilayah laut saat ini, Indonesia memiliki potensi laut dan perikanan yang sangat besar [2]. Produksi ikan di perairan Indonesia menunjukkan hasil yang semakin meningkat yakni mencapai 7,7 juta ton/tahun pada tahun 2019. Tingkat konsumsi ikan di Indonesia pada tahun 2021 adalah 55,37 kg/kapita/tahun (BPS 2023). Potensi sektor perikanan Indonesia merupakan yang terbesar di dunia. Potensi produksi berkelanjutan baik perikanan maupun budidaya mencapai sekitar 67 juta ton per tahun.

Sebagai salah satu sumber protein hewani bagi pemenuhan kebutuhan gizi masyarakat Indonesia, ikan memiliki banyak keunggulan. Konsumsi ikan dapat berfungsi untuk melindungi dari serangan penyakit jantung karena terdapatnya kandungan asam lemak omega 3 dalam ikan. Asam lemak tersebut memiliki peran penting dalam metabolisme seperti menghambat *platelet aggregation* dan menurunkan level dari serum triglyceride yang akan bertanggung jawab terhadap pencegahan penyakit jantung. Ikan mengandung kandungan gizi yang kompleks terdiri dari asam lemak esensial omega 3 (EPA dan DHA). Persentase pada daging ikan meliputi 15-24% protein, 1-3 % glikogen/karbohidrat, 1-22 % lemak dan 66-84 % air [3]. Protein yang terdapat dalam ikan memberikan kontribusi tertinggi pada kelompok sumber protein hewani, mencapai sekitar 57,2%. Kehadiran protein ini sangat penting karena memiliki peran sebagai zat pembangun, pengatur dan pembakar dalam tubuh.



Sebagai zat pembangun, protein ikan memiliki kemampuan membentuk jaringan baru untuk mendukung pertumbuhan, mengganti jaringan yang mengalami kerusakan dan mendukung proses reproduksi. Secara fungsional, protein ikan berperan sebagai zat pengatur dengan ikut serta dalam pembentukan enzim dan hormon yang melindungi serta mengatur berbagai proses metabolisme dalam tubuh ikan. Ketika kebutuhan energi tidak terpenuhi oleh karbohidrat dan lemak, unsur karbon yang terkandung dalam protein ikan berfungsi sebagai sumber bahan bakar. Selain itu, protein ikan memiliki kemampuan dicerna dengan mudah didalam tubuh dan mengandung pola asam amino yang hampir identik dengan yang terdapat dalam tubuh manusia [4].

Disamping ikan merupakan sumber protein hewani yang baik dan nutrisi yang berkualitas tinggi, ikan juga mempunyai sifat alergenitas sehingga memberikan efek klinis kepada manusia. Ikan merupakan salah satu bahan pangan yang menyebabkan reaksi alergi. Alergi ialah suatu keadaan yang memberikan efek negatif yang timbul akibat terdapatnya respon imun spesifik terhadap paparan makanan tertentu yang terjadi secara berulang. Respon imun yang terjadi dapat dimediasi oleh Immunoglobulin-E (IgE). Alergi dapat menyebabkan gejala klinis yang melibatkan saluran pernafasan, saluran pencernaan, sistem dermatologi, sistem kardiovaskular dan sistem neurologi. Manifestasi alergi akan muncul secara berbeda tergantung pada mekanisme sistem imun yang terlibat serta organ target yang terdampak [5]. Manifestasi klinis yang disebabkan alergi ikan bervariasi mulai dari gejala ringan hingga berat, bahkan sampai mengancam jiwa. Berbeda halnya dengan alergi susu dan telur, penderita alergi ikan tidak dapat ‘sembuh’ atau membentuk toleransi selama masa pertumbuhan penderitanya. Hal tersebut berdampak pada terbatasnya pilihan pangan yang dapat dikonsumsi, yang berdampak pada kualitas hidup penderita alergi ikan. Upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah reaksi alergi ialah dengan tidak mengkonsumsi produk yang menyebabkan alergi. Akan tetapi, hal tersebut tidak selalu efektif untuk dilakukan karena akan mengurangi prevalensi konsumsi protein hewani sehingga menimbulkan banyak permasalahan. Selain itu juga, dengan menghindari konsumsi ikan juga masih terdapat peluang munculnya reaksi alergi dari paparan protein ikan yang tidak disengaja meskipun telah dilakukan pelabelan [6].

Proses pengolahan pangan merupakan salah satu upaya untuk menurunkan alergenitas ikan. Umumnya produk perikanan diolah dengan pemanasan (teknologi pengolahan termal), akan tetapi pengolahan tanpa pemanasan (teknologi pengolahan non-termal) juga sudah banyak diterapkan. Penerapan teknologi pengolahan dapat menyebabkan perubahan alergenitas akibat perubahan pada komponen bahan pangan, termasuk protein yang bertanggung jawab sebagai penyebab alergi [7]. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan teknologi pengolahan yang efektif dalam menurunkan alergenitas ikan, serta memperoleh data perubahan alergenitas ikan melalui kajian review.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian berbentuk *narrative review* dengan fokus mengkaji pengaruh penerapan teknologi pengolahan terhadap perubahan alergenitas ikan. *Narrative review* adalah bentuk kajian kualitatif dengan tujuan menyusun atau merangkum hasil-hasil penelitian terdahulu pada topik tertentu. Berbeda dengan *systematic review*, *narrative review* bersifat lebih fleksibel dalam hal metodologi sehingga peneliti memiliki kebebasan dalam pemilihan sumber, analisis data, dan penyajian temuan [8]. Penelitian *narrative review* yang dilakukan dikerjakan dalam 4 tahapan, yaitu penentuan pertanyaan penelitian, penyusunan strategi pencarian, ekstraksi data, dan analisis data [9].

2.1 Penentuan Pertanyaan Penelitian

Penentuan pertanyaan penelitian menggunakan pendekatan *population, intervention, comparison, dan outcome* (PICO). Pendekatan PICO akan memberikan hasil pencarian yang lebih sensitif [10]. Masing-masing komponen PICO dalam penelitian ini adalah ikan, teknologi pengolahan, ikan tanpa perlakuan, dan perubahan alergenitas.

2.2 Penyusunan Strategi Pencarian

Pada tahapan penyusunan strategi pencarian dilakukan penentuan *database*, kata kunci, dan kriteria inklusi serta eksklusi [11]. Terdapat 5 database yang digunakan untuk mengidentifikasi artikel, yaitu EBSCO, Google Scholar, PubMed, ScienceDirect, dan Taylor & Francis Online. Kata kunci ditentukan menggunakan pendekatan PICO. Masing-masing kata kunci yang digunakan dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Kata kunci masing-masing komponen PICO

Komponen PICO	Kata Kunci
Population	(Fish) OR (parvalbumin)
Intervention	(Process) OR (thermal) OR (non thermal)
Comparison	-
Outcome	(Allergenicity) OR (immunoglobulin e)
	(Fish) OR (parvalbumin) AND (Process) OR



(thermal) OR (non thermal) AND (Allergenicity) OR
(immunoglobulin e)

Kata kunci digunakan dalam bahasa Inggris karena kata kunci dalam bahasa Indonesia tidak menghasilkan artikel yang relevan. Setiap database menggunakan kata kunci yang sama dengan operator Boolean “OR” dan “AND” untuk menggabungkan setiap kata kunci. Boolean “OR” berfungsi untuk menggabungkan kata kunci pada komponen PICO yang sama, sedangkan “AND” untuk menggabungkan setiap komponen PICO.

Tahap terakhir dalam penentuan strategi pencarian yaitu menentukan kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi adalah kriteria yang harus dimiliki oleh artikel, sedangkan kriteria eksklusi adalah kriteria diluar cakupan penelitian. Masing-masing kriteria inklusi dan eksklusi yang digunakan dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria inklusi dan eksklusi

Kriteria Inklusi	Kriteria Eksklusi
Artikel yang dipublikasi dari tahun 2000 hingga 2024	Tidak dipublikasi menggunakan bahasa Inggris atau Indonesia
Mengukur perubahan alergenitas secara kualitatif atau kuantitatif	Sumber pustaka buku, bab dalam buku, dan abstrak konferensi
Sampel yang diteliti harus ikan	
Artikel harus melampirkan data kontrol dan ikan yang diberikan perlakuan teknologi pengolahan	

2.3 Ekstraksi Data

Ekstraksi data hanya dilakukan pada artikel yang sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Data yang diekstrak mencakup nama penulis, tahun, lokasi penelitian, jenis ikan, jenis pengolahan, dan efek pengolahan terhadap alergenitas ikan.

2.4 Analisis Data

Pada *narrative review* tidak dilakukan analisis statistik. Penelitian *narrative review* pengaruh penerapan teknologi pengolahan terhadap perubahan alergenitas ikan menganalisis data secara deskriptif. Analisis deskriptif dilakukan dengan merangkum sejumlah artikel terpilih.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Ikan lebih rentan rusak dibandingkan dengan daging berprotein tinggi lainnya dikarenakan terdapatnya konsentrasi senyawa nitrogen non-protein. Proses pengolahan selain berfungsi untuk menurunkan alergenitas pada ikan juga berfungsi untuk menghindari pembusukan dan mengurangi penyakit bawaan makanan, meningkatkan masa simpan, meningkatkan rasa makanan dan nilai gizi, meningkatkan stabilitas transportasi, dan menghasilkan makanan yang praktis. Proses pengolahan pada ikan tersebut terbagi menjadi pengolahan thermal dan pengolahan non-thermal. Dampak pengolahan makanan pada alergenitas ikan dipengaruhi oleh antibodi, metode deteksi dan matriks. Alergenitas dari suatu protein yang sama akan menunjukkan perbedaan dalam matriks yang berbeda. Reaksi alergi akan melakukan pengikatan IgE pada protein yang dipanaskan (100°C/ 10 menit) selama 120 menit, sementara pengikatan IgE pada monomer parvalbumin yang dipanaskan menghilang. Proses pengolahan dapat mengubah alergenitas suatu ikan, struktur protein ikan dan stabilitas.

Efek pengolahan terhadap alergenitas ikan meliputi penurunan parvalbumin karena perubahan konformasi yang disebabkan oleh panas akibat pelepasan kalsium. Perlakuan panas mempengaruhi interaksi antibodi-antigen secara berbeda untuk setiap spesies. Pengolahan termal menghasilkan epitop alergenik baru yang stabil terhadap enzim pepsin. Suhu tinggi dan waktu pengolahan yang lama dapat menurunkan konsentrasi protein yang dapat di ekstraksi, menghancurkan epitop dan mempengaruhi interaksi antibodi-antigen. Pemanasan parvalbumin pada suhu tinggi mengakibatkan pengurangan pengikatan antibodi. Pengolahan dapat menyebabkan alergenitas menurun, contohnya imunoreaktivitas IgG menurun saat ikan diproses menjadi surimi [8]. Hasil uji pangan oral menunjukkan bahwa tidak ada satupun dari 30 pasien alergi ikan yang mengalami gejala alergi setelah konsumsi gelatin ikan [9]. Hal ini karena teknologi pengolahan yang berbeda menyebabkan pecahnya epitop linier menjadi fragmen kecil, mengubah konformasinya untuk menghancurkan epitop konformasional, mengubah konformasinya atau paparan neoepitop dan penutupan epitop karena pelekatan molekul. Secara umum, epitop linier dianggap lebih stabil daripada epitop konformasi. Pengolahan termal dapat mengubah

kelarutan protein karena denaturasi dan agregasi protein sebagai fungsi suhu dan waktu. Kandungan parvalbumin dalam ikan yang diproses secara termal menurun hingga 60%, dibandingkan dengan ikan yang tidak dipanaskan.

3.1.1 Proses Pengolahan Non-Thermal

Proses pengolahan non-thermal merupakan strategi alternatif yang baik atau pelengkap pada proses pengolahan [10]. Tujuan utama pada proses pengolahan non-thermal ini adalah untuk menginaktivasi mikroorganisme dan tidak merusak kualitas nutrisi karena tidak menyebabkan perubahan enzim atau oksidasi. Terdapat beberapa teknologi pada pengolahan non-thermal.

3.1.2 Iradiasi

Iradiasi merupakan metode dekontaminasi yang paling populer digunakan pada spesies ikan dan juga digunakan pada ikan segar, beku, kalengan, kering dan diawetkan serta produk ikan siap saji [11]. Metode iradiasi dalam pengawetan ikan berfungsi untuk pengurangan pathogen, perpanjangan masa simpan dan inaktivasi parasit. Parasit lebih rentan dibandingkan dengan bakteri dan virus terhadap iradiasi pengion pada metode iradiasi [12]. Inaktivasi mikroorganisme dengan menggunakan metode iradiasi dapat disebabkan oleh kerusakan secara langsung dan kerusakan secara tidak langsung. Inaktivasi secara langsung terjadi antara materi genetik dan radiasi pengion yang dihasilkan dari tumbukan electron dan foton. Kerusakan pada struktur sel terjadi karena interaksi dengan kerusakan satu atau kedua untai DNA [13]. Inaktivasi secara tidak langsung terjadi karena produksi molekul reaktif (radikal hidroksil) yang terbentuk dari air yang ada didalam bahan pangan dan bakteri. Molekul-molekul ini dapat bereaksi dengan bahan, molekul dan bahan yang berdekatan dapat memperbesar efek inaktivasi pada sel karena memiliki kandungan air yang tinggi. Dosis iradiasi, spesies ikan dan kondisi penyimpanan dapat mempengaruhi tingkat kerusakan dan penanganannya [14].

3.1.3 High-Pressure Processing

Pada industri perikanan, teknologi proses *high-pressure processing* (HHP) berfungsi untuk mengurangi mikroorganisme dan memperpanjang masa simpan pada spesies ikan, makanan laut baik segar maupun olahan [15][16][17]. Inaktivasi mikroorganisme pada proses *high-pressure processing* (HHP) dipengaruhi oleh tekanan, waktu, kondisi lingkungan (pH, aktivitas air dan suhu) [18]. Mekanisme inaktivasi bakteri merupakan kerusakan struktur membrane sel dan modifikasi fungsi seluler yang terkait dengan aktivitas protein atau enzim. Gangguan membran sel menyebabkan kebocoran antara membran dalam dan luar sel. Mekanisme selanjutnya terjadinya denaturasi protein dan perubahan mekanisme genetic yang dimediasi enzim. Denaturasi protein dapat dilakukan dengan tekanan 100 MPa, akan tetapi dengan dosis yang lebih tinggi (200 MPa) dapat menyebabkan kerusakan pada membran sel dan struktur. Tekanan 300 MPa menyebabkan kematian bakteri karena pecahnya sel yang tidak dapat diperbaiki kembali [19]. Pemrosesan non-thermal dengan *High-pressure processing* dapat mengubah struktur sekunder dan tersier parvalbumin, yang secara efektif dapat mengurangi alergenitasnya. Perlakuan pada ekstrak protein ikan mengalami penurunan alergenitas dengan tekanan (300 MPa) pada waktu 10 menit [20].

3.1.4 Cold Plasma

Teknologi non-thermal terbaru yang berfungsi untuk inaktivasi mikroba pada makanan ialah *cold plasma*. Dalam industri perikanan, *cold plasma* (CP) dapat digunakan untuk mendekontaminasi patogen, memperpanjang masa simpan, dan mengolah air limbah [21]. Proses *cold plasma* (CP) dapat menonaktifkan beberapa mikroorganisme termasuk virus, jamur dan bakteri dalam bentuk vegetatif dan spora [22]. Mekanisme kerja *cold plasma* (CP) ialah dengan pembentukan partikel bermuatan, ozon (jika perlakuan didalam lingkungan oksigen/udara) dan radiasi UV. Radikal hidroksil, hydrogen peroksida, ozon, oksigen, super peroksida dan nitrogen oksida serta radiasi UV sangat berpengaruh terhadap mikroorganisme. Oksigen reaktif menyerang membrane lipid sel bakteri sehingga rentan terhadap zat pengoksidasi kuat. Oksigen reaktif yang dihasilkan dari *cold plasma* dapat merusak membrane sel dan berinteraksi dengan DNA, enzim dan protein [23].

3.1.5 Ozone

Penerapan teknologi menggunakan teknik ozon banyak digunakan dalam industri perikanan yang berfungsi sebagai antimikroba, memperpanjang masa simpan, peningkatan kualitas sensori, peningkatan kualitas air, sanitasi permukaan dan peralatan, detoksifikasi alga laut yang berbahaya, pengurangan busa dan lender dalam tangka ikan dan pengendalian bau ruang jeroan. Penerapan ozon yang digunakan sebagai dekontaminan, didasarkan pada kecepatan pengolahan menjadi oksigen tanpa meninggalkan residu. Mekanisme pada teknologi ozon yang berfungsi sebagai antimikroba diantaranya interaksi langsung ozon molekuler (O₃) dengan komponen cair atau aktivitas yang dimediasia radikal bebas. Berdampaknya ozon pada mikroorganisme bergantung pada jumlah bahan organik di sekitar sel bakteri. Oleh karena itu, spora bersifat resisten sedangkan bentuk

vegetatifnya sensitif terhadap ozon. Selain itu, faktor yang berpengaruh ialah pH, kelembaban dan suhu [24]. Efektivitas ozon terhadap mikroorganisme tergantung pada jumlah ozon yang masuk ke media. Residu ozon adalah konsentrasi ozon yang dapat dideteksi pada media setelah diaplikasikan ke permukaan sasaran. Ketidakstabilan ozon disebabkan oleh kondisi dan keberadaan bahan-bahan yang mengurangi nilai ozon.

3.1.6 Pulsed-light Technology and UV Irradiation

Metode *pulsed-light technology* (PLT) menggunakan penerapan cahaya dengan spektrum UV (lampu kilat) yang memiliki daya puncak tinggi yang diterapkan pada waktu dan frekuensi yang terbatas [25]. Efek metode *pulsed-light technology* (PLT) pada sel disebabkan oleh efek photothermal (kerusakan DNA) atau fotokimia (perubahan struktural), namun kedua efek ini dapat terjadi bersamaan. Asam nukleat dan protein menyerap iradiasi yang dipancarkan oleh sinar UV, ikatan rangkapnya terkonjugasi dengan perkembangan perubahan struktural bakteri [26]. Iradiasi ultraviolet mempengaruhi replikasi sel dengan menghambat sintesis rantai DNA yang mengakibatkan kematian mikroorganisme. Cahaya UV yang digunakan dalam industri perikanan untuk mengurangi mikroba dan memperpanjang masa simpan ikan, mengurangi mikrobiologi dalam tepung ikan dan mensterilkan air dalam fasilitas akuakultur dan air limbah. Bakteri dengan spesies yang berbeda memberikan efek terhadap ketahanan sinar UV yang berbeda juga. Denaturasi atau kerusakan DNA disebabkan oleh penyerapan langsung UV yang mengakibatkan pembentukan dimer primidin yang dapat menonaktifkan bakteri dengan menghalangi replikasi DNA. Peningkatan suhu juga mengakibatkan sel mikroba pecah [27].

Cahaya UV digunakan dalam industri perikanan untuk mengurangi mikroorganisme dan meningkatkan masa simpan ikan, mengurangi mikroorganisme dalam tepung ikan, mendisinfeksi tempat kerja dan mensterilkan air dan juga air limbah. Kerentanan bakteri terhadap UV berbeda berdasarkan berbagai spesies dan galur dari spesies yang berbeda. Mekanisme cahaya UV ialah dengan menargetkan DNA bakteri langsung atau radiolisis air dengan memproduksi radikal bebas. Denaturasi DNA dan RNA disebabkan oleh penyerapan UV secara langsung, yang mengakibatkan pembentukan dimer pirimidin berfungsi untuk menonaktifkan bakteri dengan menghalangi replikasi DNA. Dimer pirimidin dapat mengganggu transkripsi dan translasi.

3.2 Proses Pengolahan Thermal

3.2.1 Microwave

Microwave pada umumnya digunakan untuk mencairkan atau memanaskan kembali bahan pangan yang telah dimasak di tingkat rumah tangga. Peningkatan suhu volumetric yang dicapai dalam proses gelombang mikro menghasilkan koagulasi protein yang lebih seragam dan menghasilkan produk yang berkualitas. Gelombang mikro adalah gelombang elektromagnetik dalam rentang frekuensi 0,3 – 300 Ghz dan frekuensi 2450 dan 915 Mhz yang digunakan untuk memanaskan makanan melalui gesekan molekuler dan getaran molekul air dan komponen ionik. Kandungan air dan senyawa polar merupakan faktor penting untuk memasak dengan menggunakan gelombang mikro. Pemanasan dengan gelombang mikro merupakan jenis pemanasan dielektrik. Sedangkan, protein serta peptida memiliki konstanta dielektrik yang lebih tinggi. Pemrosesan gelombang mikro mempunyai efek yang signifikan pada sifat struktural dan fungsionalnya. Pemrosesan termal juga menghasilkan efek tertentu pada protein makanan, seperti mengurangi alergenisitas pada ikan dan telur. Gelombang mikro pada suhu tinggi yaitu 2,45 GHz, 1000 W, 75-125 °C selama 5-15 menit [28]. Dampak signifikan dari perlakuan gelombang mikro ialah pada kandungan protein terlarut sebesar 50-75 %. Teknologi dengan menggunakan gelombang mikro menyebabkan modifikasi pada struktur sekunder protein, termasuk peningkatan beta-sheet dan hilangnya struktur. Penurunan daya cerna protein diamati pada kandungan peptida. Pengolahan protein pada suhu tinggi mempengaruhi struktur protein [29].

3.2.2 Sous-vide Cooking

Proses pengolahan sous-vide cooking ialah jenis pengolahan yang baru. Cara kerja pengolahan ini ialah dengan bahan yang di vakum dan dimasak dalam penangas air untuk mencapai suhu yang terkontrol selama waktu tertentu. Proses ini dapat mempertahankan kelembaban, rasa dan tidak ada pembentukan produk dari reaksi maillard. Metode pengolahan *sous-vide* ini dilakukan pada kisaran suhu 55-80 °C untuk jangka waktu yang lama (6-48 jam). Metode sous-vide memiliki karakter sensor yang lebih unggul (kelembutan, warna dan kesegaran) [30]. Kemasan vakum yang digunakan pada sous-vide berfungsi untuk mencegah hilangnya zat rasa yang mudah menguap dan kelembaban serta menghambat oksidasi komponen makanan. Metode sous-vide merupakan pengolahan yang dapat meningkatkan daya cerna protein sehingga dapat mengurangi alergenisitas pada ikan [31]. Teknologi pengolahan sous-vide cooking memiliki dampak positif pada daya cerna protein pada perubahan dalam struktur protein otot sehingga meningkatkan hidrolisis enzimatis. Sous-vide cooking memberikan efek positif dengan menggunakan suhu sedang (58, 60 dan 75 °C) dengan waktu pemasakan yang lama.

3.2.3 Stewing

Proses stewing adalah proses pemanasan basah dimana bahan pangan terendam dalam cairan. Proses pengolahan ini membutuhkan waktu yang lama sehingga cocok untuk potongan bahan pangan yang lebih keras dan yang mengandung lebih banyak kolagen. Proses stewing merupakan proses dengan membutuhkan suhu yang tinggi dan juga waktu yang lama, stewing menyebabkan perubahan pada protein, mempengaruhi daya cerna protein dan mempengaruhi hidrolisis enzimatis [32].

3.2.4 Roasting/Baking or Oven Baking

Metode *roasting* adalah metode dengan menggunakan pemanasan secara kering, dimana bahan di lakukan pemanasan dalam oven melalui pemindahan panas konvektif ke permukaan bahan. Suhu oven yang lebih tinggi dari 150 °C umumnya digunakan dan dapat mencapai 250 °C. Waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan bahan, biasanya bergantung pada berat dan ukuran. Suhu yang tinggi menghasilkan laju pemanasan yang cepat dan meningkatkan bakteri yang mati. Proses *roasted* ini dapat menyebabkan beberapa perubahan pada protein seperti penyusutan, dehidrasi, denaturasi dan agregasi protein miofibril dan penyusutan kolagen intramuskular yang dapat berdampak pada daya cerna protein selama pencernaan gastrointestinal sukaeman [33][34]. Pada metode *roasting* asam amino seperti Iso, Leu, Lys, Phe, Val, Arg, Thr, Pro, Ala dan Ser bertanggung jawab atas penurunan laju pencernaan selama proses pengolahan [35].

4. KESIMPULAN

Produksi dan konsumsi ikan beserta produk perikanan semakin meningkat setiap tahunnya, akan tetapi konsumen yang mengalami alergi ikan di berbagai daerah juga semakin meningkat. Saat ini, solusi untuk mengurangi alergi ialah hanya dengan tidak mengkonsumsi sumber alergen. Akan tetapi hal tersebut dapat menyebabkan masyarakat kekurangan protein hewani. Pengolahan termal dan non-termal menunjukkan efek yang signifikan terhadap protein ikan, potensi pencernaan dan alergenitas. Pengolahan dapat mengubah kelarutan dan konformasi protein ikan yang menyebabkan antigenitas dan alergenitas menurun. Teknologi pengolahan dapat meningkatkan daya cerna protein sehingga dapat mengurangi alergenitas ikan. Teknologi pengolahan ikan yang efektif dalam menurunkan alergenitas ikan meliputi teknologi pengolahan termal dan non-thermal. Pengolahan non-thermal terdiri dari iradiasi, *high-pressure processing*, *cold plasma*, *ozone*, *pulsed-light technology* and UV Irradiation. Teknologi pengolahan termal terdiri dari *microwave*, *sous-vide cooking*, *stewing*, *roasted/baking or oven baking*. Efek pengolahan terhadap alergenitas ikan meliputi penurunan parvalbumin karena perubahan konformasi yang disebabkan oleh panas akibat pelepasan kalsium. Perlakuan panas mempengaruhi interaksi antibodi-antigen secara berbeda untuk setiap spesies. Hal ini karena teknologi pengolahan yang berbeda menyebabkan pecahnya epitop linier menjadi fragmen kecil, mengubah konformasinya untuk menghancurkan epitop konformasional, mengubah konformasinya atau paparan neopepitop dan penutupan epitop karena pelekatan molekul. Pengolahan termal dapat mengubah kelarutan protein karena denaturasi dan agregasi protein sebagai fungsi suhu dan waktu. Kandungan parvalbumin dalam ikan yang diproses secara termal menurun hingga 60%, dibandingkan dengan ikan yang tidak dipanaskan.

REFERENCES

- [1] E. A. Suryana, D. Martianto, and Y. F. Baliwati, "Consumption Patterns and Food Demand for Animal Protein Sources in West Nusa Tenggara and East Nusa Tenggara Provinces," *Anal. Kebijakan. Pertan.*, vol. 17, no. 1, pp. 1–12, 2019.
- [2] R. Husain, N. S. Umar, and S. P. Suherman, "Formulasi Tepung Ikan Bandeng (Chanos chanos) Dalam Pembuatan Biskuit Sebagai Makanan Pendamping ASI (MP-ASI)," *Jambura Fish Process. J.*, vol. 5, no. 1, pp. 47–59, 2023, doi: 10.37905/jfpj.v5i1.15786.
- [3] F. Virgantari, A. Daryanto, H. Harianto, and S. U. Kuntjoro, "Analisis Permintaan Ikan Di Indonesia: Pendekatan Model Quadratic Almost Ideal Demand System (Quaids)," *J. Sos. Ekon. Kelaut. dan Perikan.*, vol. 6, no. 2, p. 191, 2017, doi: 10.15578/jsekp.v6i2.5772.
- [4] R. Wahyudi and E. T. W. Maharani, "Profil Protein Pada Ikan Tenggiri Lama Penggaraman Dengan Menggunakan Metode Sds-Page," *Semin. Nas. Pendidikan, Sains dan Teknol. Fak. Mat. dan Ilmu Pengetah. Alam Univ. Muhammadiyah Semarang*, vol. ISBN : 978, pp. 34–41, 2017.
- [5] S. Anvari, J. Miller, C. Y. Yeh, and C. M. Davis, "IgE-Mediated Food Allergy," *Clin. Rev. Allergy Immunol.*, vol. 57, no. 2, pp. 244–260, 2019, doi: 10.1007/s12016-018-8710-3.
- [6] B. I. Nwaru *et al.*, "The epidemiology of food allergy in Europe: A systematic review and meta-analysis," *Allergy Eur. J. Allergy Clin. Immunol.*, vol. 69, no. 1, pp. 62–75, 2014, doi: 10.1111/all.12305.
- [7] S. K. Vanga, A. Singh, B. Harish Vagadia, and V. Raghavan, "Global food allergy research trend: a bibliometric analysis," *Scientometrics*, vol. 105, no. 1, pp. 203–213, 2015, doi: 10.1007/s11192-015-1660-0.
- [8] N. A. Nahdiyin, "Penelitian kinerja pustakawan di perpustakaan melalui database google scholar: narrative literature review," *Jurnal Kajian Perpustakaan dan Informasi*, vol. 7, no. 2, pp. 227–240, 2023, doi: 10.17977/um008vi12017p001.
- [9] J. Sukhera, "Narrative reviews in medical education: key steps for researchers," *Journal of Graduate Medical*



- Education*, vol. 14, no. 4, pp. 418–419, 2022, doi: 10.4300/JGME-D-22-00481.1.
- [10] A. M. Methley, S. Campbell, C. Chew-Graham, R. McNally, and S. Cheraghi-Sohi, "PICO, PICOS, and SPIDER: a comparison study of specificity and sensitivity in three search tools for qualitative systematic reviews," *BMC Health Service Research*, vol.14, pp. 1–10, 2014, doi: 10.1186/s12913-014-0579-0.
- [11] H. Sujatmiko, N. S. Palupi, dan N. Wulandari, "Metaanalisis peranan teknologi proses pengolahan terhadap penurunan alergenitas ikan," *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, vol. 26, no. 3, pp. 350–360, doi: 10.17844/jphpi.v26i3.47344.
- [] J. Liang, S. L. Taylor, J. Baumert, A. L. Lopata, and N. A. Lee, "Effects of thermal treatment on the immunoreactivity and quantification of parvalbumin from Southern hemisphere fish species with two anti-parvalbumin antibodies," *Food Control*, vol. 121, p. 107675, 2021, doi: 10.1016/j.foodcont.2020.107675.
- [9] H. H. J. De Jongh, S. L. Taylor, and S. J. Koppelman, "Controlling the aggregation propensity and thereby digestibility of allergens by Maillardation as illustrated for cod fish parvalbumin," *J. Biosci. Bioeng.*, vol. 111, no. 2, pp. 204–211, 2011, doi: 10.1016/j.jbiosc.2010.09.015.
- [10] Z. H. Zhang, L. H. Wang, X. A. Zeng, Z. Han, and C. S. Brennan, "Non-thermal technologies and its current and future application in the food industry: a review," *Int. J. Food Sci. Technol.*, vol. 54, no. 1, pp. 1–13, 2019, doi: 10.1111/ijfs.13903.
- [11] Arvanitoyannis, "Irradiation of food commodities: techniques, applications, detection, legislation, safety and consumer opinion," *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 22, no. 1, pp. 50–50, 2019, doi: 10.1016/j.tifs.2010.12.003.
- [12] D. K. A. Rosario, B. L. Rodrigues, P. C. Bernardes, and C. A. Conte-Junior, "Principles and applications of non-thermal technologies and alternative chemical compounds in meat and fish," *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, vol. 61, no. 7, pp. 1163–1183, 2021, doi: 10.1080/10408398.2020.1754755.
- [13] S. Ashraf, M. Sood, J. D. Bandral, and M. Trilokia, "Food irradiation: A review," ~ 131 ~ *Int. J. Chem. Stud.*, vol. 7, no. 2, pp. 131–136, 2019.
- [14] R. Ravindran and A. K. Jaiswal, "Wholesomeness and safety aspects of irradiated foods," *Food Chem.*, vol. 285, no. December 2018, pp. 363–368, 2019, doi: 10.1016/j.foodchem.2019.02.002.
- [15] C. Arnaud, M. de Lamballerie, and L. Pottier, "Effect of high pressure processing on the preservation of frozen and re-thawed sliced cod (*Gadus morhua*) and salmon (*Salmo salar*) fillets," *High Press. Res.*, vol. 38, no. 1, pp. 62–79, 2018, doi: 10.1080/08957959.2017.1399372.
- [16] L. Cartagena, E. Puértolas, and I. M. de Marañón, "Application of High Pressure Processing After Freezing (Before Frozen Storage) or Before Thawing in Frozen Albacore Tuna (*Thunnus alalunga*)," *Food Bioprocess Technol.*, vol. 13, no. 10, pp. 1791–1800, 2020, doi: 10.1007/s11947-020-02523-9.
- [17] S. Humaid, D. Nayyar, J. Bolton, B. Perkins, and D. I. Skonberg, "Refrigerated shelf-life evaluation of high pressure processed, raw and sous vide cooked lobster," *High Press. Res.*, vol. 40, no. 3, pp. 444–463, 2020, doi: 10.1080/08957959.2020.1774753.
- [18] H. W. Huang, H. M. Lung, B. B. Yang, and C. Y. Wang, "Responses of microorganisms to high hydrostatic pressure processing," *Food Control*, vol. 40, no. 1, pp. 250–259, 2014, doi: 10.1016/j.foodcont.2013.12.007.
- [19] N. Ghasemkhani, M. Akbarian, A. Morshedi, Z. Poursharif, B. Aghamohammadi, and F. Moayedi, "Microbiological effects of high pressure processing on foodnet Microbiological effects of high pressure processing on food," *J. Bio. Env. Sci.*, vol. 2014, no. 4, pp. 133–145, 2014, [Online]. Available: <http://www.innspub.net>
- [20] R. Suleman, Z. Wang, R. M. Aadil, T. Hui, D. L. Hopkins, and D. Zhang, "Effect of cooking on the nutritive quality, sensory properties and safety of lamb meat: Current challenges and future prospects," *Meat Sci.*, vol. 167, no. 1, p. 108172, 2020, doi: 10.1016/j.meatsci.2020.108172.
- [21] R. Thirumdas *et al.*, *Plasma activated water (PAW): Chemistry, physico-chemical properties, applications in food and agriculture*, vol. 77. Elsevier Ltd, 2018. doi: 10.1016/j.tifs.2018.05.007.
- [22] R. Mandal, A. Singh, and A. Pratap Singh, "Recent developments in cold plasma decontamination technology in the food industry," *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 80, pp. 93–103, 2018, doi: 10.1016/j.tifs.2018.07.014.
- [23] J. Guo, K. Huang, and J. Wang, "Bactericidal effect of various non-thermal plasma agents and the influence of experimental conditions in microbial inactivation: A review," *Food Control*, vol. 50, pp. 482–490, 2015, doi: 10.1016/j.foodcont.2014.09.037.
- [24] A. Powell and J. W. S. Scolding, "Direct application of ozone in aquaculture systems," *Rev. Aquac.*, vol. 10, no. 2, pp. 424–438, 2018, doi: 10.1111/raq.12169.
- [25] N. J. Rowan, "Pulsed light as an emerging technology to cause disruption for food and adjacent industries – Quo vadis?," *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 88, no. November 2018, pp. 316–332, 2019, doi: 10.1016/j.tifs.2019.03.027.
- [26] A. Y. Ramos-Villarreal, N. Aron-Maftei, O. Martín-Belloso, and R. Soliva-Fortuny, "The role of pulsed light spectral distribution in the inactivation of *Escherichia coli* and *Listeria innocua* on fresh-cut mushrooms," *Food Control*, vol. 24, no. 1–2, pp. 206–213, 2012, doi: 10.1016/j.foodcont.2011.09.029.
- [27] Nurhidayah, E. Soekendarsi, and A. E. Erviani, "KANDUNGAN KOLAGEN SISIK IKAN BANDENG *Chanos-chanos* DAN SISIK IKAN NILA *Oreochromis niloticus* COLLAGEN CONTENT OF CHANOS-CHANOS AND OREOCHROMIS NILOTICUS SCAL," *Bioma J. Biol. Makassar*, vol. 4, no. 1, pp. 39–47, 2019.
- [28] Y. Zhu, S. K. Vanga, J. Wang, and V. Raghavan, "Effects of Ultrasonic and Microwave Processing on Avidin Assay and Secondary Structures of Egg White Protein," *Food Bioprocess Technol.*, vol. 11, no. 11, pp. 1974–1984, 2018, doi: 10.1007/s11947-018-2158-6.
- [29] D. Bogahawaththa, N. H. Bao Chau, J. Trivedi, M. Dissanayake, and T. Vasiljevic, "Impact of selected process parameters on solubility and heat stability of pea protein isolate," *Lwt*, vol. 102, no. December 2018, pp. 246–253, 2019, doi: 10.1016/j.lwt.2018.12.034.
- [30] A. Roascio - Albistur and A. Gámbaro, "Consumer perception of a non-traditional market on sous-vide dishes," *Int.*





- J. Gastron. Food Sci.*, vol. 11, pp. 20–24, 2018, doi: 10.1016/j.ijgfs.2017.10.002.
- [31] D. E. Baldwin, “Sous vide cooking: A review,” *Int. J. Gastron. Food Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 15–30, 2012, doi: 10.1016/j.ijgfs.2011.11.002.
- [32] J. Qi, X. Li, W. Zhang, H. Wang, G. Zhou, and X. Xu, “Influence of stewing time on the texture, ultrastructure and in vitro digestibility of meat from the yellow-feathered chicken breed,” *Anim. Sci. J.*, vol. 89, no. 2, pp. 474–482, 2018, doi: 10.1111/asj.12929.
- [33] P. B. Pathare and A. P. Roskilly, “Quality and Energy Evaluation in Meat Cooking,” *Food Eng. Rev.*, vol. 8, no. 4, pp. 435–447, 2016, doi: 10.1007/s12393-016-9143-5.
- [34] F. A. P. Silva, V. C. S. Ferreira, M. S. Madruga, and M. Estévez, “Effect of the cooking method (grilling, roasting, frying and sous-vide) on the oxidation of thiols, tryptophan, alkaline amino acids and protein cross-linking in jerky chicken,” *J. Food Sci. Technol.*, vol. 53, no. 8, pp. 3137–3146, 2016, doi: 10.1007/s13197-016-2287-8.
- [35] J. Luo, C. Taylor, T. Nebl, K. Ng, and L. E. Bennett, “Effects of macro-nutrient, micro-nutrient composition and cooking conditions on in vitro digestibility of meat and aquatic dietary proteins,” *Food Chem.*, vol. 254, no. August 2017, pp. 292–301, 2018, doi: 10.1016/j.foodchem.2018.01.164.