

KARAKTERISTIK FISIKA-KIMIA IKAN BANDENG PRESTO DAN ASAP IRADIASI

A.Nilatany¹, D.Lasmawati¹, A. Sudrajat¹, I.M. Pratama¹, Nurhayati²
Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi, BATAN, Jakarta¹
Fakultas MIPA-Universitas Islam Negeri, Jakarta²
Email : asti_nita@yahoo.com

ABSTRAK

KARAKTERISTIK FISIKA KIMIA IKAN BANDENG PRESTO DAN ASAP IRADIASI. Telah dilakukan penelitian mengenai sifat fisika-kimia ikan bandeng presto dan asap setelah penyimpanan 8 bulan pasca iradiasi. Sampel ikan bandeng presto dan asap dipilih dan diiradiasi pada dosis 7,5 kGy. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik fisika-kimia meliputi aktivitas air, kadar air, *Total Volatile Base Nitrogen* (TVBN), kadar asam amino dan deteksi radikal bebas. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa iradiasi tidak berpengaruh secara signifikan terhadap beberapa karakteristik fisika-kimia yang diuji yaitu aktivitas air dan kadar air yang hanya berbeda angka desimal tetapi berpengaruh nyata terhadap nilai TVBN pada bandeng presto yaitu masing-masing 2,26 % (0 kGy) 2,01% (7,5 kGy) dan untuk bandeng asap: 3,02 % (0 kGy); 1,76 % (7,5 kGy). Iradiasi mempengaruhi kadar asam amino pada kedua jenis ikan bandeng antara sampel yang tidak diiradiasi dengan sampel yang diiradiasi sedangkan radikal bebas jumlahnya akan turun dengan meningkatnya lama waktu penyimpanan.

Kata kunci : Iradiasi, bandeng presto, bandeng asap, sifat fisika-kimia.

ABSTRACT

PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTIC ON IRRADIATED PROCESSED MILK FISH : PRESTO AND SMOKED BANDENG. An experiment was conducted on physico-chemical characteristics for presto and smoked of milk fish after stored up to eight months and irradiated to 7,5 kGy dose. The purpose of study was to know the quality of irradiated presto and smoked bandeng fishes during storage by analyzing physico-chemical characteristics such as water activity (Aw), moisture content, Total Volatile Base Nitrogen (TVBN) value, amino acid value and free radical detection. Physico-chemical test showed that irradiation didn't give any significant effect on Aw and moisture but TVBN value showed significant decrease on bandeng presto i.e. 2,26 % (0 kGy) and 2,01 % (7,5 kGy) and smoked bandeng 3,02 % (0 kGy) ; 1,76 % (7,5 kGy). Irradiation has an effect significantly on amino acid obtained from both bandeng fishes between sample on control and irradiation has increase value. Free radicals have decreased with increasing storage time.

Keyword : Irradiation, bandeng presto, smoked bandeng, Physico-chemical.

PENDAHULUAN

Perkembangan pengolahan hasil perikanan yang bersifat tradisional secara bertahap berkembang menuju teknologi yang lebih maju, seperti bandeng asap, bandeng presto, pepes bandeng, bandeng bakar, pengolahan bakso ikan dalam kemasan, dan sebagainya.

Pada umumnya, jenis bandeng olahan seperti bandeng presto dan asap semakin diminati oleh industri karena memiliki beberapa keuntungan, antara lain : cara pengolahan sederhana, dapat langsung dimakan, rasanya cocok dengan selera masyarakat Indonesia pada umumnya, dan dapat dimakan dalam jumlah yang relatif banyak sehingga asupan proteinnya cukup besar bagi peningkatan gizi masyarakat [1].

Akan tetapi, ikan memiliki kelemahan karena cepat mengalami kebusukan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penanganan, pengolahan, dan pengawetan hasil perikanan sehingga dapat mencegah kerusakan produk tersebut dan memperpanjang daya simpan. Salah satu teknologi pengawetan bahan pangan yang bisa digunakan adalah melalui iradiasi sinar gamma. Iradiasi juga memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan cara pengawetan konvensional, antara lain tidak menaikkan suhu pada bahan pangan sehingga tidak mempengaruhi kesegaran dan penampilan bahan tersebut. Di samping itu sinar gamma mempunyai daya tembus yang besar sehingga dapat membunuh berbagai jenis bakteri dan hama dengan dosis 5-7,5 kGy [2].

Komite Gabungan Pakar FAO/WHO/IAEA bulan November 1980 di Geneva menyatakan bahwa dosis maksimum sampai dengan 10 kGy diaplikasikan aman untuk makanan. *Codex Alimentarius Commission* telah mengeluarkan Standar Umum Pangan Iradiasi pada tahun 1983 dengan batas maksimum dosis iradiasi rata-rata yang diserap pangan 10 kGy [3].

Iradiasi dapat diaplikasikan langsung pada produk di dalam kemasan akhir tanpa merubah kesegaran bahan pangan yang disinarnya. Meskipun demikian, radiasi pengion pada bahan pangan dapat pula merubah beberapa karakteristik fisika-kimianya. Oleh karena itu, perlu diamati pula pengaruh iradiasi pada produk yang diberi perlakuan tersebut [4].

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat fisika-kimia ikan bandeng presto dan asap yang diiradiasi dan disimpan 8 bulan serta deteksi radikal bebas.

BAHAN DAN METODE

Bahan. Ikan bandeng presto dan bandeng asap yang diperoleh dari Industri Ikan Bandeng. Bahan yang digunakan adalah aquades, kertas saring, HCl 10 %, Tri Chloroacetic Acid (TCA) 10 %, reagen *Total Volatile Base Nitrogen* (TVBN), K_2CO_3 jenuh, vaselin, HCl 0,009 N.

Alat. Pipet volume 10 ml, pipet tetes, gelas piala 100 ml, gelas ukur 50 ml, gelas beker 500 ml/250 ml, erlenmeyer 100 ml, cawan petri, blender, cawan Conway, biuret, cawan porselen, batang pengaduk, spatula, neraca analitis, oven, corong. Alat instrument yang digunakan adalah Aw meter, *High Pressure Liquid Chromatography* (HPLC) Merck Hitachi Korp Jepang (kolom Pico tag 3,9 x 150 nm coulomb) dan *Electron Spin Resonance* (ESR) merk JEOL model JES-RE iX buatan Jepang.

Metode/ Persiapan Sampel. Ikan Bandeng Presto dan Asap yang telah dikemas vakum dengan kemasan laminasi Nylon PolyEtilen (PE), kemudian dibekukan dengan freezer pada suhu $-18^{\circ}C$ selama 48 jam. Setelah itu sampel dipindahkan ke kotak Styrofoam yang telah berisi CO_2 padat (suhu $-79^{\circ}C$) kemudian diiradiasi sinar gamma pada dosis 7,5 kGy dengan laju dosis 10 kGy/jam. Hasil yang diperoleh dianalisis statistik dengan uji ANOVA dengan bantuan program SPSS.

Uji Fisika-kimia

- a. Aktivitas Air (a_w). Alat a_w meter dikalibrasi dengan NaCl jenuh ($20^{\circ}C = 0,7547$; $25^{\circ}C = 0,7509$). Sampel dimasukkan sebanyak 1 g ke dalam cawan pengukur a_w meter, kemudian ditutup dan dikunci. Lalu untuk memulai pengukuran tekan tombol *start* dan pada layar muncul tulisan "*under test*". Pengukuran selesai apabila pada layar muncul tulisan *complete* serta tampak nilai a_w sampel pada layar.
- b. Total Volatile Base Nitrogen (TVBN) [5]. 2 g sampel ikan yang telah dihaluskan ditambahkan 20 ml TCA 10 % (b/v) dan 18 ml aquades. Kemudian diaduk dengan pengaduk magnetic selama 15 menit dan disaring dengan kertas saring untuk mendapatkan filtrat. Kemudian ke dalam "inner chamber" cawan Conway dimasukkan 1 ml reagen TVBN. Pada salah satu "outer chamber"

cawan Conway dimasukkan 1 ml filtrate sampel dan pada “outer chamber” yang lain dimasukkan 1,5 ml K_2CO_3 jenuh. Bagian tepi cawan Conway beserta tutupnya dioleskan dengan vaselin, kemudian segera cawan Conway ditutup dan digoyang dengan hati-hati. Cawan conway tersebut diinkubasi pada suhu kamar selama 2 jam. Setelah diinkubasi reagen TVBN dalam “innes chamber cawan Conway dititrasi dengan larutan HCl 0,009 N sampai warna reagen TVBN menjadi merah muda. Untuk blanko dilakukan cara yang sama, hanya filtrat sampel diganti dengan larutan TCA 10 % (b/v).

Perhitungan : Nilai TVBN (%) = (ml HCl – ml blanko) x N HCl x 14 x 2 x 100 %

- c. Penentuan Kadar Air [6]. Cawan petri dipanaskan dalam oven pada suhu $105^{\circ}C$ selama 1 jam, kemudian didinginkan dalam eksikator. Setelah dingin ditimbang cawan Petri tersebut dan diulangi hingga diperoleh bobot konstan. Selanjutnya ditimbang 2 g sampel ikan bandeng yang telah dihaluskan pada cawan petri yang sudah diketahui bobotnya. Kemudian dikeringkan di dalam oven pada suhu $105^{\circ}C$ selama 3 jam dan didinginkan dalam eksikator. Lalu ditimbang hingga diperoleh bobot konstan.

Perhitungan : Kadar air = $\frac{B_3 - B_1}{B_2} \times 100\%$

Dimana : B_1 = Bobot cawan kosong (g), B_2 = Bobot sampel (g), B_3 = Bobot cawan + sampel setelah pemanasan (g)

- d. Uji Asam Amino (Balai Penelitian Pasca Panen)

- Hidrolisis Asam. Timbang 0,25 g sampel dimasukkan ke dalam erlenmeyer 25 mL. Ditambahkan HCl 6N sebanyak 5- 10 mL, lalu dipanaskan selama 24 jam pada suhu $100^{\circ}C$. Setelah itu disaring cairan sampel dengan kertas saring.
- Pengeringan. Pipet 10,0 μL hasil hidrolisis ke dalam tabung reaksi. Kemudian ditambahkan 30,0 μL larutan pengering (100 μL methanol + 50 μL natrium asetat 0,2 N + 50 μL trietilamin). Dikeringkan dengan pompa vakum.
- Derivatisasi. Ditambahkan 30,0 μL larutan derivatisasi (larutan campuran methanol, fenilisotiosianat, dan trietilamin) ke dalam sampel yang telah dikeringkan. Kemudian dibiarkan kurang lebih 20 menit, lalu dikeringkan

dengan pompa vakum. Ditambahkan 200,0 μL natrium asetat 1 M. Lalu diinjeksikan 5 μL campuran tersebut ke alat HPLC.

- Perhitungan : Asam amino =
$$\frac{A_u/A_s \times C \text{ standar} \times \text{BM} \times V}{W} \times 100\%$$

Keterangan : A_u = Luas puncak sampel, A_s = Luas puncak standar, C = Konsentrasi baku standar ($\mu\text{mol/mL}$), V = Volume akhir sampel asam amino (mL), BM = Bobot molekul asam amino (g/mol), W = Bobot sampel (mg)

- Kondisi Alat. Temperatur : Suhu ruang; Kolom : Pico tag 3,9 x 150 nm coulomb; Kecepatan alir : 1,5 mL/menit; Batas tekanan : 3000 psi; Program : Gradien; Fase gerak: Asetonitril 60%; Larutan dapar natrium asetat 1 M pH 5,75; Detektor : UV 254 nm.

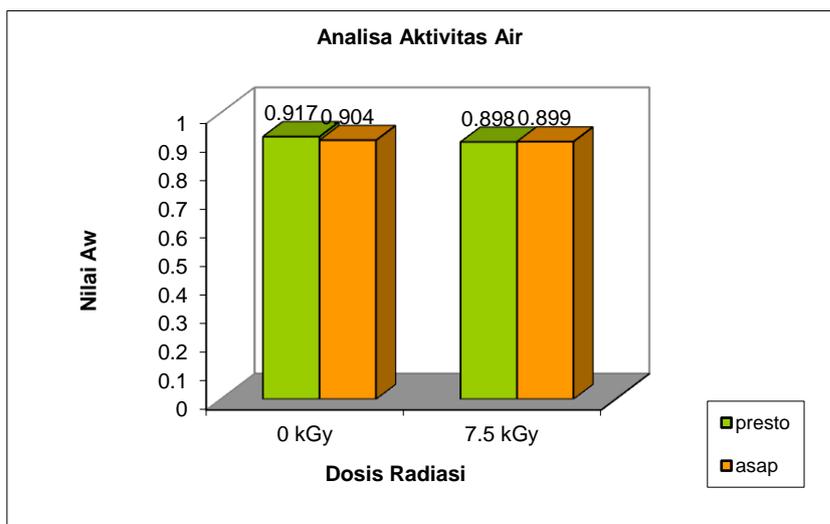
e. Analisis Radikal Bebas. Sampel yang telah diiradiasi masing-masing bagian seperti kulit, daging dan tulang dipisahkan, kemudian dibuat terlebih dahulu menjadi bentuk serbuk dengan cara *freeze drying*. Setelah menjadi kering dan berbentuk serbuk, ditimbang dalam kuvet khusus ESR sebanyak $\pm 0,05$ gram. Sampel diukur pada waktu 1, 7, 10 dan 12 hari.

Adapun kondisi yang digunakan pada pengukuran spektrum dengan spektrofotometer ESR, yaitu : *Field Modulation Width* : 1 x 1 mT; *Receiver Gain* : 2,5 x 100; *Sweep Width* : 2,5 x 10 \pm mT ; *Center Field* : 335,6 mT; *Sweep Time* : 4 sec/360 mm; *Phase* : 0°C; *Frekuensi* : 9,435 Ghz; *Power* : 1 mW; *Time Constant* : 0,03 sec [7]

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Aktivitas Air (a_w)

Hasil analisis aktivitas air pada ikan bandeng presto dan bandeng asap iradiasi setelah penyimpanan 8 bulan disajikan pada Gambar 1. Nilai aktivitas air bandeng presto yang tidak diiradiasi (0 kGy) dan diiradiasi dengan dosis 7,5 kGy berturut-turut adalah 0,917 % dan 0,898 %. Aktivitas air pada ikan bandeng asap yang tidak diiradiasi (0 kGy) dan diiradiasi dengan dosis 7,5 kGy masing-masing adalah 0,904 % dan 0,899 %.



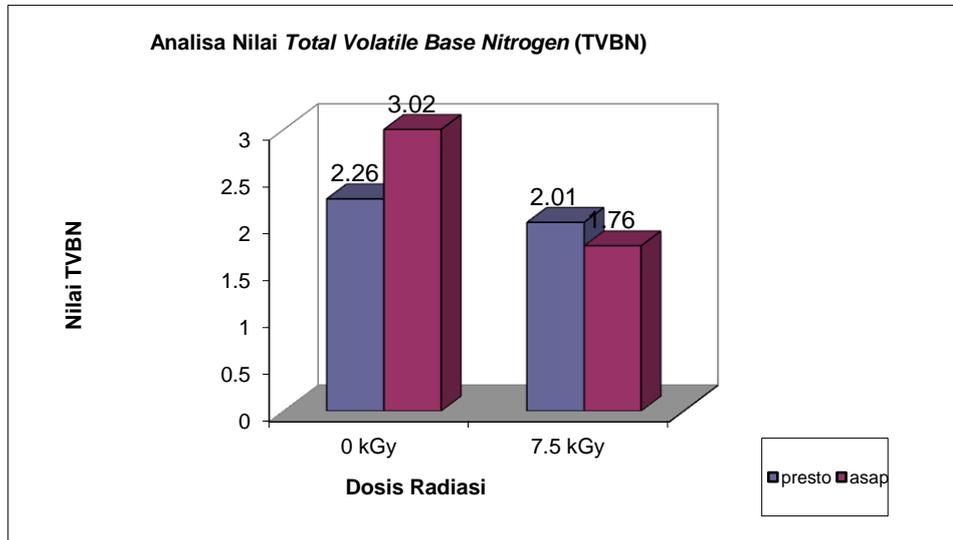
Gambar 1. Histogram analisis aktivitas air pada Bandeng Presto dan Bandeng Asap iradiasi gamma. Nilai aktivitas air ikan bandeng presto maupun asap mengalami sedikit perubahan tetapi tidak signifikan. Berdasarkan uji statistik anova satu arah yang dilakukan menunjukkan bahwa $F_{hitung} < F_{tabel}$, sehingga dapat disimpulkan bahwa iradiasi tidak mempengaruhi aktivitas air. Aktivitas air (singkatan: a_w) adalah sebuah angka yang menghitung intensitas air di dalam unsur-unsur bukan air atau benda padat. Secara sederhana, itu adalah ukuran dari status energi air dalam suatu sistem. Hal ini didefinisikan sebagai tekanan uap dari cairan yang dibagi dengan air murni pada suhu yang sama, karena itu air suling murni memiliki a_w tepat satu. [8]

Bahan pangan yang memiliki a_w disekitar 0,70 sudah dianggap cukup baik dan tahan selama penyimpanan. Berbagai mikroorganisme mempunyai a_w minimum agar dapat tumbuh dengan baik, misalnya untuk bakteri memiliki nilai $a_w = 0,90$; untuk khamir $a_w = 0,80-0,90$ dan kapang $a_w = 0,60-0,70$ [9].

b. Uji *Total Volatile Base Nitrogen* (TVBN)

Hasil analisis nilai TVBN pada ikan bandeng yang telah diiradiasi dan disimpan selama 8 bulan disajikan pada Gambar 2. Terlihat bahwa nilai TVBN ikan bandeng presto yang tidak diiradiasi (0 kGy) dan diiradiasi dengan dosis 7,5 kGy berturut-turut adalah 2,26 % dan 2,01 %. Nilai TVBN ikan bandeng asap yang tidak diiradiasi (0 kGy) dan diiradiasi dosis 7,5 kGy berturut-turut adalah 3,02 % dan 1,76 %. Hal ini menunjukkan bahwa iradiasi mempengaruhi nilai TVBN ikan bandeng

presto maupun asap, karena iradiasi dapat membunuh mikroba penghasil senyawa volatile yang bersifat basa, seperti amoniak, kadeverin, merkaptan, senyawa amin lainnya yang berasal dari metabolisme asam amino. Oleh karena itu nilai TVBN dari bandeng presto maupun asap mengalami penurunan.



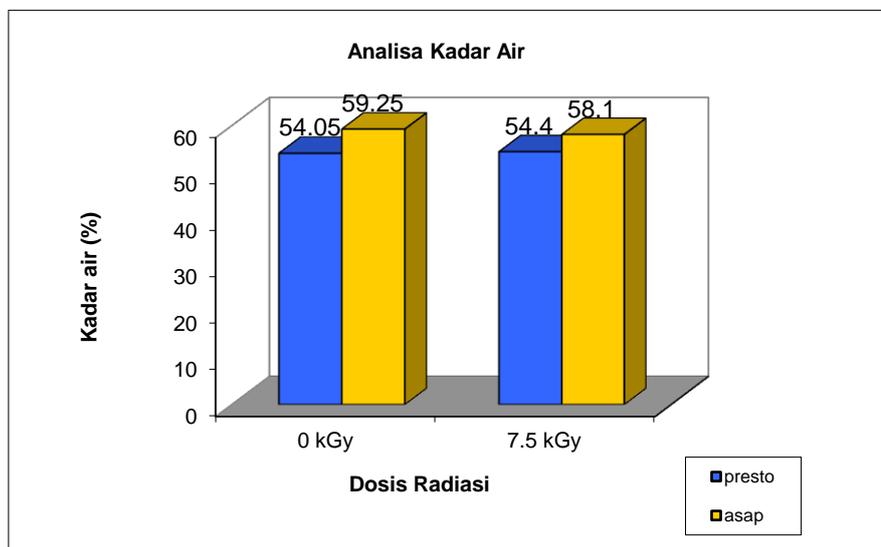
Gambar 2. Histogram analisis nilai TVBN pada Bandeng Presto dan Bandeng Asap iradiasi gamma

Hasil uji statistik nilai TVBN menunjukkan bahwa F hitung $>$ F tabel, sehingga dapat disimpulkan bahwa iradiasi mempengaruhi nilai TVBN. Iradiasi dapat menginaktifkan maupun memusnahkan mikroba yang mampu mendegradasi protein menjadi amoniak, hidrogen disulfida ataupun basa volatil lain yang menghasilkan bau yang tidak enak (busuk). [10] Tereduksinya jumlah mikroba ini menyebabkan nilai TVBN yang diiradiasi dengan dosis 7,5 kGy menurun.

c. Kadar Air

Hasil analisis kadar air pada ikan bandeng yang diiradiasi setelah disimpan 8 bulan disajikan pada Gambar 3. Terlihat bahwa ikan bandeng presto yang tidak diiradiasi (0 kGy) dan diiradiasi dengan dosis 7,5 kGy berturut-turut adalah 54,05 % dan 54,40 %. Kadar air pada ikan bandeng presto sedikit mengalami peningkatan tetapi tidak signifikan. Kadar air untuk bandeng asap yang tidak diiradiasi (0 kGy) dan diiradiasi dengan dosis 7,5 kGy masing-masing adalah 59,25 % dan 58,10 %. Kadar air ikan bandeng asap sedikit mengalami penurunan tetapi tidak signifikan.

Hasil uji statistik terhadap radiasi menunjukkan bahwa $F_{hitung} < F_{tabel}$, sehingga dapat disimpulkan bahwa iradiasi tidak mempengaruhi kadar air. Peningkatan kadar air sewaktu simpan dapat dipengaruhi oleh 3 hal yaitu : permeabilitas kemasan, sifat penyerapan air dan kelembaban lingkungan. [11].



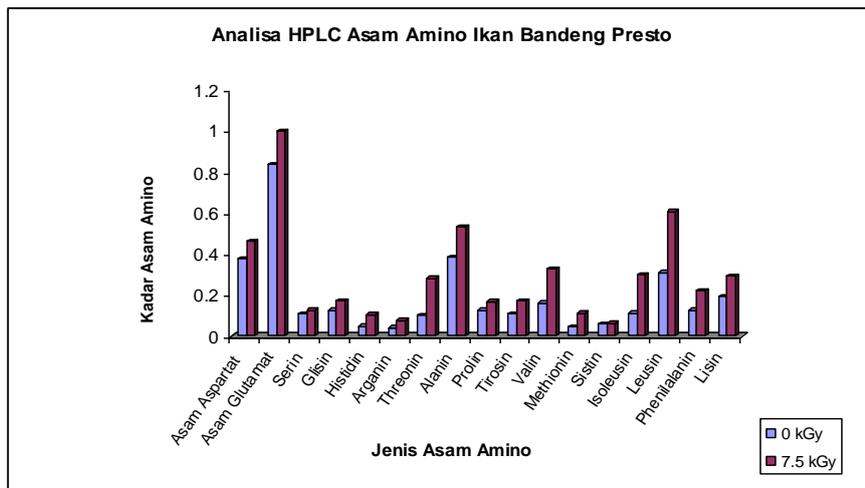
Gambar 3. Histogram analisis kadar air pada Bandeng Presto dan Bandeng Asap iradiasi gamma

d. Uji Asam Amino

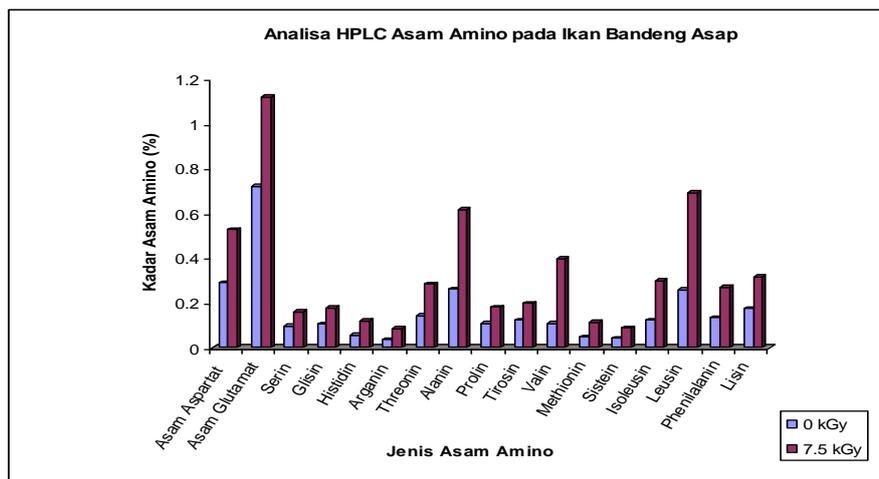
Hasil analisis asam amino secara kuantitatif pada ikan bandeng yang diiradiasi setelah disimpan 8 bulan disajikan pada Gambar 4 dan 5. Terlihat bahwa ikan bandeng presto dan bandeng asap yang tidak diiradiasi dan diiradiasi dengan dosis 7,5 kGy masing-masing kadar asam amino relatif mengalami perbedaan yang nyata. Pada ikan bandeng presto dan asap dosis 0 dan 7,5 kGy kadar asam aspartat, asam glutamat, serin, glisin, histidin, arginin, treonin, alanin, tirosin, valin, metionin, isoleusin, leusin, fenilalanin dan lisin cenderung meningkat. Peningkatan kadar asam amino tersebut kemungkinan disebabkan karena adanya beberapa jenis mikroorganisme penghasil enzim, sedangkan kadar prolin dan sistein pada ikan bandeng presto relatif berfluktuasi pada dosis 0 dan 7,5 kGy (gambar 3).

Kadar sistein dan prolin yang berfluktuasi ini disebabkan karena sistein adalah asam amino yang mengandung gugus S-H. Kemungkinan iradiasi dapat memutuskan gugus yang mengandung atom S pada rantai samping sistein sehingga menyebabkan desulfidasi yaitu pelepasan senyawa H_2S . Sedangkan pada prolin merupakan asam amino yang strukturnya mengandung cincin berupa rantai cabang

hidrokarbon yang terikat pada karbon α dan pada hidrogen dari amina. Kemungkinan iradiasi dapat memutuskan cincin alifatik pada ikatan C-N sehingga struktur cincin terbuka. Selain pengaruh dari iradiasi kemungkin juga disebabkan oleh aktivitas mikroorganismenya yang menghasilkan enzim proteolitik yang mampu mendegradasi protein. Jenis jamur *Aspergillus spp* dapat menghasilkan enzim proteolitik sering terdapat pada ikan bandeng asap dan presto [12].



Gambar 4. Histogram analisis HPLC asam amino ikan Bandeng Presto iradiasi gamma setelah penyimpanan 8 bulan



Gambar 5. Histogram analisis HPLC asam amino ikan Bandeng Asap iradiasi gamma setelah penyimpanan 8 bulan

e. Uji Radikal Bebas

Dari hasil analisis pembentukan radikal bebas dengan menggunakan ESR didapat hasil sebagai berikut :

Tabel 1. Efek radiasi terhadap pembentukan radikal bebas pada kulit, daging dan tulang Bandeng Presto dan Bandeng Asap

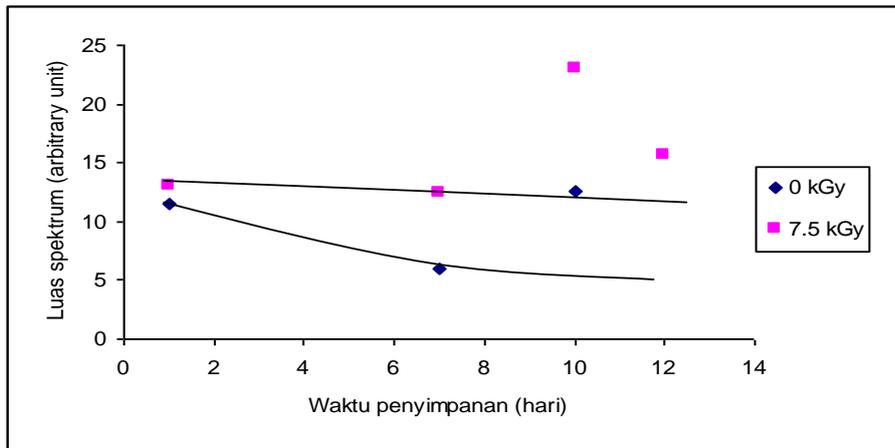
Sampel	Bagian	Jumlah Radikal Bebas (cm/g)	
		0 kGy	7,5 kGy
1. Bandeng Presto	Kulit	211.01	240.74
	Daging	83.33	84.92
	Tulang	91.07	164.64
2. Bandeng Asap	Kulit	158.16	215.99
	Daging	33.15	48.42
	Tulang	73.71	167.62

Efek radiasi terhadap pembentukan radikal bebas

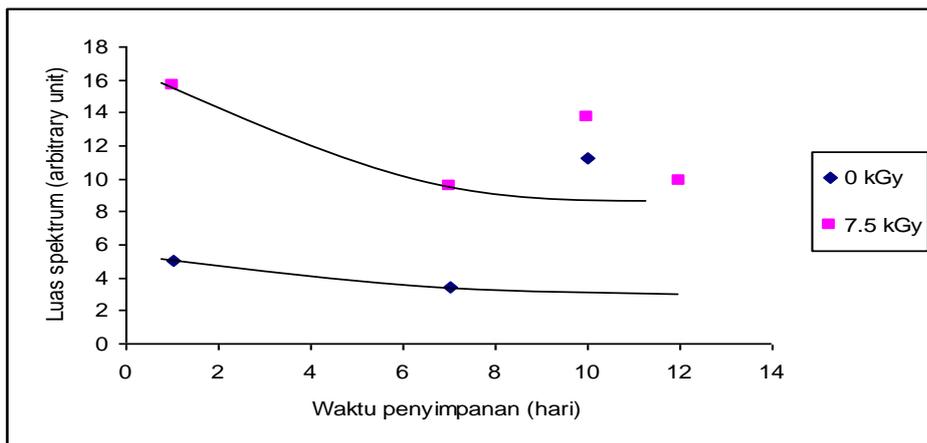
Tujuan aplikasi radiasi dalam penelitian ini adalah untuk pengawetan ikan bandeng presto dan asap. Pada Tabel 1 disajikan efek radiasi terhadap pembentukan radikal bebas pada kulit, daging dan tulang. Pada umumnya jumlah radikal bebas pada bahan yang diiradiasi relatif lebih tinggi jika dibandingkan dengan non iradiasi. Bagian yang paling sensitif terhadap radiasi adalah tulang dengan jumlah peningkatan radikal bebas relatif lebih tinggi pada ikan bandeng asap yaitu 93,91 cm/g jika dibandingkan dengan bandeng presto sebesar 73,57 cm/g. Pada bagian kulit jumlah peningkatan radikal bebas untuk ikan bandeng asap adalah 57,83 cm/g dan untuk ikan bandeng presto adalah 29,73 cm/g. Tetapi untuk bagian daging efek radiasi terhadap peningkatan radikal bebas lebih kecil jika dibandingkan dengan bagian tulang dan kulit, yaitu pada bandeng asap sebesar 15,27 cm/g dan bandeng presto sebesar 1,59 cm/g.

Stabilitas radikal bebas

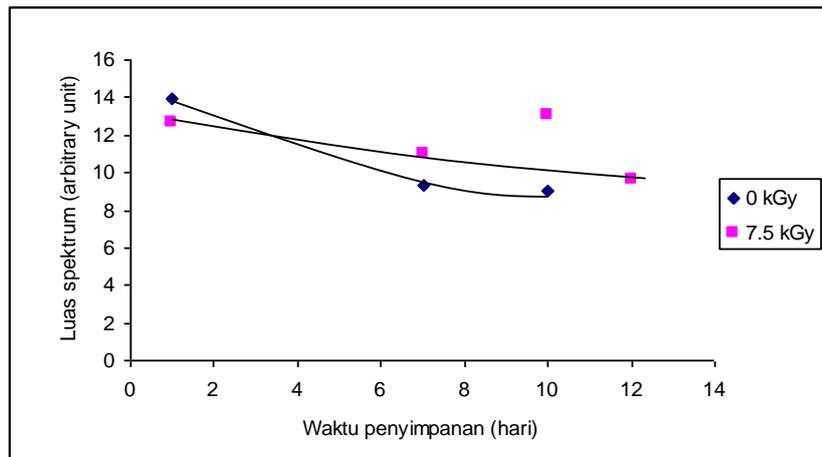
Radikal bebas dapat stabil tergantung suhu penyimpanan, semakin dingin suhu penyimpanan (di bawah 0°C) pergerakan radikal bebas akan terperangkap sehingga menjadi lebih stabil. Penyimpanan pada suhu kamar radikal bebas bergantung pada struktur kimia dan kristalini materi. Pada Gambar 6, 7, 8 dan 9 disajikan stabilitas radikal bebas terhadap fungsi waktu.



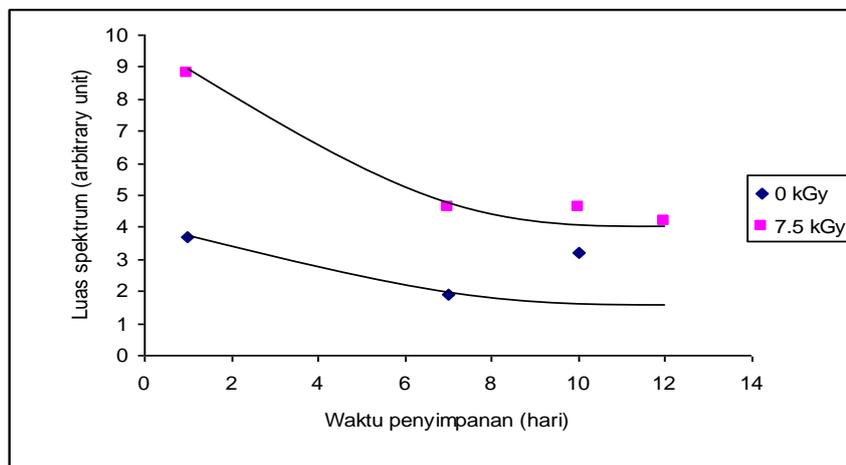
Gambar 6. Diagram luas spektrum Vs waktu penyimpanan ikan Bandeng Presto bagian kulit



Gambar 7. Diagram luas spektrum Vs waktu penyimpanan ikan Bandeng Presto bagian tulang



Gambar 8. Diagram luas spektrum Vs waktu penyimpanan ikan Bandeng Asap bagian kulit



Gambar 9. Diagram luas spektrum Vs waktu penyimpanan ikan Bandeng Asap bagian tulang

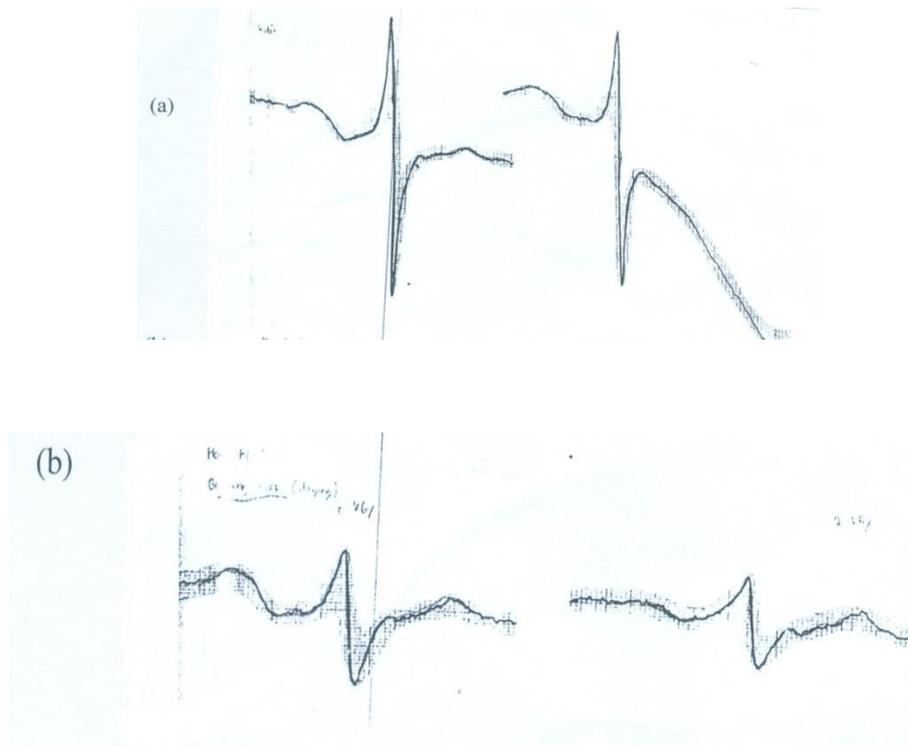
Umumnya radikal bebas yang terbentuk pada bandeng presto dan asap dosis 0 kGy maupun 7,5 kGy mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya waktu penyimpanan. Hal ini mungkin disebabkan adanya interaksi antar radikal bebas yang terbentuk sehingga kondisi menjadi stabil.

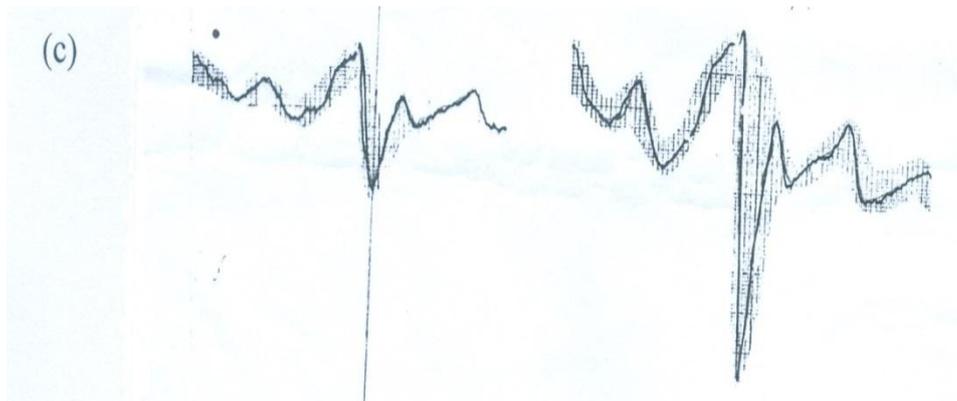
Jumlah radikal tulang pada ikan bandeng presto maupun ikan bandeng asap turun sampai hari ke 7 kemudian radikal stabil. Kestabilan radikal bebas ini kemungkinan kandungan molekul dari tulang ikan. [13]



Gambar 10. Spektrum ESR Bandeng Presto (a) bagian kulit (b) bagian daging (c) bagian tulang

Dari gambar 10 terlihat bahwa *peak* spektrum ESR Bandeng Presto yang diiradiasi dengan dosis 7,5 kGy umumnya lebih tinggi bila dibandingkan dengan spektrum ESR Bandeng Presto dosis 0 kGy (kontrol).





Gambar 11. Spektrum ESR Bandeng Asap (a) bagian kulit (b) bagian daging (c) bagian tulang

Begitu pula dengan Bandeng Asap. Umumnya spektrum ESR Bandeng Asap yang diiradiasi dengan dosis 7,5 kGy lebih tinggi daripada spektrum Bandeng Asap yang tidak diiradiasi.

KESIMPULAN

- Dari hasil analisis uji fisika-kimia menunjukkan bahwa iradiasi ikan bandeng presto dosis 0 dan 7,5 kGy tidak berpengaruh nyata dalam uji statistika terhadap aktivitas air dan kadar air yang masing-masing berkisar pada nilai 0,917-0,898 dan 54,05 %–54,4 %. Begitu juga halnya dengan iradiasi bandeng asap terhadap aktivitas air dan kadar air yang masing-masing berkisar pada nilai 0,904-0,899 dan 59,25 %-58,10 %.
- Penyimpanan 8 bulan iradiasi Bandeng Presto dan Bandeng Asap pada dosis 0 dan 7,5 kGy terhadap nilai TVBN terdapat perbedaan yang nyata dalam uji statistik yang masing-masing mempunyai nilai 2,26 %-2,01 % dan 3,02 %- 1,76 %.
- Hasil analisis asam amino pada iradiasi bandeng presto dan asap dosis 0-7,5 kGy menunjukkan peningkatan kadar asam amino antara lain asam aspartat, asam glutamat, serin, glisin, histidin, arginin, treonin, alanin, tirosin, valin, metionin, isoleusin, leusin, fenilalanin dan lisin. Sedangkan kadar asam amino sistein dan prolin pada bandeng presto cenderung fluktuatif.

- Bagian yang paling sensitif terhadap radiasi adalah tulang dibandingkan kulit maupun daging.
- Jumlah radikal bebas terhadap fungsi waktu akan turun, radikal bebas pada tulang cenderung lebih stabil jika dibandingkan dengan kulit maupun daging.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan pada rekan rekan di kelompok Bahan Pangan yang telah banyak memberikan bantuan dalam persiapan bahan dan staf di IRKA yang telah membantu iradiasi bahan.

DAFTAR PUSTAKA

1. ADAWYAH, R. Pengolahan dan Pengawetan Ikan. Bumi Aksara. Jakarta (2007).
2. RIDWAN, M. Pemanfaatan Teknologi Radiasi untuk Pengawetan Makanan. Risalah Seminar Nasional Pengawetan Makanan dengan Iradiasi Badan Atom Nasional. Jakarta (1983). Hal 59-71.
3. MAHA, M. Pengawetan Pangan dengan Radiasi. Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi. BATAN. Jakarta. (1985).
4. IRAWATI, Z. dkk. Jurnal Pengaruh Iradiasi Gamma Pada Kualitas Tepung Labu Parang (*Cucurbita pepo L.*) Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi BATAN. Jakarta (2004). Hal 257-258.
5. SNI. Penentuan Kadar Indol. No. 01-2369-1991. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta. (1991).
6. SNI. Cara Uji Makanan Dan Minuman. No. 01-2891-1992. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta. (1992).
7. SUDRADJAT, A., WINARNO, H. Pengantar Praktikum Pengukuran Radikal Bebas dengan ESR. Kumpulan Kuliah Coaching Aplikasi Kimia Radiasi. PATIR-BATAN, Pusdiklat – BATAN. Jakarta. (2008).
8. ANONIM, Wikipedia Indonesia : Aktivitas Air, Ensiklopedia Bebas berbahasa Indonesia (serial online) : diambil dari : http://id.wikipedia.org/wiki/Aktivitas_air, 2014.
9. WINARNO, F.G. Kimia Pangan dan Gizi. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. (2002).
10. YAROSITA, F.S. dkk. Jurnal Mutu Bakso Ikan Patin Yang Diiradiasi Dengan Sinar Gamma (^{60}Co). Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi BATAN. Jakarta. (2004). Hal 249-251.

-
11. GUNADI, Y.N. Isotermis Pengaruh Pengemasan dan Peramalan Umur Simpan Ikan Kembung. Skripsi FATETA. IPB. Bogor. (1991).
 12. PURNOMO. H dan ADIONO. Ilmu Pangan. Universitas Indonesia. Jakarta. (1986).
 13. STEWART,E.M., STEVENSON, M.H. and Gray, R. Detection of Irradiation Treatment in Crustaceae By Electron Spin Resonance (ESR) Spectroscopy. Detection Methods For Irradiated Foods. The Royal Society of Chemistry. UK. (1996).