

STATUS LITBANG PANGAN OLAHAN SIAP SAJI IRADIASI ^{*)}

Rindy Panca Tanhindarto ^{**) dan Zubaidah Irawati ^{**)*)}}

ABSTRAK

STATUS LITBANG PANGAN OLAHAN SIAP SAJI IRADIASI. Aplikasi radiasi pengion pada dosis sedang terhadap produk hewani dalam bentuk segar dan nabati dalam bentuk kering atau beku, serta aplikasi dosis tinggi pada pangan olahan siap saji merupakan upaya untuk meningkatkan keamanan, mempertahankan kualitas sekaligus memperpanjang masa simpan bahan pangan tersebut. Pemerintah Indonesia telah memberikan izin penggunaan teknik iradiasi pangan untuk tujuan komersial yang dijabarkan dalam peraturan Menteri Kesehatan Nomor 701/MENKES/PER/VIII/2009 yang sekaligus menggantikan peraturan pangan iradiasi sebelumnya. Secara teknis aplikasi teknologi radiasi untuk jenis pangan olahan siap saji masih terbatas, dan sampai saat ini belum diimplementasikan secara komersial di Indonesia. Penyebaran informasi kepada masyarakat tentang aplikasi teknologi iradiasi khususnya pada produk tersebut masih perlu dilaksanakan secara intensif, sehingga dapat lebih dimanfaatkan untuk beberapa keperluan, khususnya peningkatan keamanan dan ketahanan pangan, baik menggunakan dosis dibawah 10 kGy (*Clean diet*) maupun dosis tinggi (diatas 10 kGy) (*Steril food*) untuk memenuhi kebutuhan kelompok masyarakat tertentu terutama untuk didistribusikan pada suhu kamar.

Kata kunci : pangan iradiasi, keamanan pangan, pangan olahan siap saji, radiasi pengion

ABSTRACT

PRESENT STATUS ON RESEARCH AND DEVELOPMENT OF IRRADIATION READY TO EAT FOOD. Application of ionizing radiation at medium dose into fresh meat products and dry or frozen fresh vegetables, and also the high dose application into ready to eat food are efforts to increase the safety, maintain the quality and prolong the shelf life of the food. The government of Indonesia has permitted the use of radiation techniques for commercial purposes which is explained in the regulation of Minister of Health number 701/MENKES/PER/VIII/2009 replacing previous regulation. The application of radiation technology into ready to eat food is still technically limited. Until recent time, there is no commercial implementation available in Indonesia. The dissemination of information to society about technology application of irradiation into particular commodities is has to be conducted intensively. This it can be useful for several purposes, particularly for improving food safety and security through both the using of dose under 10 kGy and high dose (above 10 kGy) in order to meet the requirement of certain society group, especially to be distributed at room temperature.

Keyword: food irradiation, food safety, ready to eat food, ionizing radiation.

^{*)} Disampaikan pada Simposium, Pameran dan Sesi Khusus hasil litbang Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi (APISORA 2010), Jakarta 27-28 Oktober 2010.

^{**)*)} Peneliti pada Kelompok Bahan Pangan, Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi - BATAN, Jl. Lebak Bulus Raya No. 49 - Pasar Jumat, Jakarta Selatan 12070. Kotak Pos 7002 JKSKL.

I. PENDAHULUAN

Makanan siap saji dapat dikelompokkan sebagai bahan pangan yang mudah rusak karena sifat-sifat alami yang dimilikinya. Di dalam proses pengolahan makanan siap saji mudah sekali tercemar oleh mikroba penyebab pembusukan. Adapun tantangan yang dihadapi oleh industri pangan olahan siap saji adalah bagaimana memperpanjang umur simpan produk, termasuk mutu yang terjamin dan mempertahankan citarasa.

Masalah utama yang sering timbul pada makanan olahan siap saji adalah terkontaminasi saat pengolahan karena sanitasi yang kurang baik, seperti mikroba pembusuk serta mikroba yang bersifat patogen dan pemakaian bahan kimia untuk pengawet yang umumnya bisa berbahaya bagi kesehatan sehingga tidak dianjurkan.

Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) sebagai lembaga Non Departemen dengan Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi (PATIR) yang berlokasi di Pasar Jumat, Jakarta Selatan, memiliki tugas pokok yaitu mengembangkan dan aplikasi terhadap isotop dan radiasi melalui penelitian dan pengembangan. Salah satunya Bidang Proses Radiasi, dengan Kelompok Bahan Pangan yang mempunyai program kegiatan rencana strategisnya yaitu aplikasi teknologi radiasi yang baik untuk keamanan dan pengawetan bahan pangan segar, kering dan olahan siap saji. Sedangkan penggunaan teknologi radiasi diimplementasikan pada aspek sanitary terhadap bahan pangan.

Data statistik yang akurat mengenai kasus keracunan makanan di negara berkembang belum juga tersedia sampai saat ini, meskipun Kejadian Luar Biasa (KLB) seperti diare bahkan sampai kematian masih sering terjadi [1-4]. Di negara maju, kasus keracunan sering terjadi akibat mengkonsumsi bahan pangan mentah seperti salad yang terkontaminasi bakteri patogen. Kontaminasi pada sayuran mentah dapat berasal dari habitat tempat tumbuh dan lingkungannya [5]. Jenis bakteri *Escherichia coli*, *E.coli* O157:H7, *Staphylococcus aureus*, bakteri coli dan *Salmonella spp* seringkali mencemari sayuran dan bebuahan, sehingga dapat menyebabkan kematian bagi konsumennya [6].

Radiasi pengion dosis sedang (2-10 kGy) merupakan teknologi non *thermal* yang telah digunakan untuk mengeliminasi mikroba patogen dan parasit penyebab penyakit (*foodborne illness*) pada komoditi pangan kering dan beku [7-8]. Teknologi radiasi pengion pada dosis 5-7 kGy yang dikombinasikan dengan perlakuan lain dapat pula diterapkan pada produk olahan [9-11]. Produk kering seperti pada jamur shiitake dan jamur kuping dengan tujuan untuk meningkatkan keamanan dan memperpanjang masa simpan pangan tersebut, sedangkan pada dosis tinggi (45 kGy) diaplikasikan untuk

mensterilkan berbagai jenis pada produk pangan olahan siap saji berbasis resep tradisional [12]. Perhatian dan ketersediaan pangan yang higienis, bermutu tinggi serta aman dikonsumsi oleh sekelompok masyarakat dengan keperluan khusus seperti haji, *offshore* dan juga pasien rumah sakit yang memiliki daya imun rendah sampai saat ini pun masih sangat minim. Pasien HIV/AIDS merupakan sekelompok pasien yang rentan terinfeksi oleh mikroba akibat mengonsumsi pangan siap saji yang kurang higienis baik pada saat pengolahan maupun saat penyajian. Oleh karena itu, diperlukan jenis pangan siap saji yang lebih higienis, namun tetap aman dan bermutu guna membantu memperbaiki kualitas kehidupannya [13-14].

Hasil penelitian makanan olahan siap saji di dalam kemasan yang dilaminasi dan divakum dapat disterilkan serta diawetkan dengan teknologi non *thermal* [15-16] seperti iradiasi sinar gamma pada dosis antara 25- 45 kGy yang dikombinasi dengan suhu rendah (-79°C) selama proses pengolahan berlangsung [14-17]. Teknik iradiasi tersebut mampu menginaktivasi bakteri patogen termasuk bakteri berspora, sehingga dapat menghasilkan produk yang steril dan berkualitas serta tanpa mengurangi cita rasanya.

Di Indonesia, telah dilakukan penelitian iradiasi pada berbagai jenis makanan berbasis ikan, daging dan unggas. Komoditi tersebut masing-masing diolah menjadi makanan siap saji seperti pepes ikan mas, rendang sapi, opor dan kare ayam. Setiap jenis produk olahan kemudian dikemas di dalam kantung laminasi PET/*Al-foil*/LLDPE dalam kondisi vakum 80%, kemudian disterilkan dengan radiasi pengion pada dosis 45 kGy dalam kondisi beku (-79°C), selanjutnya disimpan pada suhu 28-30°C. Produk steril tersebut dapat bertahan selama 1,5 tahun tanpa mengalami penurunan kualitas dan nilai gizi yang berarti. [12-18].

Walaupun di industri telah menerapkan *Hazard Analysis Critical Control Point* (HACCP) yang merupakan bagian dari *Good Manufacturing Practices* (GMP) sebagai suatu upaya dalam pengendalian mutu suatu proses produksi. Namun pada kenyataannya produk makanan siap saji Indonesia masih belum dapat memenuhi kriteria dan standar kualitas yang telah dipersyaratkan. Inaktivasi mikroba penyebab menurunnya kualitas dan tingkat keamanan produk makanan siap saji dapat dilakukan melalui proses fisika antara lain pendinginan, pemanasan dan iradiasi

Teknologi radiasi telah di implementasikan di Indonesia sejak tahun 1987. Iradiasi pada bahan pangan dapat dimanfaatkan untuk tujuan tertentu antara lain menunda pertunasan, memperpanjang umur simpan komoditas bahan pangan, membunuh

serangga, dekontaminasi kandungan mikroba dan membunuh mikroba patogen bahkan mensterilkan bahan pangan secara sempurna.

Dalam rangka mewujudkan implementasi teknologi tersebut, PATIR sudah melakukan kegiatan litbang dan kerjasama litbang dengan berbagai pihak *stakeholder* pangan, baik itu dengan lembaga penelitian, perguruan tinggi negeri, swasta, maupun industri. Oleh karena itu, pendekatan yang perlu ditingkatkan sampai saat ini antara lain berupa pemberian informasi secara langsung melalui sosialisasi, diskusi, ceramah atau seminar, dan publikasi semi populer.

Bagi Indonesia peluang untuk memanfaatkan teknologi radiasi untuk pengawetan bahan pangan, khususnya makanan siap saji terbuka luas. Akan tetapi peluang ini belum dimanfaatkan oleh dunia usaha secara optimal. Langkah-langkah nyata perlu didiskusikan dalam pertemuan ini kegiatan usaha di sektor makanan olahan siap saji yang mampu memainkan peran yang signifikan dalam menghadapi tantangan ekonomi yang semakin ketat.

Dalam makalah ini, akan disampaikan peran dan status status litbang pangan siap saji iradiasi di Indonesia, khususnya peningkatan keamanan dan ketahanan pangan.

II. HASIL LITBANG PANGAN SEGAR, KERING DAN OLAHAN SIAP SAJI IRADIASI

Informasi ilmiah tentang pangan iradiasi sudah banyak dipublikasikan secara internasional dan dapat dipantau jaringan elektronik dari situs Web-IAEA melalui (<http://www.iaea.org/icgfi>) dan untuk situs Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi (PATIR) BATAN yaitu <http://www.batan.go.id> [19-22].

Perkembangan 5 tahun terakhir hasil litbang pangan siap saji iradiasi antara lain pepes ikan, pepes ayam, opor ayam, rendang daging sapi dan bandeng asap telah memberikan potensi, peluang dan tantangan dalam diversifikasi pengembangan makanan olahan siap saji.

Dalam perpektifnya pangan siap saji iradiasi, yaitu dengan menerapkan standar proses radiasi pada pangan siap saji secara benar dan terkontrol dapat memperpanjang masa simpan semua produk tersebut sehingga dapat dikonsumsi dengan aman tanpa menurunkan secara nyata kualitas rasa dan aroma yang mengacu pada standar internasional sehingga berpeluang untuk pasar ekspor. Sedangkan keunggulan inovasi antara lain produk lebih higienis bahkan steril tanpa mengalami penurunan nilai gizinya,

diproses tanpa tambahan bahan pengawet dan dapat disimpan pada suhu kamar, pada jangka waktu penyimpanan tertentu nilai cita rasa semakin meningkat dibandingkan dengan produk yang tidak diiradiasi, tampilan fisik (warna, bau, dan cita rasa) produk tidak berubah, proses yang cukup cepat, ekonomis, dan efektif. Adapun potensi aplikasinya pangan siap saji iradiasi dapat digunakan antara lain untuk makanan tanggap darurat dan untuk memenuhi kebutuhan kelompok masyarakat tertentu.

Dari beberapa hasil litbang dengan pengamatan mengacu kepada Standar Nasional Indonesia. Iradiasi dosis sedang untuk makanan olahan kering seperti jamur kering yang dikemas secara vakum dalam kantung plastik Polipropilen (PP) dan diiradiasi dengan dosis 5 kGy dapat dipertahankan kualitasnya sampai bulan ke-3, sedangkan pada kontrol hanya dapat bertahan selama 2 bulan. Sedangkan keamanan pangan olahan siap saji seperti pepes ikan mas, rendang sapi dan semur sapi yang dibuat berdasarkan dengan gizi berimbang dan steril, di kemas di dalam kantung laminasi Poliester/*Al-foil*/LLDPE, divakum 80%, dan diiradiasi dengan dosis 45 kGy. Produk tahan sampai 1,5 tahun pada suhu kamar (28-30°C) [23].

Uji toksisitas telah dilakukan, secara intensif yaitu uji *in vitro* pada pepes ikan mas dan rendang daging sapi yang diiradiasi dengan dosis 45 kGy dalam kemasan vakum PET/*Al-foil*/LLDPE dengan masa simpan 1-2 tahun. Pengamatan dilakukan terhadap uji proliferasi sel limfosit, hemolisa eritrosit, uji kapasitas antioksidan, dan uji pembentukan radikal bebas. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pangan siap saji yang diiradiasi dengan dosis 45 kGy dan disimpan sampai dengan 1,5 tahun tidak menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap mutu keseluruhan dibandingkan kontrol sampel segar [24].

Sampel rendang steril iradiasi yang diuji terdiri dari 4 macam yang berbeda waktu pembuatan dan sudah disimpan selama 6-18 bulan pada suhu 28-30°C. Hasil yang diperoleh pada uji proliferasi sel limfosit menunjukkan bahwa baik pada kontrol, maupun pada seluruh sampel yang diiradiasi tidak menyebabkan terjadinya proliferasi limfosit secara nyata. Uji yang lainnya dilakukan pula melihat laju hemolisa dari seluruh sampel yang diamati. Hasilnya menunjukkan bahwa tidak menyebabkan peningkatan laju hemolisa ataupun hemolisa pada eritrosit secara nyata. Hasil pengujian kapasitas antioksidan sampel rendang yang diiradiasi lebih tinggi dibanding kontrol sedangkan perlakuan iradiasi tidak meningkatkan pada kadar malonaldehida rendang yang diteliti [25]. Uji secara *in vivo* telah dilakukan pula terhadap tikus putih *Sprague Dawkey* dan

hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa jenis pangan olahan iradiasi tidak menghasilkan penyimpangan klinis pada tikus yang diamati [26]

III. HASIL KERJASAMA YANG DICAPAI PANGAN OLAHAN SIAP SAJI IRADIASI

Adapun yang sudah dicapai dari kegiatan pangan olahan siap saji telah mendapatkan kegiatan kerjasama penelitian dan pengembangan, baik dalam skala nasional maupun internasional. Kerjasama litbang khususnya teknologi radiasi pangan olahan siap saji mempunyai arti penting guna meningkatkan kesejahteraan masyarakat pada umumnya.

Hasil kegiatan kerjasama litbang yang telah dicapai antara lain : dari RISTEK kegiatan litbang pangan olahan siap saji telah mendapatkan program insentif peningkatan kapasitas IPTEK sistem produksi, dengan judul yaitu penelitian uji transportasi dan distribusi antar kota skala semi pilot pangan olahan dan siap saji berbasis nabati dan hewani iradiasi dosis sedang [27] dan dari DIKTI telah mendapat *Block Grant* di tahun 2009, dengan judul aplikasi radiasi pengion pada bahan pangan segar, kering, dan siap saji untuk tujuan keamanan dan pengawetan [23], masing-masing kegiatan baik program insentif maupun *Block Grant* diperoleh selama 2 periode [23]. Kerjasama dengan pihak industri tentang aplikasi teknologi radiasi pada pangan olahan siap saji dalam kemasan antara lain telah terwujud dengan bentuk kerjasama nomor 1444/KS 00 02/VII/2010 dengan perusahaan tahu di Bogor [28] dan perusahaan Bandeng Jawa Timur Indonesia nomor 1580/KS 00 02/VIII/2010 [29]. Selanjutnya pangan olahan siap saji iradiasi juga termasuk dalam penghargaan 102 Inovasi Indonesia dari Ristek [30].

Untuk kerjasama internasional, pangan olahan siap saji iradiasi terlibat dalam kegiatan dalam bentuk program IAEA-RCA RAS 5/046 dari IAEA yang beranggotakan 14 negara regional Asia dan Pacific [31]. Disamping itu, kegiatan litbangnya telah mendapat dukungan dari IAEA dalam bentuk *Research Contract* (RC) kode IAEA RC 15760/Ro dengan kompetisi internasional yang diberikan kepada 17 negara dari anggota IAEA. Untuk program RC dimulai dari tahun 2010 sampai 2014 [32].

Hasil capaian lainnya diluar kegiatan litbang, pangan olahan siap saji iradiasi telah berpartisipasi dalam salah satu kegiatan amal penanggulangan bencana di Sumatera Barat, di tenda Tanjung Raya, Kabupaten Agam pada tahun 2009. Kegiatan ini merupakan contoh sebagai bentuk kegiatan tanggap darurat dalam menghadapi bencana.

Namun demikian, hasil-hasil yang telah dicapai melalui serangkaian kegiatan penelitian telah dilengkapi dengan data teknis laboratorium dan diusulkan sebagai acuan dan standar bagi industri yang berminat untuk melakukan transfer teknologi pangan olahan siap saji steril iradiasi gamma mendapatkan izin (legalisasi) dari Badan POM.

IV. PERATURAN PERUNDANG – UNDANGAN PANGAN IRADIASI DI INDONESIA

Setiap pangan iradiasi yang beredar di wilayah Indonesia harus memenuhi persyaratan keamanan, mutu serta gizi pangan dan untuk memastikan terdapatnya tingkat keamanan yang diperlukan, maka pemerintah telah mengundang peraturan, mengenai pangan yang diiradiasi.

Namun demikian, dengan kemajuan teknologi di bidang pangan iradiasi sebagai proses pengawetan, mempertahankan kualitas dengan meningkatkan keamanan bahan pangan telah diatur di dalam *Codex Alimentarius Rev.-1* tahun 2003 [33] yang menyatakan bahwa bahan pangan yang diiradiasi dengan dosis diatas 10 kGy tetap dapat dikonsumsi karena tidak mengalami penurunan kualitas sensori dan nutrisi bahan pangan yang disinari [34-35].

Pada tahun 2009 peraturan tentang pangan iradiasi telah diperbaharui serta memuat tambahan jenis komoditi pangan yang diijinkan dan telah di tanda tangani oleh Menteri Kesehatan RI Nomor 701/ MENKES/PER/ VIII/2009, yang tersaji pada Lampiran 1 [36]. Peraturan ini, menggantikan peraturan MenKes Nomor 826/MENKES/PER/ XII/1987 dan Nomor 152/MENKES/SK/II/1995. Disamping itu, peraturan ini juga sudah mengatur tentang pelabelan pangan di Indonesia yang sebelumnya diatur dalam Peraturan Pemerintah RI Nomor 69 tahun 1999 dan khusus mengenai pangan iradiasi diatur pada pasal 34. Adapun logo yang menunjukkan bahwa produk pangan telah diiradiasi dapat dilihat pada Gambar 1. Sedangkan tahun 2004 Badan POM telah mengeluarkan 10 buku berseri tentang pedoman cara iradiasi yang baik secara umum yang berdasarkan kelompok pangan [37], yang berguna memperkuat pendukung bagi masyarakat penggunaan teknologi yang akan mengajukan ijin edar ke Badan POM RI, khususnya untuk keperluan komersial.



Gambar 1. Logo Pangan Iradiasi

Peraturan-peraturan yang memuat aturan dan tata tertib pada standar prosedur operasional pangan iradiasi merupakan landasan hukum yang kuat dan harus dipatuhi oleh siapapun yang hendak menggunakan teknologi radiasi.

PENUTUP

Secara umum telah dilakukan pengujian dan uji coba pangan olahan siap saji iradiasi melalui pameran, seminar dan kunjungan, hasilnya mendapat respon positif dari masyarakat. Teknologi ini diharapkan dapat membantu meningkatkan kesejahteraan manusia, pada berbagai bidang termasuk industri pangan Usaha Kecil Menengah. Diharapkan dalam pertemuan ini, akan muncul semangat kebersamaan, baik itu di antara instansi pemerintah, industri dan konsumen (masyarakat) bahwa teknologi radiasi dapat dipakai dalam industri dan prospek dari pemakaian iradiasi dalam menunjang aspek keamanan pangan dan memperpanjang masa simpan bahan pangan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

1. LOAHARANU, P. *Global status on acceptance and application of food irradiation*, dibawakan di Forum Komunikasi Nasional “Teknologi Alternatif untuk meningkatkan Keamanan & Mutu Pangan dengan Iradiasi”, Jakarta 4 November (2002).
2. SPARRINGA, R.A. *Investigasi Kejadian Luar Biasa (KLB) keracunan pangan di Indonesia: masalah dan saran pemecahannya*, dibawakan pada Pertemuan Ilmiah Tahunan 2003, Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia, Bandung 29-30 Agustus (2003).
3. KEERATIPIBUL, S. *Implementation of HACCP in food industries*, dibawakan pada Seminar Sehari Mikrobiologi Pangan, Jakarta 30 Juni (2005).
4. RATIH, D.H. Bakteri indikator keamanan air minum, *Harian Kompas* 29 Juni (2003) hal 22.

5. DARMOSUWITO, S. MARTANI, E. Pemeriksaan mikrobiologi beberapa sayuran di Yogyakarta dan sekitarnya. Mikrobiologi di Indonesia Kumpulan makalah Kongres Nasional Mikrobiologi ke III, Jakarta 26-28 November 1981; (1983). hal 91-93.
6. ANONYMOUS. *The Co-Ordinated Research Programme on "Use of Irradiation to Hygienic Quality of Fresh, Pre-Cut Fruits and Vegetables and Other Minimally Processed Food of Plant Origin"*. Report of 1st FAO/IAEA Research Co-Ordination Meeting, Rio de Janeiro, 5-9 Nov. (2001). p. 1-3.
7. DEPKES RI. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.152/MENKES/SK/II/1995 tentang Perubahan Atas Lampiran Peraturan Menteri Kesehatan No. 826/MENKES/PER/XII/1987 mengenai Makanan Iradiasi (1995).
8. KADIR, I., HARSOJO, IRAWATI, Z. Pengaruh iradiasi terhadap jamur merang dan jamur tiram kering, Pros. Lap Teknis PATIR 2005, PATIR BATAN, Jakarta (2006).
9. NKETSIA-TABIRI, J., ADU-GYAMFI, A. and APEA BAH, F. *Irradiation of prepared meals for microbiological safety and shelf-life extension, Final FAO/IAEA Research Coordination Meeting (RCM) of the Coordinated Research Project on "Irradiation to Ensure the Safety and Quality of Prepared Meals"*, Beijing, China 22 -26 May (2006).
10. NOOMHORM, A., SIRISOONTARALAK, P., KOOMSANIT, T., PUNG, K., THEAMHONG, T., SRISAWAS, W., VONGSAWASDI, P. and VITITTHEERANON, A. *Use of irradiation to improve the safety and quality of Thai prepared meal, Final FAO/IAEA Research Coordination Meeting (RCM) of the Coordinated Research Project on "Irradiation to Ensure the Safety and Quality of Prepared Meals"*, Beijing, China 22 -26 May (2006).
11. IRAWATI, Z., NURCAHYA, C. M and LUBIS, I. *Irradiation to ensure the safety and shelf-life extension of traditional ready to eat meals : Arem-arem, Presented at International Conference on investing in food quality, safety and nutrition, Lessons learned from current food crisis, South East Asia Food and Agricultural Science and Technology Center, Jakarta 27-28 October (2008). to be published.*
12. IRAWATI, Z., MAHA,M., ANSORI,N., NURCAHYA,C.M. and ANAS,F., *"Development of shelf-stable foods fish pepes, chicken and meat dishes through radiation processing"*, Radiation processing for safe, shelf-stable and ready to eat food, *Proceedings of a final Research Co-ordination Meeting held in Montreal, Canada, 10-14 July 2000, IAEA-TECDOC-1337, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria (2003) p. 85-99.*
13. NARVAIZ, P., GIMENEZ, P., HORAK, E., PIETRANERA, M.A., KAIRIYAMA, E., GRONOSTAJSKI, D. and RIBETTO, A.M. *Feasibility of obtaining safe, shelf-stable, nutritive and more varied whole rations of immunosuppressed patients by gamma irradiation, Proceedings of a final Research*

Co-ordination Meeting held in Montreal, Canada, 10-14 July 2000, IAEA-TECDOC-1337, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria (2003) p. 62 - 84.

14. DE BRUYN. *Prospects of radiation sterilization of shelf-stable food, in : Irradiation for Food Safety and Quality.* LOAHARANU, P. and THOMAS, P. (eds.) *Proceedings of FAO/IAEA/WHO International Conference on Ensuring the Safety and Quality of Food through Radiation Processing*, Technomic Publishing Co., Inc., Lancaster, Pennsylvania, USA (2001) p. 206 -216.
15. HARUVY, Y., and DESCHENES, L. *Packaging quality assurance guidance manual model for safe, shelf-stable, ready-to-eat food through high-dose irradiation, Radiation processing for safe, shelf-stable and ready to eat food, Proceedings of a final Research Co-ordination Meeting held in Montreal, Canada, 10-14 July 2000, IAEA-TECDOC-1337, International Atomic Energy Agency, Vienna 238-257 (2003).*
16. ANONYMOUS. *Shelf-stable foods through irradiation processing.* IAEA-TECDOC-843, *Report prepared by the Food Preservation Section, Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture, IAEA, Vienna (1995).*
17. ANONYMOUS. *High Dose Irradiation : wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy*, Report of joint FAO/IAEA/WHO Study group, WHO Technical Report Series No. 890, WHO, Geneva, Switzerland (1999).
18. IRAWATI, Z., NATALIA, L., ANSORI, N., NURCAHYA, C.M., ANAS, F. and SYAFARUDIN, M. 2003^b. *“Inoculation packed studies on the shelf-stable food products: I. Effects of gamma irradiation at 45 kGy on the survival of Clostridium sporogenes spores in the foods (preliminary results)”*, Radiation processing for safe, shelf-stable and ready to eat food, *Proceedings of a final Research Co-ordination Meeting held in Montreal, Canada, 10-14 July 2000, IAEA-TECDOC-1337, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria. p.100-115.*
19. TANHINDARTO, R.P. dan IRAWATI, Z. Status litbang pengawetan makanan menggunakan radiasi pengion. *Prosiding Temu Ilmiah Jaringan Kerjasama Kimia Indonesia. Seminar Nasional XIV Kimia dalam Industri dan Lingkungan. Yogyakarta, 13-14 Desember (2005). hal. 132-138.*
20. TANHINDARTO, R.P. dan IRAWATI, Z. Pemanfaatan teknologi radiasi dalam pengawetan makanan, *Disajikan pada Stadium General Fisika IPB 2002 dengan tema Commercial Irradiation in Food Processing, Bogor 18 Mei (2002).*
21. IRAWATI, Z., RINDY P. TANHINDARTO, WIDJANG H. SISWORO. Status litbang dan pemanfaatan teknologi radiasi pada produk perikanan, *Makalah disajikan pada Forum Komunikasi Nasional Iradiasi Produk Perikanan dalam Rangka Meningkatkan Jaminan Keamanan Pangan, Jakarta 10 Sptember (2001).*

22. IRAWATI, Z., Aplikasi akselerator elektron untuk pengawetan makanan, Disajikan pada Batan Accelerator School 2004 di Puslitbang Teknologi Maju-Batan, 7-18 Juni (2004).
23. IRAWATI, Z., Aplikasi radiasi pengion pada bahan pangan segar, kering, dan siap saji untuk tujuan keamanan dan pengawetan. Laporan Teknis Block Grant, PATIR BATAN (2009).
24. IRAWATI, Z., Aspek Keamanan Pangan : Uji Toksisitas Pangan Siap Saji Steril Radiasi Secara *In Vitro*. Laporan Teknis PATIR BATAN (2008).
25. IRAWATI, Z., PERTIWI, K., dan ZAKARIA, F.R., Pengaruh Ekstrak Rendang Iradiasi Dosis Tinggi Terhadap Kapasitas Antioksidan, Proliferasi Limfosit dan Hemolisis Eritrosit Manusia. Laporan Teknis PATIR BATAN (2009).
26. IRAWATI, Z. dan Sani, Y., *Feeding studies of radiation sterilization ready to eat foods on Sprague Dawkey rats: in vivo*. *J. Nat. Sci. Intl.* Akan dipublikasi pada *Natural Science International Journal Vol. 42 (2)*, Feb. 2012.
27. IRAWATI, Z., Uji transportasi dan distribusi antar kota skala semi pilot pangan olahan dan siap saji berbasis nabati dan hewani iradiasi dosis sedang. Laporan Teknis Program Insentif, PATIR BATAN (2009).
28. ANONIM. Perjanjian Kerja sama antara PATIR BATAN dan Perusahaan Tahu Yun Yi tentang aplikasi teknologi radiasi pada pangan olahan siap saji dalam kemasan Nomor 1444/KS 00 02/VII/2010 (2010).
29. ANONIM, Perjanjian Kerja sama antara PATIR BATAN dan Perusahaan Bandeng Juwana Indonesia tentang aplikasi teknologi radiasi pada pangan olahan siap saji dalam kemasan Nomor 1580/KS 00 02/VIII/2010 (2010).
30. ANONIM, Makanan Siap Saji Iradiasi.102 Inovasi Indonesia. BIC, Jakarta (2010). p. 26.
31. ANONIM, RAS 046 IAEA. Technical Report series BATAN, (2010)
32. ANONIM, Research Contract (RC) (RC 15760/Ro). *Development of safe ethnic foods irradiation for specific target groups including immuno-compromised patients*. 1st RCM-Vienna, 23-27 August, Technical Report series BATAN (2010).
33. ANONYMOUS, *Codex General Standard for Irradiated Foods* (Codex Stan 106-1983-Rev. 1-2003) Codex Alimentarius Commission, Geneva (2003).
34. DIEHL, J.F., *Safety of Irradiated Foods, Second edition, Revised and Expand*, Marcel Dekker, INC. New York, USA (1995).

35. MURRAY, T.K. *Nutritional aspects of food irradiation, in Recent advances in Food Irradiation*. ELIAS, P.S. and COHAN, A.J. (eds.). Elsevier Biomedical Press, The Netherlands (1983). p. 203-216.
36. ANONIM, Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, Nomor 701/MENKES/PER/VIII/2009 tentang Pangan Iradiasi, Departemen Kesehatan Republik Indonesia (2009).
37. ANONIM, Cara Iradiasi Pangan. Seri buku 1-10. Direktorat Standarisasi Produk Pangan, Deputi Bidang Pengawasan Keamanan Pangan dan Bahan Berbahaya, BPOM (2004).

Lampiran I. Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 701/Menkes/Per/VIII/2009

JENIS PANGAN , TUJUAN IRADIASI DAN DOSIS SERAP MAKSIMUM

NO	JENIS PANGAN	TUJUAN IRADIASI	DOSIS SERAP MAKSIMUM (kGy)
1.	Umbi lapis dan umbi akar	Menghambat pertunasan selama penyimpanan.	0,15
2.	Sayur dan buah segar (selain yang termasuk kelompok 1) dan	a. Menunda Pematangan. b. Membasmi serangga. c. Memperpanjang masa simpan. d. Perlakuan karantina*.	1,0 1,0 2,5 1,0
3.	Produk olahan sayur dan buah**	Memperpanjang masa simpan	7,0
4.	Mangga	Memperpanjang masa simpan	0,75 ♣
5.	Manggis	a. Membasmi serangga. b. Perlakuan karantina.	1,0 1,0
6.	Sereal dan produk hasil penggilingannya, kacang-kacang, biji-bijian penghasil minyak, polong-polong, buah kering	a. Membasmi serangga. b. Mengurangi jumlah mikroba.	1,0 5,0
7.	Ikan, pangan laut (seafood segar maupun beku).	a. Mengurangi jumlah mikroorganisme patogen tertentu**. b. Memperpanjang masa simpan. c. Mengontrol infeksi oleh parasit tertentu**.	5,0 3,0 2,0
8.	Produk olahan ikan, dan pangan laut	a. Mengurangi jumlah mikroorganisme patogen tertentu**. b. Memperpanjang masa simpan.	8 10
9.	Daging dan unggas serta hasil olahannya (segar maupun beku)	a. Mengurangi jumlah mikroorganisme patogen tertentu**. b. Memperpanjang masa simpan.	7,0 3,0

		c. Mengontrol infeksi oleh parasit tertentu**.	2,0
		d. Menghilangkan bakteri salmonella.	7,0
9.	Sayuran kering, bumbu, rempah, rempah kering (<i>dry herbs</i>) dan <i>herbal tea</i>	a. Mengurangi jumlah mikroorganisme patogen tertentu**.	10,0
		b. Membasmi serangga.	1,0
10.	Pangan yang berasal dari hewan yang dikeringkan.	a. Membasmi serangga.	1,0
		b. Membasmi mikroba, kapang dan khamir;	5,0
11.	Pangan olahan siap saji berbasis hewani***	Sterilisasi dan membasmi mikroba patogen termasuk mikroba berspora serta memperpanjang masa simpan	65

* Dosis serap minimum dapat disesuaikan untuk membasmi organisme pertunasan pengganggu tumbuhan/organisme pengganggu tumbuhan karantina, untuk lalat buah: 0,15 kGy.

♣ Dikombinasi dengan pencelupan dalam air hangat pada suhu 55°C selama 5 menit

** Dosis minimum dapat ditetapkan dengan mempertimbangkan tujuan perlakuan untuk menjamin mutu higienis pangan.

*** Wajib memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh institusi berwenang tentang iradiasi pangan dosis diatas 10 kGy