

Pemanfaatan Iradiasi Gamma pada Ikan Tuna dalam Pembuatan Sushi/Sashimi

Utilization of Gamma Irradiation in Tuna Fish for Sushi/Sashimi

Joshua Agustinus Setyawan^{1*}, E. Oulan¹, Warsono¹, dan Harsojo²

¹ Fakultas Ilmu Hayati, Universitas Surya
Jl. M.H. Thamrin, Banten 15143, Indonesia

² Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN
Jl. Lebak Bulus Raya No. 49, Jakarta 12440, Indonesia

* Email : joshuagustinus@gmail.com

ABSTRAK

Pemanfaatan Iradiasi Gamma pada Ikan Tuna dalam Pembuatan Sushi/Sashimi. *Sushi/sashimi* merupakan makanan yang berisiko tinggi menyebabkan *foodborne disease*. Teknik suhu tinggi tidak dapat diterapkan pada makanan ini karena menyebabkan perubahan tekstur yang signifikan. Sampel tuna diberi kombinasi perlakuan iradiasi gamma dengan laju dosis 1 kGy/jam (dosis 0; 2; dan 4 kGy) dan penyimpanan pada suhu 0°C (1 dan 3 hari). Pada setiap sampel dilakukan uji Angka Lempeng Total (ALT), koliform, *Escherichia coli*, *Salmonella* sp., nilai D₁₀ dan resistensi antibiotik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis sebesar 4 kGy merupakan dosis yang efektif karena dapat menurunkan jumlah cemaran ALT dan koliform sebesar ± 3 log. *E. coli* yang didapat dari pasar modern (D₁₀ = 0,128 kGy) resisten terhadap antibiotik *amoxicillin* dan *cefotaxim*, sedangkan *E. coli* dari pasar swalayan (D₁₀ = 0,174 kGy) hanya resisten terhadap *amoxicillin*. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa jumlah cemaran sampel dari pasar modern lebih besar dari pasar swalayan dan *sashimi* lebih besar dari ikan tuna iradiasi.

Kata kunci : *E. coli*, Iradiasi, ALT, Koliform, Sushi, Sashimi

ABSTRACT

Utilization of Gamma Irradiation in Tuna Fish for Sushi/Sashimi. *Sushi/sashimi* is a type of food with a high risk of causing *foodborne disease*. High-temperature technique is inapplicable as it causes significant texture changes. Gamma irradiation with a dose of 0; 2; and 4 kGy (the dose rate was 1 kGy/hour) was combined with low-temperature storage for 1 and 3 days. Every sample was assayed in term of TPC, coliform, *E. coli*, *Salmonella* sp., D₁₀ value, and antibiotic resistance. The results show that 4 kGy was the most effective dose due to the ability to suppress contamination degree in ALT and coliform as much as ± 3 log respectively. D₁₀ value of *E. coli* isolates from modern market and supermarket were 0,128 and 0,174 kGy. In term of antibiotic resistance, *E. coli* from modern market was resistant to *amoxicillin* and *cefotaxim*, while *E. coli* from supermarket was only resistant to *amoxicillin*. Results also showed that sample taken from the modern market has higher contamination degree than supermarkets, while irradiation tuna has lower contamination degree than *sashimi* that sold in restaurant.

Keywords : *E. coli*, Irradiation, TPC, Coliform, Sushi, Sashimi

PENDAHULUAN

Sebagai negara maritim, Indonesia merupakan negara dengan wilayah laut yang luas dengan sumber daya laut yang melimpah. Tingkat produksi ikan pada tahun 2000 dan 2015 adalah 3.807.191 dan 6.204.668 ton dengan pertumbuhan sebesar 159.831 ton/tahun [1]. Tidak hanya produksi, tingkat konsumsi ikan di Indonesia juga meningkat dari 33,89 kg/kapita pada tahun 2012 menjadi 43,88 kg/kapita pada tahun 2016 dengan pertumbuhan sekitar 2,5 kg/kapita/tahun [2]. Salah satu jenis ikan yang melimpah di Indonesia adalah ikan tuna, yang dapat dilihat pada nilai ekspornya yang sebesar 99.163 ton/tahun [1]. Berdasarkan data dari FAO, terdapat dua produk olahan utama dari ikan tuna, yaitu tuna kaleng dan *sushi/sashimi* [3].

Bertolak belakang dengan tuna kaleng, pengolahan yang diberikan pada *sushi/sashimi* hanya berupa pemotongan atau pencucian. Tidak adanya pemanasan dapat menyebabkan mikroba pembusuk ataupun patogen di dalam ikan tumbuh dengan mudah sehingga berpotensi membahayakan konsumen. Solusi permasalahan tersebut yang menggunakan pengolahan suhu tinggi, menyebabkan protein pada daging ikan terdenaturasi sehingga menyebabkan terjadinya perubahan tekstur. Untuk mengatasi bahaya kontaminasi mikroba tanpa perubahan tekstur, teknik yang tepat untuk diaplikasikan pada *sushi/sashimi* adalah iradiasi. Teknik ini mampu mengeleminasi bakteri pembusuk dan patogen tanpa menggunakan suhu tinggi [4].

Dalam penelitian ini, pengaruh iradiasi gamma terhadap jumlah cemaran pada ikan tuna segar akan diuji, beserta sensitivitas antibiotik bakteri patogen yang terdapat pada ikan tuna segar. Selain itu, tingkat cemaran dan kompleksitas mikroba yang bervariasi pada setiap tempat menunjukkan bahwa perbandingan jumlah cemaran antara lokasi yang berbeda juga perlu dilakukan.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah ikan tuna segar yang diambil dari dua lokasi berbeda, yaitu pasar modern dan swalayan. Kedua sampel diperoleh di kawasan Gading Serpong, Tangerang, Banten.

Penentuan angka lempeng total (ALT)

Uji ALT dilakukan dengan menggunakan media padat *Nutrient Agar* (Oxoid), metode sebar, dan suhu inkubasi 25°C selama 24-48 jam. Nilai ALT dinyatakan dalam angka dengan satuan CFU/g [5].

Penentuan total bakteri koliform

Uji total bakteri koliform dilakukan dengan menggunakan media padat *MacConkey* (Oxoid), metode sebar, dan suhu inkubasi 25°C selama 24-48 jam. Nilai koliform dinyatakan dalam angka dengan satuan CFU/g [6].

Proses iradiasi

Iradiasi gamma sampel dilakukan di Iradiator Panorama Serba Guna (IRPASENA) dengan dosis 0; 2; dan 4 kGy pada laju dosis 1 kGy/jam. Penyimpanan sampel kemudian dilakukan di lemari pendingin dengan suhu 0±1°C selama 0; 1; dan 3 hari.

Analisis *salmonella* sp.

Bakteri *Salmonella* sp. dianalisis dalam dua tahap. Tahap pertama, yaitu pengkayaan, dilakukan dengan media cair *Tetrathionate*. Tahap kedua, yaitu inkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam, dilakukan dengan media padat selektif diferensial *Hektoen Enteric* (Merck) [7].

Perhitungan nilai D₁₀

Koloni bakteri *E. coli* dibuat menjadi suspensi dalam akuades steril, lalu diiradiasi dengan dosis 0; 0,1; 0,2; 0,3; dan 0,4 kGy. Selanjutnya bakteri dari suspensi diinokulasi ke dalam media padat *Nutrient Agar* (Oxoid) dengan pengenceran 10⁻¹-10⁻⁵ dan diinkubasi pada suhu kamar selama 24-48 jam, lalu dihitung dengan metode ALT [5].

Pengukuran sensitivitas *E. coli* terhadap beberapa antibiotik

Sensitivitas bakteri *E. coli* terhadap antibiotik ditentukan dengan metode kertas cakram pada media padat *Mueller Hinton* (Pronadisa) [6]. Senyawa antibiotik yang digunakan adalah amoksisilin, tetrasiklin dan sefoksitin.

Perbandingan jumlah cemaran

Jumlah cemaran pada setiap sampel dibandingkan dengan batas maksimum cemaran yang diatur dalam SNI 7388 tahun 2009 [8].

Perbandingan jumlah cemaran antara sampel dari pasar modern dengan swalayan, serta sampel *sashimi* dari restoran dengan tuna iradiasi dibahas secara deskriptif kuantitatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Angka lempeng total

Nilai ALT untuk sampel dari pasar modern dan swalayan berturut-turut dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2, sedangkan nilai total koliform dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4. Secara garis besar, dapat dilihat bahwa penggunaan dosis iradiasi yang semakin besar menyebabkan nilai log semakin kecil. Penurunan tersebut terjadi karena iradiasi menyebabkan terjadinya kerusakan pada struktur sel mikroba, seperti berubahnya struktur DNA dan ribosom [4]. Ketika kerusakan yang terjadi melebihi kemampuan regenerasi mikroba, maka seluruh aktivitas sel menjadi terganggu dan menyebabkan mikroba mati. Sebaliknya beberapa spesies bakteri memiliki sistem perbaikan diri yang sangat efisien dan akurat, sebagai contoh *Deinococcus radiodurans*, sehingga membuatnya menjadi sangat resisten terhadap radiasi ionisasi [9].

Tabel 1. Cemaran ALT pada sampel pasar modern

Dosis iradiasi (kGy)	Lama Penyimpanan (hari)	Total kontaminasi (CFU/g)
0 kGy	0	$7,95 \times 10^3$
	1	$7,43 \times 10^3$
	3	$8,75 \times 10^3$
2 kGy	0	$1,90 \times 10^2$
	1	$0,46 \times 10^2$
	3	$1,11 \times 10^2$
4 kGy	0	$0,05 \times 10^2$
	1	$0,09 \times 10^2$
	3	$0,11 \times 10^2$

Tabel 2. Cemaran ALT pada sampel pasar swalayan

Dosis iradiasi (kGy)	Lama Penyimpanan (hari)	Total kontaminasi (CFU/g)
0 kGy	0	$3,24 \times 10^3$
	1	$3,04 \times 10^3$
	3	$6,64 \times 10^2$
2 kGy	0	$0,24 \times 10^2$
	1	$0,06 \times 10^2$
	3	$0,05 \times 10^2$

4 kGy	0	$0,00 \times 10^0$
	1	$0,00 \times 10^0$
	3	$0,00 \times 10^0$

Dosis sebesar 2 kGy menyebabkan kerusakan yang bersifat *sublethal* pada bakteri di sampel ikan dari pasar modern (Tabel 1). Pemaparan iradiasi gamma menyebabkan penurunan jumlah cemaran pada hari ke 1 menjadi $0,46 \times 10^2$ CFU/g, namun kerusakan tersebut dapat diperbaiki sehingga terjadi peningkatan pada hari ke 3 menjadi $1,11 \times 10^2$ CFU/g. Di sisi lain, dosis sebesar 2 kGy memberikan dampak yang berbeda pada bakteri sampel pasar swalayan, yaitu menyebabkan jumlah cemaran terus menurun hingga hari ke 3 menjadi $0,05 \times 10^2$ CFU/g (Tabel 2). Perbedaan pola pertumbuhan ini kemungkinan disebabkan oleh populasi mikroba pada pasar modern yang dapat memperbaiki diri lebih baik daripada pasar swalayan. Hal tersebut semakin diperjelas pada dosis 4 kGy yang belum dapat menekan jumlah cemaran pada sampel pasar modern menjadi 0 CFU/g.

Koliform

Tabel 3. Cemaran koliform pada sampel pasar modern

Dosis iradiasi (kGy)	Lama Penyimpanan (hari)	Total kontaminasi (CFU/g)
0 kGy	0	$1,89 \times 10^3$
	1	$1,03 \times 10^3$
	3	$9,43 \times 10^2$
2 kGy	0	$0,33 \times 10^2$
	1	$0,00 \times 10^0$
	3	$0,00 \times 10^0$
4 kGy	0	$0,00 \times 10^0$
	1	$0,00 \times 10^0$
	3	$0,00 \times 10^0$

Tabel 4. Cemaran koliform pada sampel pasar swalayan

Dosis iradiasi (kGy)	Lama Penyimpanan (hari)	Total kontaminasi (CFU/g)
0 kGy	0	$1,89 \times 10^3$
	1	$1,03 \times 10^3$
	3	$9,43 \times 10^2$
2 kGy	0	$0,33 \times 10^2$
	1	$0,00 \times 10^0$
	3	$0,00 \times 10^0$
4 kGy	0	$0,00 \times 10^0$
	1	$0,00 \times 10^0$
	3	$0,00 \times 10^0$

Jumlah cemaran koliform lebih rendah dari ALT (Tabel 3 dan 4). Untuk dosis 0 kGy dan penyimpanan 0 hari, nilai koliform pada pasar modern dan swalayan lebih rendah sebesar $6,06 \times 10^3$ dan $1,35 \times 10^3$ CFU/g dibandingkan dengan nilai ALT. Perbedaan ini diakibatkan oleh jenis media yang digunakan pada uji koliform, yaitu *MacConkey Agar*. Media tersebut mengandung garam empedu dan kristal violet untuk menghambat sebagian besar bakteri Gram positif [10]. Selain itu, bakteri Gram positif lebih resisten terhadap iradiasi dibandingkan Gram negatif [11]. Dapat dikatakan juga bahwa sebagian besar populasi mikroba pada *MacConkey Agar* adalah bakteri Gram negatif yang kurang resisten terhadap iradiasi, sehingga semakin memperbesar perbedaan jumlah cemaran antara ALT dan koliform.

Tabel 5. Perbandingan jumlah cemaran *sashimi* dan tuna iradiasi

Sampel	Jumlah Cemaran	
	ALT	Koliform
<i>Sashimi</i>	$1,70 \times 10^5$	$1,40 \times 10^5$
Tuna iradiasi 0 kGy	$3,24 \times 10^3$	$1,89 \times 10^3$
Tuna iradiasi 2 kGy	$0,24 \times 10^2$	$0,33 \times 10^2$
Tuna iradiasi 4 kGy	$0,00 \times 10^0$	$0,00 \times 10^0$

Dibandingkan dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7388:2009, jumlah cemaran ALT pada *sashimi* hampir melewati batas maksimum yang ditentukan ($5,00 \times 10^5$ CFU/g), yaitu sebesar $1,70 \times 10^5$ CFU/g. Selain itu, jumlah cemaran koliform pada *sashimi* juga tinggi, yaitu $1,40 \times 10^5$ CFU/g. Tingginya jumlah cemaran dapat diakibatkan oleh kurang segarannya ikan yang digunakan, peralatan yang tidak bersih, serta kemasan yang tercemar. Semakin lama waktu penyimpanan ikan, maka semakin rendah tingkat kesegarannya. Dapat dikatakan juga bahwa semakin besar juga kemungkinan bahwa ikan berada dalam fase *rigor mortis*, yaitu fase terdegradasinya berbagai molekul besar seperti protein, lemak, dan karbohidrat oleh enzim intraseluler [12]. Hal tersebut menyebabkan mikroorganisme semakin mudah berkembang karena melimpahnya senyawa nutrisi sederhana. Di sisi lain, peralatan dan kemasan yang tidak bersih selama proses pembuatan *sashimi* juga dapat menyebabkan terjadinya kontaminasi silang, sehingga meningkatkan jumlah cemaran pada *sashimi*.

Tabel 6. Nilai D_{10} *E. coli* pada kedua sampel tuna

Sampel	Nilai D_{10} (kGy)
Tuna pasar modern	0,13
Tuna pasar swalayan	0,17

Nilai D_{10} *E. coli* dari pasar modern dan swalayan adalah 0,13 dan 0,17 kGy (Tabel 6). Terdapat berbagai faktor yang dapat memengaruhi resistensi suatu bakteri terhadap iradiasi. Perbedaan spesies, atau bahkan *strain*, sangat berpengaruh terhadap resistensi suatu bakteri [13]. Terdapat beberapa *strain* dengan mekanisme perbaikan diri yang baik, seperti kemampuan untuk menghasilkan enzim katalase yang lebih banyak untuk memecah hidrogen peroksida yang merupakan salah satu produk radiolitik [14]. Perbedaan *strain* antara tuna pasar modern dan swalayan diakibatkan oleh *supplier* yang berbeda. Perbedaan tersebut mengacu pada perbedaan lokasi penangkapan. Hal ini menunjukkan bahwa setiap lokasi penangkapan memiliki karakteristik tersendiri, seperti kandungan mikroba dan tingkat pencemaran, yang berpengaruh langsung terhadap hasil isolat *E. coli* yang didapat. Selain itu, selama proses distribusi juga terdapat berbagai perlakuan, seperti penyiraman dan penyimpanan dengan es batu. Kualitas air dan es batu yang digunakan juga berpengaruh langsung pada tingkat cemaran dan kandungan *strain E. coli* pada sampel.

Tabel 7. Sensitivitas bakteri *E. coli* terhadap antibiotik

Antibiotik	Zona Bening (mm)	
	Pasar Modern	Pasar Swalayan
Amoksisilin	<10**	12**
Tetrasiklin	30	30
Sefoksitin	14**	18

Sensitif ; ** Resisten

Perbedaan *strain* juga berpengaruh pada perbedaan tingkat resistensi terhadap suatu senyawa antibiotik. Resistensi mikroba terhadap antibiotik dapat disebabkan oleh berubahnya permeabilitas sel membran dan dinding sel bakteri, sehingga senyawa antibiotik tidak dapat masuk ke dalam sel bakteri [15]. Selain itu, beberapa mikroba juga dapat menghasilkan enzim untuk mendegradasi senyawa antibiotik, seperti *acetyltransferases*, *nucleotidyltransferases* dan *phosphotransferases*. *E. coli* yang didapat dari pasar modern resisten terhadap amoksisilin dan sefoksitin, sedangkan *E. coli* dari pasar swalayan hanya resisten terhadap amoksisilin (Tabel 7).

KESIMPULAN

Iradiasi gamma dengan dosis 2 dan 4 kGy, yang dikombinasikan dengan penyimpanan pada suhu 0°C, terbukti dapat menurunkan jumlah cemaran pada sampel ikan tuna segar. Dosis 4 kGy merupakan dosis yang efektif karena dapat menekan jumlah cemaran hingga menjadi $0,05 \times 10^2$ CFU/g pada ALT dan 0,00 CFU/g pada koliform. Kedua sampel tidak tercemar patogen *Salmonella* sp., namun tercemar *E. coli*. Isolat *E. coli* yang didapat dari pasar modern ($D_{10} = 0,128$ kGy) resisten terhadap amoksisilin dan sefoksitin, sedangkan *E. coli* dari pasar swalayan ($D_{10} = 0,174$ kGy) hanya resisten terhadap amoksisilin. Jumlah cemaran sampel dari pasar modern lebih tinggi dari pasar swalayan, sementara jumlah cemaran *sashimi* dari restoran lebih tinggi dari tuna iradiasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PAIR BATAN yang telah menyediakan berbagai fasilitas yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Badan Pusat Statistik (BPS), Ekspor Ikan Tongkol/Tuna Menurut Negara Tujuan Utama, pp. 2002-2015, 2017.
- [2]. Sistem Informasi Diseminasi Data dan Statistik Kelautan dan Perikanan (SIDATIK), Tingkat Konsumsi Ikan, 2017.
- [3]. Food and Agriculture Organization (FAO), *Globefish highlights: A quarterly update on world seafood markets*, 2016.
- [4]. Arvanitoyannis, I.S., *Irradiation of food commodities: Techniques, applications, detection, legislation, safety and consumer opinion*, UK: Elsevier, 2010.
- [5]. Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia (BPOM RI), Pengujian Mikrobiologi Pangan, Info Pom, pp. 9, 2, 2008.
- [6]. Harsojo, Sari, S.Y., *Bacterial Diversity in Buffalo Meat and Bowel from Traditional Market And The Sensitivity of Some Bacteria to Irradiation and Antibiotics*, Atom Indonesia, pp. 31, 79-85, 2015.
- [7]. Feng P., Bam: *Salmonella*, Bacteriological Analytical Manual, 2009.
- [8]. Badan Standardisasi Nasional (BSN), Batas Maksimum Cemaran Mikroba dalam Pangan (SNI 7388:2009), Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2009.
- [9]. Slade, D., Radman, M., *Oxidative Stress Resistance in Deinococcus Radiodurans*, Microbiology and Molecular Biology Reviews, pp. 75, 133-191, 2011.
- [10]. Goldman, E., GREEN, L.H., *Practical handbook of microbiology*, New York: CRC Press, 2015.
- [11]. Hayes, R., *Food microbiology and hygiene*, UK: Elsevier, 2013.
- [12]. Lie, O., *Improving Farmed Fish Quality and Safety*, USA: CRC Press, 2008.
- [13]. Rosenthal, I., *Electromagnetic Radiations in Food Science*, New York: Springer, 2012.
- [14]. Erkmen, O., Bozoglu, T.F., *Food microbiology Principles into practice*. UK: John Wiley & Sons, 2016.
- [15]. Singh, O.V., *Foodborne pathogens and antibiotic resistance*, Canada: John Wiley & Sons, 2017.

