

Pengaruh Iradiasi terhadap Daya Hidup Bakteri Kontaminan dalam Makanan

LILY NATALIA¹, A. PRIADI¹ dan Z. IRAWATI²

¹Balai Besar Penelitian Veteriner
Jl. R.E. Martadinata 30, Bogor 16114

²Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional
Jl. Lebak Bulus Raya Pasar Jumat, Kotak Pos 7002 JKSKL Jakarta 12070

(Diterima dewan redaksi 16 Desember 2008)

ABSTRACT

NATALIA, L., A. PRIADI and Z. IRAWATI. 2009. Effects of irradiation on the survival of bacterial contaminants in food. *JITV* 14(1): 58-65.

The primary concern about microbial safety of irradiated food is the survival of pathogenic spore forming bacteria. *Clostridium sporogenes* was selected as the spore forming test organism for conducting inoculated pack studies for its similarities to the most toxigenic *Cl. botulinum*, in radiation resistance. Minimum radiation dose applied (45 kGy under cryogenic condition, in -79°C) was determined to eliminate *Cl. sporogenes* spores and other bacterial contaminants in different kind of Indonesian chicken and beef dishes. In separate studies, irradiation doses of 3 – 7 kGy at cryogenic condition was used to improve the microbiological safety of a number chilled prepared meals. The dishes or ready to eat foods were packaged in air impermeable pouches. Irradiation process was carried out after inoculation on chicken and beef dishes with certain amounts of *Cl. sporogenes* spores. The evaluation of colony count differences between the irradiated and unirradiated foods revealed the effect of radiation on the survival of bacterial spores or other bacterial contaminants. It was demonstrated that a minimum dose of 45 kGy under cryogenic condition eliminated the spore of *Cl. sporogenes*, *Bacillus spp* and *Staphylococcus spp*. Irradiation at doses 5-7 kGy significantly reduced some potential pathogenic microorganisms in samples without affecting quality up to 3 months of storage at the refrigeration temperature.

Key Words: Food Safety, Irradiation, Bacterial Contaminants

ABSTRAK

NATALIA, L., A. PRIADI dan Z. IRAWATI. 2009. Pengaruh iradiasi terhadap daya hidup bakteri kontaminan dalam makanan. *JITV* 14(1): 58-65.

Perhatian terhadap jaminan mikrobiologis makanan yang diiradiasi adalah dengan masih baktiannya bakteri patogen yang terutama bakteri pembentuk spora. Untuk mempelajari kemasan makanan iradiasi, *Clostridium sporogenes* telah digunakan sebagai inokulum karena kemiripannya dengan *Cl. botulinum* yang bersifat sangat toksigenik dalam hal ketahanan terhadap radiasi. Dosis minimum radiasi 45kGy dalam kondisi *cryogenic* (-79°C), digunakan untuk menghilangkan spora *Cl. sporogenes* dan bakteri kontaminan lain dalam berbagai makanan Indonesia yang terbuat dari daging ayam dan daging sapi. Dalam pengamatan lain, dosis iradiasi 3 – 7 kGy dalam kondisi *cryogenic* telah digunakan untuk meningkatkan keamanan mikrobiologis dari makanan yang didinginkan. Makanan siap saji tersebut dikemas dalam kantong kedap udara, dan disimpan dalam suhu ruangan. Proses iradiasi dilakukan setelah makanan tersebut diinokulasi dengan jumlah tertentu dari spora *Cl. sporogenes*. Evaluasi dari perbedaan jumlah koloni mikroba antara makanan yang diiradiasi dan tidak diiradiasi akan memperlihatkan pengaruh radiasi terhadap daya hidup spora *Cl. sporogenes* dan bakteri kontaminan lain. Dapat diamati bahwa dosis minimum 45 kGy, dalam kondisi suhu sangat rendah dapat menghilangkan spora *Cl. sporogenes* dan *Bacillus spp* dan *Staphylococcus spp*. Iradiasi dengan dosis 5-7 kGy dapat menurunkan mikroorganisme patogen dalam sampel tanpa mempengaruhi kualitas makanan, sampai waktu 3 bulan penyimpanan dalam suhu dingin.

Kata Kunci : Keamanan Pangan, Iradiasi, Bakteri Kontaminan

PENDAHULUAN

Makanan siap saji yang merupakan olahan produk asal ternak seperti makanan yang terbuat dari daging sapi atau daging ayam cukup digemari di Indonesia dan mendapat tingkat pemasaran yang cukup tinggi. Makanan ini harus dijamin keamanannya terutama

harus bebas dari bakteri patogen, dan bahan-bahan lain yang membahayakan konsumen.

Adanya mikroorganisme patogen dalam makanan akan dapat menimbulkan penyakit pada konsumen. Iradiasi makanan bertujuan untuk menghasilkan makanan (terutama asal hewan) steril sehingga aman dikonsumsi, dan dapat disimpan lama (WIERBICKI, 1981). Selain itu iradiasi juga telah digunakan untuk

dekontaminasi produk dengan kelembaban rendah seperti bumbu masak dan makanan kering lainnya (FARKAS, 1988) Penggunaan teknologi iradiasi pada dosis medium yang dikombinasikan dengan kondisi suhu rendah, diharapkan dapat memberi keamanan pada makanan, memperpanjang daya simpan dan cara penyimpanan yang praktis, tidak harus pada suhu dingin sehingga tidak memerlukan adanya freezer (IRAWATI *et al.*, 2003). Hasil penelitian menunjukkan bahwa peyimpanan makanan semacam ini pada suhu 4°C sampai waktu 3 bulan tidak mempengaruhi atau menurunkan kualitas dari produk makanan. Dosis minimum sebesar 45 kGy yang dikombinasikan dengan suhu yang sangat rendah selama iradiasi dipilih sesuai dengan rekomendasi International Atomic Energy Agency (IAEA) untuk memproduksi makanan siap saji melalui proses iradiasi (IAEA, 1995).

Clostridium spp. adalah bakteri yang dapat membentuk spora, dan bakteri ini perlu diperhatikan dalam keamanan mikrobiologis dari makanan karena dapat bersifat toksigenik. Bakteri pembentuk spora mempunyai ketahanan yang lebih terhadap iradiasi (WHO, 1999). Sehingga bakteri semacam ini telah banyak digunakan untuk penelitian keamanan makanan siap saji dalam kemasan. *Clostridium sporogenes* dipilih sebagai bakteri uji dalam penelitian ini karena kemiripannya dalam hal ketahanan terhadap iradiasi dengan *Clostridium botulinum*, bakteri patogen yang dapat mencemari makanan.

Telah diketahui bahwa iradiasi mempunyai peranan penting untuk memperbaiki keamanan mikrobiologis dan memperpanjang daya simpan makanan siap saji, sehingga mempermudah dalam pemasarannya. Dalam penelitian ini telah dievaluasi keefektifan iradiasi sebagai cara untuk menjaga keamanan mikrobiologis dan memperpanjang daya simpan makanan yang dibuat dari daging sapi dan daging ayam yang disimpan dalam suhu dingin.

MATERI DAN METODE

Pengaruh iradiasi terhadap spora *Cl. sporogenes* dalam makanan

Galur *Cl. sporogenes* CVL 1658/BCC 207 digunakan sebagai bakteri uji. Bakteri ini mula-mula ditumbuhkan pada *Robertson's Cooked Meat Medium* (RCMM). Media sporulasi DUNCAN dan STRONG (1968) digunakan untuk memproduksi spora *Cl. sporogenes* dalam jumlah banyak. Media diinkubasikan selama 3 hari pada suhu 37°C. Spora yang terbentuk diwarnai dengan pewarnaan Wirtz dan diperiksa dengan pemeriksaan di bawah mikroskop. Spora akan berwarna hijau terang.

Kultur yang berisi spora di sentrifus pada kecepatan 14.000 g selama 20 menit. Supernatan dibuang dan

spora (endapan) dicuci dengan larutan *Phosphate Buffered Saline* (PBS) sebanyak 2 kali. Spora akhirnya disuspensikan dalam 50% gliserine steril. Jumlah spora hidup per ml suspensi dihitung dengan metoda *Most Probable Number* (MPN) menggunakan media RCMM. Suspensi spora disimpan pada suhu 4°C sampai digunakan.

Daya hidup spora *Cl. sporogenes* terhadap iradiasi dicoba dengan menggunakan substrat makanan yang berasal dari daging sapi (rendang, empal, semur) dan yang berasal dari daging ayam (opor, semur, kari). Makanan mula-mula disterilisasi dengan autoklaf basah sebelum diinokulasi dengan spora *Cl. sporogenes*. Dosis spora yang akan digunakan adalah 10⁴ spora/g, 10³ spora/g, 10²/g dan 10 spora/g dari setiap macam makanan. Spora disemprotkan/disebarkan dalam tiap kemasan makanan dengan menggunakan *syringe* steril. Makanan kemudian dikemas secara vakum dalam kantong yang terbuat dari plastik dan *aluminium foil* dan disimpan pada suhu 4°C. Untuk setiap macam makanan asal daging ayam, dibuat 3 kali ulangan dari perlakuan yang sama. Untuk setiap macam makanan asal daging sapi, dibuat 2 kali ulangan dari perlakuan yang sama Terhadap sampel makanan kontrol, makanan diperlakukan sama, tetapi tidak diinokulasi *Cl. sporogenes*. Kontrol juga dibuat jumlah ulangan sama dengan ulangan yang diberikan pada sampel.

Proses iradiasi dilakukan pada IRKA radiator di Badan Tenaga Nuklir Nasional, setelah inokulasi berbagai macam makanan dalam kemasan. Cobalt-60 digunakan sebagai sumber radiasi ionisasi. Dosis iradiasi minimum yang diaplikasikan adalah 45 kGy di bawah kondisi *cryogenic* (-79°C). Kemudian makanan disimpan pada suhu ruang untuk membiarkan tumbuhnya spora dalam makanan yang masih hidup setelah iradiasi. Evaluasi dari penghitungan koloni bakteri yang masih hidup pada makanan yang diiradiasi dan tidak diiradiasi akan memperlihatkan pengaruh radiasi pada daya hidup bakteri .

Pengaruh berbagai dosis iradiasi terhadap mikroba dalam berbagai jenis sup.

Berbagai jenis sup disiapkan untuk mengamati pengaruh berbagai dosis radiasi terhadap kandungan mikroorganisme dan kualitasnya. Makanan yang diuji adalah: rawon, sup buntut, sup ayam dan sayuran, sup ayam dan jagung. Sup ini dikemas dalam kantong plastik berlapis *aluminium foil* dan dikemas secara vakum. Dosis iradiasi yang diaplikasikan adalah 3 – 7 kGy dalam suhu *cryogenic*. Untuk mengamati pengaruh radiasi terhadap kandungan mikroorganisme dari berbagai sup, setelah diiradiasi, makanan ini disimpan pada suhu 5 ± 2°C dan diuji 3 bulan kemudian untuk mengamati pengaruh radiasi terhadap kandungan mikroorganismenya.

Penghitungan mikroba dari produk makanan yang diiradiasi

Sampel makanan, diiradiasi ataupun tidak diiradiasi, dihitung jumlah mikroba sesuai metoda STANDARD ASSOCIATION of AUSTRALIA. (1991). Sampel makanan seberat 10 g ditimbang, diencerkan dengan 0,1% buffered peptone water (BPW). Makanan dihancurkan dengan stomacher (Lab blender 80) selama 1 menit, menjadi suspensi 10% yang homogen. Suspensi makanan diencerkan secara seri dari suspensi sampel makanan kemudian dibuat enceran secara desimal, sampai enceran 10⁴.

Untuk pemeriksaan makanan yang diinokulasi spora *Cl. sporogenes*, media yang digunakan untuk menginokulasi sampel yang telah diencerkan adalah RCMM dan lempeng agar darah domba 5%. Hasil pemeriksaan dilaporkan sebagai ada atau tidaknya pertumbuhan pada RCMM dan lempeng agar darah. Nilai MPN *Cl. sporogenes* dalam sampel kemudian dapat diestimasi. Sebelum menyatakan nilai MPN, dilakukan terlebih dahulu isolasi dan identifikasi bakteri untuk konfirmasi *Cl. Sporogenes*. Hal ini dilakukan dengan *Fluorescent Antibody Technique* (FAT) dan juga sesuai dengan hasil uji biokimiawi (BARROW dan FELTHAM, 2003; LEVETT, 1991).

Untuk pemeriksaan mikroorganisme dalam sup, digunakan media *nutrient broth*, nutrient agar dan lempeng agar darah domba 5%. Cara penghitungan sama dengan seperti di atas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemeriksaan bakteriologis dari berbagai makanan siap saji yang diinokulasi spora *Cl. sporogenes*, diiradiasi dan disimpan pada suhu ruang selama 7 hari dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Dari hasil pada Tabel 1 dan Tabel 2, terlihat bahwa *Cl. sporogenes* yang diinokulasikan tumbuh dengan lebih baik pada sampel makanan yang berasal dari daging ayam (opor ayam, semur ayam dan kari ayam) dibandingkan dengan makanan yang berasal dari daging sapi (rendang, empal dan semur daging sapi). Kontaminasi juga terjadi pada makanan asal daging ayam, tetapi tidak terjadi pada makanan asal daging sapi. Hal ini mungkin disebabkan pengolahan yang lebih sempurna pada pengolahan daging sapi dibanding dengan daging ayam. Atau mungkin juga kadar air pada makanan asal daging ayam lebih tinggi dibandingkan dengan makanan asal daging sapi. Dari hasil pengamatan dapat diketahui bahwa daya hidup bakteri dipengaruhi oleh kadar air dan nutrisi substrat. Kemasan makanan dalam kondisi vakum juga tentunya akan menghambat pertumbuhan bakteri. Faktor utama

yang mempengaruhi daya hidup dari sel bakteri yang diiradiasi adalah : suhu, adanya gas/kevakuman, aktifitas air, pH dan komposisi kimiawi dari makanan (WHO, 1999).

Dalam penelitian ini, digunakan spora *Cl. sporogenes* sebagai bakteri yang diinokulasikan pada makanan. Telah diketahui bahwa spora bakteri kurang peka terhadap radiasi atau mempunyai ketahanan yang lebih terhadap iradiasi dibandingkan dengan bakteri yang tidak membentuk spora. Hal ini disebabkan karena struktur spesifik dari spora. Jika spora bakteri sudah dapat diinaktifkan dengan iradiasi, maka dianggap bakteri kontaminan lain yang tidak membentuk spora sudah dapat juga dihilangkan dengan proses iradiasi yang sama. Sudah tentu, daya hidup mikroorganisme setelah iradiasi tergantung pada laju iradiasi dari dosis yang diabsorpsi sewaktu melakukan iradiasi makanan. Ketahanan terhadap radiasi dari spora bakteri aerobik tidak dipengaruhi pada kisaran pH 5-8, sedangkan pada pH di bawah 5, sensitifitasnya akan meningkat (FARKAS *et al.*, 1967; WHO, 1999).

Pada makanan yang sudah diiradiasi dengan 45 kGy, tidak ditemukan adanya pertumbuhan bakteri sama sekali. Sedangkan makanan yang tidak diiradiasi, baik makanan asal daging sapi atau daging ayam masih menunjukkan adanya pertumbuhan bakteri yang diinokulasikan (*Cl. sporogenes*). Bakteri kontaminan tidak tumbuh lagi pada kemasan yang tidak diiradiasi/diiradiasi karena sebelum diinokulasi dengan spora *Cl. sporogenes*, semua kemasan makanan di sterilisasi dahulu dengan *autoclave* basah pada 121°C, selama 15 menit. Sementara itu, pada makanan yang tidak disterilisasi dengan *autoclave*, yaitu pada sampel makanan kontrol yang tidak diinokulasi spora *Cl. sporogenes* (kari dan semur ayam), dapat ditemukan bakteri kontaminan *Staphylococcus sp.*

FARKAS *et al.* (1992) menyatakan bahwa dosis iradiasi 3-4 kGy hanya mempunyai sedikit efek *lethal* pada spora *Cl. sporogenes*. Hasil pengamatan ini menunjukkan bahwa dosis iradiasi 45 kGy adalah efektif untuk menghilangkan spora *Cl. sporogenes* dalam dosis 10 sampai 10⁴ spora/g makanan. Bakteri kontaminan, *Staphylococcus sp.*, juga dapat dihilangkan dengan proses iradiasi. Setelah iradiasi, tidak ditemukan lagi adanya bakteri kontaminan dalam makanan kontrol kari dan semur ayam yang diperiksa. Ada perbedaan nilai dari pertumbuhan pada RCMM dan lempeng agar darah. Hal ini disebabkan karena RCMM adalah media penyubur dan spora bakteri mudah tumbuh dalam media semacam ini. Sedangkan pada media padat seperti lempeng agar darah, tidak semua spora dapat tumbuh dengan baik, hanya sel bakteri dalam bentuk vegetatif yang mudah tumbuh dalam media padat semacam ini.

Tabel 1. Hasil pengujian bakteriologis dari makanan asal daging ayam yang diinokulasi *Cl. sporogenes*, diiradiasi (dosis 45kGy), dan disimpan 7 hari pada suhu ruang

Kode	Dosis inokulasi spora <i>Cl. sporogenes</i>	Perlakuan	Rata-rata <i>Cl. sporogenes</i>		Kontaminan (CFU/g)
			RCMM (MPN)	Lempeng agar darah (CFU/g)	
Opor ayam					
Kontrol	0	TD	< 3	0	0
Kontrol	0	DI	< 3	0	0
1	10 ⁴	DI	< 3	0	0
2	10 ⁴	TD	≥ 10 ⁶	3,66 x 10 ⁵	0
3	10 ³	DI	< 3	-	0
4	10 ³	TD	≥ 10 ⁶	9,66 x 10 ⁵	0
5	10 ²	DI	< 3	-	0
6	10 ²	TD	≥ 10 ⁶	2,43 x 10 ⁵	0
7	10	DI	< 3	-	0
8	10	TD	≥ 10 ⁶	11,93 x 10 ⁵	0
Semur ayam					
Kontrol	0	TD	< 3	0	<i>Streptococcus spp.</i> . ≥ 10 ⁶
Kontrol	0	DI	< 3	0	0
1	10 ⁴	DI	< 3	0	0
2	10 ⁴	TD	≥ 10 ⁶	1,96 x 10 ⁵	0
3	10 ³	DI	< 3	0	0
4	10 ³	TD	≥ 10 ⁶	3,86 x 10 ⁶	0
5	10 ²	DI	< 3	0	0
6	10 ²	TD	≥ 10 ⁶	6,33 x 10 ⁵	0
7	10	DI	< 3	0	0
8	10	TD	≥ 10 ⁶	1,55 x 10 ⁵	0
Kari ayam					
Kontrol	0	TD	< 3	0	<i>Streptococcus spp.</i> . ≥ 10 ⁶
Kontrol	0	DI	< 3	0	0
1	10 ⁴	DI	< 3	0	0
2	10 ⁴	TD	≥ 10 ⁶	6,85 x 10 ⁶	0
3	10 ³	DI	< 3	0	0
4	10 ³	TD	≥ 10 ⁶	5,73 x 10 ⁶	0
5	10 ²	DI	< 3	0	0
6	10 ²	TD	≥ 10 ⁶	3,55 x 10 ⁶	0
7	10	DI	< 3	0	0
8	10	TD	≥ 10 ⁶	1,50 x 10 ⁶	0

TD = Tidak diiradiasi

DI = Diiradiasi

Tabel 2. Hasil pengujian bakteriologis dari makanan asal daging sapi yang diinokulasi *Cl. sporogenes*, diiradiasi (dosis 45kGy), dan disimpan 7 hari pada suhu ruang

Kode	Dosis inokulasi spora <i>Cl. sporogenes</i>	Perlakuan	Rata-rata <i>Cl. sporogenes</i>		Kontaminan (CFU/g)
			RCMM (MPN)	Lempeng agar darah (CFU/g)	
Rendang daging sapi					
Kontrol	0	TD	< 3	0	0
Kontrol	0	DI	< 3	0	0
1	10 ⁴	DI	< 3	0	0
2	10 ⁴	TD	≥ 10 ⁴	10,02 x 10 ²	0
3	10 ³	DI	< 3	0	0
4	10 ³	TD	> 1100	10,01 x 10 ²	0
5	10 ²	DI	< 3	0	0
6	10 ²	TD	11	0	0
7	10	DI	< 3	0	0
8	10	TD	11	0	0
Empal daging sapi					
Kontrol	0	TD	< 3	0	0
Kontrol	0	DI	< 3	0	0
1	10 ⁴	DI	< 3	0	0
2	10 ⁴	TD	> 1100	5,50 x 10	0
3	10 ³	DI	< 3	0	0
4	10 ³	TD	150	5,00 x 10	0
5	10 ²	DI	< 3	0	0
6	10 ²	TD	11	3,00 x 10	0
7	10	DI	< 3	0	0
8	10	TD	< 3	0	0
Semur daging sapi					
Kontrol	0	TD	< 3	0	0
Kontrol	0	DI	< 3	0	0
1	10 ⁴	DI	< 3	0	0
2	10 ⁴	TD	≥ 10 ⁵	3,00 x 10 ⁴	0
3	10 ³	DI	< 3	0	0
4	10 ³	TD	≥ 10 ⁴	20,04 x 10 ²	0
5	10 ²	DI	< 3	0	0
6	10 ²	TD	> 1100	4,00 x 10	0
7	10	DI	< 3	0	0
8	10	TD	11	0	0

TD = Tidak diiradiasi
DI = Diiradiasi

Pada Tabel 3 dan 4 disajikan data yang menggunakan makanan yang sama dengan pengamatan pada penelitian sebelumnya, tetapi tidak diinokulasi spora *Cl. sporogenes* dan tidak disterilisasi. Ternyata tidak ditemukan adanya pertumbuhan bakteri sama sekali pada makanan yang sudah diiradiasi dengan dosis 45 kGy dan disimpan selama 18 bulan. Terbukti bahwa iradiasi dengan dosis 45 kGy, dapat menghilangkan

spora *Cl. sporogenes* ataupun bakteri kontaminan lainnya. Bakteri kontaminan yang ditemukan antara lain adalah *Staphylococcus spp*, *Bacillus spp* dan coliform.

Pada Tabel 5. terlihat bahwa dosis iradiasi 7 kGy dapat menurunkan secara nyata jumlah kontaminasi bakteri, kapang dan khamir (*mould and yeast*) dari berbagai macam sup yang diamati (rawon, sup buntut dan sup ayam).

Tabel 3. Nilai TPC makanan siap saji asal daging ayam sebelum dan sesudah iradiasi dengan dosis 45 kGy

Bahan yang diperiksa	Total plate count (TPC) (CFU/ml)*
Daging ayam sesudah pencucian dengan air kran	2,68 x 10 ³
Opor ayam (sebelum diiradiasi)	1,04 x 10 ²
Semur ayam (sebelum diiradiasi)	4,50 x 10 ²
Kari ayam (sebelum diiradiasi)	2,10 x 10 ²
Sesudah makanan siap saji diiradiasi 45kGy dan disimpan 18 bulan pada suhu ruang	0

*Rata-rata 3 ulangan

Tabel 4. Nilai TPC makanan siap saji asal daging sapi sebelum dan sesudah iradiasi dengan dosis 45 kGy

Bahan yang diperiksa	Total plate count (TPC) (CFU/g)*
Daging sapi sesudah pencucian dengan air kran	1,3 x 10 ³
Rendang (sebelum diiradiasi)	2,0 x 10 ²
Empal (sebelum diiradiasi)	7,7 x 10 ²
Semur (sebelum diiradiasi)	1,2 x 10 ²
Sesudah makanan siap saji diiradiasi 45kGy dan disimpan 18 bulan pada suhu ruang	0

*Rata-rata 3 ulangan

Tabel 5. Nilai TPC dan TMYC berbagai sup yang telah diiradiasi dan disimpan pada suhu 4°C selama 3 minggu

	Dosis iradiasi (kGy)	Rawon	Sup Buntut	Sup ayam + sayuran	Sup ayam + jagung
<i>Total plate Count (TPC) (CFU/gr)*</i>	0	3,7 x 10 ³	4,6 x 10 ³	7,6 x 10 ³	6,1 x 10 ³
	1	8,5 x 10 ²	2,4 x 10 ²	2,9 x 10 ³	1,5 x 10 ³
	3	1,4 x 10 ²	1,7x 10 ²	1,4 x 10 ²	1,6 x 10 ²
	5	0	0,6 x 10 ²	0,7 x 10 ²	0,4 x 10 ²
	7	0	0	1,8 x 10	4,0 x 10
<i>Total Mould and Yeast Count (TMYC) (CFU/gr)*</i>	0	1,9 x 10 ³	3,0 x 10 ³	4,1 x 10 ³	3,4 x 10 ³
	1	1,0 x 10 ²	1,5 x 10 ²	2,7 x 10 ³	1,4 x 10 ³
	3	0	1,3 x 10 ²	1,5 x 10 ²	1,2 x 10 ²
	5	0	0,5 x 10 ²	0,6 x 10 ²	0,5 x 10 ²
	7	0	0	1,2 x 10	0

*Rata-rata 3 ulangan

Menurut IRAWATI *et al.* (2000), penggunaan radiasi pada dosis 45 kGy pada makanan siap saji serupa asal daging ayam dan daging sapi, dapat disimpan selama 12 jam, tanpa mempengaruhi rasa dan kualitas makanan. Penelitian pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap berbagai makanan yang terbuat dari daging, ikan, sayuran, juga telah diteliti dengan hasil serupa sebagaimana yang dilaporkan oleh BRUYN *et al.*, (2003), CHANDER *et al.* (2003) dan NOOMHORM *et al.* (2003). Penggunaan dosis tinggi, iradiasi dapat mengurangi ketergantungan pada makanan yang harus disimpan dalam kondisi dingin, yang memerlukan energi listrik dan semacamnya. Pemakaian dosis radiasi dengan dosis rendah (di bawah 10 kGy), biasanya merupakan iradiasi pasteurisasi pada suhu dingin atau suhu ruangan (WHO, 1999).

KESIMPULAN

Iradiasi sinar gamma dengan dosis 45kGy dalam kondisi *cryogenic* (-79°C) terbukti dapat menghilangkan bakteri pembentuk spora *Cl. sporogenes*, dan bakteri kontaminan lainnya dalam makanan siap saji asal daging ayam (opor, semur, kari) dan daging sapi (rendang, empal dan semur). Iradiasi dengan dosis 5 – 7 kGy dalam kondisi *cryogenic* (-79°C) dapat menurunkan jumlah bakteri, kapang dan khamir secara nyata dalam berbagai sup siap saji (rawon, sup buntut, sup ayam dan sayuran, sup ayam dan jagung). Penentuan dosis minimum yang diperlukan (*minimum required dose*, MRD) untuk iradiasi sterilisasi perlu dilakukan untuk setiap makanan tertentu, agar iradiasi memberikan jaminan keamanan pangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan pada International Atomic Energy Agency yang telah menyediakan dana untuk terlaksananya penelitian ini. Kepada semua personil di laboratorium Bakteriologi BBALITVET maupun di laboratorium BATAN, kami mengucapkan terima kasih atas semua bantuan teknis yang telah diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- BARROW, G.I. and R.K.A. FELTHAM. 2003. Cowan and Steel's: Manual for the identification of medical bacteria. 3rd Ed. Cambridge University Press. Melbourne.
- BRUYN, I.N. and B.E. DE VILLIERS. 2003. Part 1. Experimental sterilization dose required for shelf stable beef casserole. IAEA-TEC -DOC. 1337 pp: 116-123.
- CHANDER, R., S.P. CAHWLA and S.R. KANATT. 2003. The role of irradiation on microbiology safety and shelf-life extension of nonsterile and sterile convenience meat products stored at ambient temperatures. IAEA –TEC-DOC. 1337. pp. 153-166.
- DUNCAN, C.L. and D.H. STRONG. 1968. Improved medium for sporulation of *Clostridium perfringens*. *Appl. Microbiol.* 16: 82-89.
- FARKAS, J., I. KISS and E. ANDRASSY. 1967. The survival and recovery of irradiated bacterial spores as affected by population density and some external factors. *In: Radiosterilization of Medical Products*. Vienna International Atomic Energy Agency. pp. 343-354.
- FARKAS, J. 1988. Irradiation of dry food ingredients. Boca Raton. FL. CRC Press. Florida.
- FARKAS, J., E. ANDRASSY and K. HORTI. 1992. Combined effects of physical treatments and sporostatic factors on *Clostridium sporogenes* spores: Combined effects of gamma irradiation, heat treatment, reduced a_w and reduced pH in canned luncheon meat. *Acta Alimentaria.* 21: 49-66.
- IRAWATI, Z., L. NATALIA, C.M. NURCAHYA and F. ANAS. 2003. Irradiation to ensure the safety and quality of home style frozen foods: 1. Liquid ase materials, Proceedings of National Seminar XII: Chemistry in Industry and the Environment. Santika Hotel. Yogyakarta. Indonesia 16-17 December 2003. pp: 240-252.
- IRAWATI, Z., M.A. MAHA, N. ANSORI, C.M. NURCAHYA and F. ANAS. 2000. Development of shelf stable food fish pepes, chicken and meat dishes through radiation processing. *in: Radiation processing, shelf stable and ready to eat food*. Proc. of final research Coordination Meeting. Canada, 10-14 July 2000. pp. 85-99.
- LEVETT, P.N. 1991. Anaerobic Microbiology. A Practical approach. D. Rickwood and B.D. Hames (Eds.). IRL Press. Oxford. pp. 13-26.
- NOOMHORM, A., P. VONGSAWASDI, C. IMPRASIT, J. YAMPRAYOON, P. SISISOONTARALAK, M.E.A. INGLES and A. ADULPICHIT. 2003. Impact of irradiation on the quality of processed meat and fishery products. IAEA-TEC-DOC. 1337. pp. 167-193.
- STANDARD ASSOCIATION of AUSTRALIA. 1991. General procedures and techniques colony count pour plate method. Australian Standard. North Sydney.
- VANDERZANT, C. and SPLITTSTOESSER. 1995. Compendium of Methods of the Microbiological Examination of Foods. The American Public Health Association. Washington D.C. pp. 2005-.
- WIERBICK, E. 1981. Technological feasibility of preservation of meat, poultry and fish products using a combination of conventional additives, mild heat treatment and irradiation. *In: Combination processes in food radiation*. Vienna, International Atomic Energy Agency. pp. 181-203.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. 1995. Shelf-stable foods through irradiation processing (IAEA TECDOC-843) IAEA. Vienna. Austria.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. 1999. High-Dose Irradiation:
Wholesomeness of food irradiated with doses above 10

kGy. Report of a joint FAO/IAEA/WHO Study Group.
WHO Technical Report Series. 890. Geneva. pp: 49-76.