

LAPORAN TEKNIS 2017

88/AIR 4/OT 02 02/02/2018

**DOKUMEN TEKNIS IRADIASI UNTUK  
PENGAWETAN BAHAN PANGAN DAN  
KARANTINA PRODUK PERTANIAN**

**Rindy Panca Tanhindarto, Harsojo, Idrus Kadir, Deudeu Lasmawati,  
Indra Mustika Pratama, Indah Arastuti N, Hadian Iman Sasmita**



**PUSAT APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI  
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL  
2018**

LAPORAN TEKNIS 2017

88/AIR 4/OT 02 02/02/2018

**DOKUMEN TEKNIS IRADIASI UNTUK  
PENGAWETAN BAHAN PANGAN DAN  
KARANTINA PRODUK PERTANIAN**

Rindy Panca Tanhindarto, Harsojo, Idrus Kadir, Deudeu Lasmawati,  
Indra Mustika Pratama, Indah Arastuti N, Hadian Iman Sasmita


Mengetahui/Menyetujui

Kepala Bidang Proses Radiasi



Dr. Darmawan  
NIP. 19610108 198803 1 002

Kepala Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi



Totti Tjiptosumirat  
NIP. 19630830 198803 1 002

## ABSTRAK

Iradiasi untuk Pengawetan Bahan Pangan dan Karantina Produk Pertanian. Telah dilakukan penelitian pangan olahan dan produk segar. Sampel olahan (gudeg, krecek, tahu bacem) dibeli dari industri gudeg di Jakarta Selatan dan Bogor. Untuk hasil laut termasuk produk olahan rumput laut berupa karaginan dan alginat. Komoditas pertanian buah mangga, manggis dan salak dari Sleman Yogyakarta. Parameter yang diamati untuk keanekaragaman bakteri yang terdapat dalam gudeg, krecek, dan tahu bacem adalah jumlah total bakteri aerob, bakteri koli, *Escherichia coli*, dan uji organoleptik, serta untuk karagenan dan alginat dilakukan analisa sifat fisiko-kimia dan mikrobiologi. Sedang kegiatan fitosanitari diamati Organisme Pengganggu Tumbuhan Karantina (OPTK) dari dan ke suatu negara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada semua sampel yang diteliti terdapat bakteri aerob, bakteri koli dan *E. coli*. Bakteri aerob dan *E. coli* paling tinggi didapatkan pada krecek. *E. coli* yang berasal dari gudeg merupakan bakteri yang paling sensitif terhadap berbagai macam antibiotik. Setiap isolat *E. coli* terlihat mempunyai sensitivitas yang berbeda-beda terhadap antibiotik. Sedang iradiasi dosis 8 kGy pada gudeg dan krecek yang dikemas plastik mengindikasikan dapat disimpan masing-masing selama 2 bulan dan 1,5 bulan penyimpanan, sedang perlakuan tanpa iradiasi mempunyai umur simpan tidak lebih dari 2-3 hari. Hasilnya menunjukkan bahwa iradiasi 3 sampai dengan 6 kGy relatif tidak mengubah sifat fisiko-kimia karagenan dan alginat secara signifikan dibandingkan control, sehingga dapat mempertahankan kualitas gizi dan meningkatkan kualitas higienik karaginan dan alginat sebagai produk olahan rumput laut. Kegiatan fitosanitari, telah diketahui bahwa hama utama pada mangga selain lalat buah adalah *Sternocetus frigidus* yang menjadi kendala ekspor mangga Indonesia ke Australia. Dilaporkan untuk salak ekspor Indonesia banyak terserang hama lalat buah dan mendapat klaim dari negara pengimpor. Sedang survey yang dilakukan di kebun salak pondoh daerah Sleman, Yogyakarta adalah bahwa salak banyak terserang hama lalat buah, kutu putih dan jamur. Untuk hama kutu putih pada manggis, dosis lethal dengan perlakuan iradiasi gamma diperoleh pada dosis yang tinggi yaitu 1900 Gy, dengan dosis yang tinggi akan menyebabkan kerusakan pada buah manggis. Untuk perlakuan dengan iradiasi gamma pada hama kutu putih diperlukan dosis yang menyebabkan kemandulan pada serangga (dosis steril). Dosis yang menyebabkan kemandulan pada hama kutu putih adalah dosis 200 Gy.

Kata kunci: iradiasi pangan, sinar gamma, bakteri *E. coli*, peremajaan bakteri, keanekaragaman bakteri, gudeg, krecek, tahu bacem, alginat, karaginan, rumput laut manggis, kutu putih, salak, ekspor, karantina

## PENDAHULUAN

Makanan merupakan kebutuhan dasar manusia harus tersedia dalam jumlah yang cukup dan mutu yang baik untuk menunjang kelangsungan hidup umat manusia. Oleh sebab itu, masyarakat perlu dijamin dalam memperoleh pangan

yang bermutu dan aman dari kontaminan. Produk pangan segar, kering dan olahan yang ada cukup beraneka ragam terdapat di setiap daerah di Indonesia, serta tidak diproduksi disetiap tempat dan waktu. Implementasi dari teknologi pascapanen diperlukan tidak hanya untuk membuat bahan pangan lebih awet, tetapi bahan pangan bebas dari cemaran biologis, mikrobiologis serta kimia yang dapat mengganggu kesehatan atau KLB (kejadian luar biasa) dan dalam kondisi ekstrim dapat menyebabkan kematian bagi konsumen.

Teknologi iradiasi sudah terbukti dapat meningkatkan keamanan serta meningkatkan mutu dan memperpanjang masa simpan. Sejauh ini hasil yang telah dicapai BATAN dan secara teknis Pemerintah Indonesia melalui Kementerian Kesehatan telah memberikan ijin penggunaan teknik iradiasi pangan untuk tujuan komersial dari dosis rendah sampai tinggi yang dijabarkan dalam peraturan Menteri Kesehatan Nomor 701/MENKES/PER/VIII/2009. Hasil lain yaitu 10 buku cara iradiasi yang baik telah diterbitkan oleh Badan POM dan dari kaji mutu standar telah dihasilkan SNI pangan olahan siap saji yaitu SNI rendang; SNI 7764-:2012 Pangan iradiasi - Bagian I: rendang daging sapi steril. Hal ini merupakan hasil konkrit pemanfaatan hasil iptek BATAN.

Hasil penelitian terdahulu tentang proses radiasi dari dosis rendah sampai sedang (< 10 kGy) atau *Clean diet* terhadap kualitas pangan segar, kering, dan olahan sudah terbukti bahwa iradiasi dapat memperpanjang masa simpan, menurun total mikroba dan membunuh mikroba patogen secara total. Teknik ini merupakan bukti keunggulan dibanding dengan teknik konvensional yang ada. Proses radiasi mempunyai prospek yang baik, khususnya produk segar, kering, dan olahan dalam upaya meningkatkan pemberdayaan ekonomi masyarakat.

Masalah utama yang sering timbul pada produk pangan adalah masih tingginya tingkat kontaminasi mikroba. Walaupun di industri pangan telah menerapkan *Hazard Analysis Critical Control Point* (HACCP) yang merupakan bagian dari *Good Manufacturing Practices* (GMP) sebagai upaya dalam pengendalian mutu suatu proses produksi, namun pada kenyataannya pangan olahan masih belum dapat memenuhi kriteria dan standar kualitas yang dipersyaratkan oleh masyarakat, sehingga daya saing terhadap pasar global rendah.

Indonesia merupakan pemasok utama rumput laut dunia yaitu sekitar 60-70% kebutuhan pasar dunia. Indonesia memiliki potensi pengembangan potensi rumput laut sekitar 1.110.900 hektar, hingga saat ini baru dibudidayakan seluas 222.180 hektar atau 20%. Produksi rumput laut menunjukkan peningkatan cukup drastis dari 910.636 ton pada tahun 2010 menjadi 1.079.850 ton pada tahun 2011 dan dalam tahun 2013 diharapkan lebih dari satu juta lima ratus ton. Rumput laut merupakan salah satu sumber devisa negara dan sumber pendapatan bagi masyarakat pesisir dan merupakan salah satu komoditi laut yang sangat populer dalam perdagangan dunia, karena pemanfaatannya yang demikian luas dalam kehidupan sehari-hari, baik sebagai sumber pangan, obat-obatan dan bahan baku

industri. Rumput laut juga dikelompokkan berdasarkan senyawa kimia yang dikandungnya, sehingga dikenal rumput laut penghasil karaginan (*karagenofit*), agar (*agarofit*) dan alginat (*alginofit*).

Dalam rangka meningkatkan kualitas penanganan pascapanen dan mengembangkan nilai tambah serta mempertahankan kualitas higienik industri olahan rumput laut seperti alginat dan karaginan, maka diperlukan berbagai teknologi yang mendorong peningkatan mutu produk pascapanen, mengurangi kehilangan hasil (*losses*), mempertahankan kualitas higienik dan meningkatkan nilai tambah. Salah satu teknologi unggul alternatif adalah teknologi iradiasi pangan.

Masalah lain produk Hortikultura yang dihadapi untuk ekspor bebuahan primadona Indonesia, yaitu masih terbawanya kutu lalat buah ke negara tujuan. Disamping itu, penggunaan bahan kimia untuk fumigasi sudah terbatas dan dikurangi. *The International Plant Protection Commission (IPPC)*, telah mengizinkan penggunaan iradiasi pangan untuk perlakuan *phytosanitary* untuk komoditas ekspor, di dalam *International Standard for Phytosanitary Measures (ISPM) No.18* tentang *Guidelines for the Use of Irradiation as A Phytosanitary Measure*.

Usaha untuk memperbaiki rantai proses produksi pada pangan olahan dapat dilakukan melalui penerapan perbaikan rantai proses produksi pada teknik pengolahan, pengemasan dan penyimpanan. Dalam penelitian juga dilakukan mengevaluasi perubahan organoleptik dan fisiko-kimia yang terjadi, uji mikrobiologi. Jika komoditi pertanian baik segar maupun olahan yang diiradiasi pada kondisi yang tepat akan lebih awet dan aman dikonsumsi tanpa mengalami perubahan nilai gizi dan cita rasa yang berarti, serta akan awet disimpan pada suhu kamar.

Agar hasil penelitian proses radiasi pada pangan segar, kering dan olahan dapat diterapkan di industri, perlu segera penggalan potensi penelitian dan pengembangan dari hilir sampai hulu serta pengembangannya pada agroindustri yang cocok. Upaya ini dapat mendukung pembangunan ekonomi secara umum, khususnya dalam upaya memperkuat sistem ketahanan pangan bangsa Indonesia di masa depan, sehingga untuk menghadapi persaingan pasar global yang semakin ketat dengan tuntutan serta jaminan pangan yang handal, maka alih teknologi dalam bidang pengawetan pangan khususnya aplikasi teknologi iradiasi perlu mendapatkan prioritas, terutama bahan pangan segar, kering dan olahan.

Tujuan umum dan manfaat kegiatan ini adalah untuk mendapatkan cara iradiasi yang baik untuk pengendalian perlakuan *sanitary* dan *phytosanitary* pada produk komoditi pertanian sebagai dasar pendukung peraturan di Kementerian Kesehatan dan kaji mutu standar SNI pangan olahan siap saji merupakan implementasi dari hasil litbang BATAN serta pengawasan yang dilakukan oleh BPOM. Diharapkan pula, kegiatan ini dapat bermanfaat bagi peningkatan kesejahteraan rakyat serta dapat mendukung pembangunan ekonomi secara

umum, khususnya untuk menghadapi persaingan pasar global yang semakin ketat dan jaminan pangan yang handal, serta produk litbang BATAN dapat dimanfaatkan di masyarakat.

## **BAHAN DAN METODA**

Ada 4 Sub-komponen yang akan dilakukan yaitu

- a. Pengembangan dan aplikasi proses radiasi untuk pengawetan pangan olahan tradisional (Gudeg).
- b. Analisa mikroba pada gudeg.
- c. Pengaruh iradiasi gamma terhadap beberapa sifat fisiko-kimia dan mikrobiologi alginat dan karaginan
- d. Dokumen teknis pengembangan proses radiasi untuk perlakuan phitosanitary manggis dengan iradiasi gamma.

### **Pengembangan dan aplikasi proses radiasi untuk pengawetan pangan olahan tradisional (Gudeg).**

#### **Bahan.**

*Bahan untuk penelitian ialah makanan olahan gudeg dan krecek yang diperoleh dari industri kecil yang berlokasi di daerah Bogor.*

#### **Alat.**

Iradiasi dilakukan dalam Iradiator Karet Alam (IRKA) di PAIR BATAN, Pasar Jumat Jakarta yang menggunakan sumber radiasi  $^{60}\text{Co}$ . Spektrofotometer Hitachi digunakan untuk mengukur dosimeter. Adapun dosimeter yang digunakan yaitu amber dosimeter.

#### **Penyiapan Bahan dan Perlakuan.**

Sampel gudeg dan krecek dikemas dengan plastik nilon laminasi. Kemudian dimasukkan dalam kotak styrofoam (25x30x45) cm yang sudah dilakukan dosimetri dari hasil penelitian pendahuluan. Proses radiasinya dilakukan pada kondisi suhu kamar dan diiradiasi di iradiator dengan variasi dosis 0 dan 8 kGy dengan laju dosis 3 - 5 kGy/jam. Adapun cara penyiapan proses radiasi dilakukan sesuai cara iradiasi yang baik sesuai standar dosis sedang (SNI dosis sedang). Setelah iradiasi, sampel disimpan pada suhu ruang ( $28 \pm 2$ )° C dengan kelembaban relatif (60 -70) %. Pengamatan untuk sampel uji organoleptik (bau, rasa dan penampakan secara umum), pengemas, dan umur simpan secara sensori.

#### **Metode Analisis.**

Uji Organoleptik. Uji organoleptik dilakukan di Kelompok Litbang Bahan Pangan PAIR, laboratorium sensori. Penilaian dilakukan panelis terlatih terhadap parameter aroma, rasa, warna, tekstur dan penampakan secara umum. Uji

organoleptik dilakukan dengan skala hedonik dengan skor 1- 5 dengan kriteria (5 amat sangat suka; 4 sangat suka; 3 suka; 2 agak suka; 1 tidak suka). Batasan penerimaan panelis untuk menerima yang diberikan oleh panelis adalah skor 3.

Cara penilaiannya dilakukan dengan uji *unstructured scoring* dengan parameter aroma, rasa, warna, tekstur dan penampakan secara umum. Uji ini menyajikan tiga sampel produk yang akan diuji dengan cara acak dan diberi kode acak tiga angka, serta disajikan juga sampel segar sebagai pembandingan terhadap parameter yang ada (RAHAYU WP. 1999) [17]. Pada saat penyajian kepada panelis diminta untuk menunjukkan penilaiannya pada garis tersebut. Nilai skala yang digunakan saat pengujian oleh panelis adalah sebagai berikut:

Parameter sensori

Skala Hedonik	Parameter Sensori				
	Aroma	Rasa	Warna	Tekstur	Secara umum
5	khas	Sangat suka	Merah pudar	Sangat suka	Sangat suka
4	Agak khas	Suka	Merah agak pudar	Suka	Suka
3	agak busuk	Netral	Merah khas komet	Netral	Netral
2	busuk	Tidak suka	Merah agak gelap	Tidak suka	Tidak suka
1	sangat busuk	Sangat tidak suka	Merah gelap	Sangat tidak suka	Sangat tidak suka

### **Analisa mikroba pada gudeg**

#### **Bahan.**

Bahan untuk penelitian mikroba gudeg ialah makanan olahan gudeg, krecek, dan tahu bacem yang diperoleh dari penjual yang berlokasi di daerah Jakarta Selatan.

Penentuan jumlah bakteri aerob, bakteri koli dan *E. coli* ditetapkan seperti pada penelitian HARSOJO dan SUMARTI (2016).

Penentuan sensitivitas terhadap antibiotika. Penentuan sensitivitas bakteri terhadap beberapa antibiotika dilakukan seperti pada penelitian HARSOJO dan SARI (2015).

### **Pengaruh Iradiasi Gamma Terhadap Beberapa Sifat Fisiko-Kimia dan Mikrobiologi Alginat dan Karaginan**

#### **Bahan dan Metode**

Bahan yang digunakan adalah alginat dan karaginan kering hasil industri olahan rumput laut kering yang diperoleh dari produksi lokal dan impor. Sebagai pengemas digunakan plastik PE laminasi. Selain itu digunakan bahan-bahan

kimia untuk pengujian/analisis kimia. Peralatan iradiasi menggunakan iradiator IRPASENA, PAIR-BATAN, Jakarta. Peralatan analisis/pengujian adalah peralatan pengujian kadar air, aktivitas air ( $A_w$ ), pH, viskositas, kecerahan, pengujian kadar protein, lemak, kadar abu, logam berat serta pengujian mikroba.

### **Pengujian sampel**

Kadar air ditetapkan secara gravimetri dengan metode pengeringan oven, sedangkan aktivitas air ( $a_w$ ) dan pH masing-masing diukur dengan  $A_w$ -meter dan pH-meter, pengukuran serat kasar, dan viskositas sesuai dengan metode yang digunakan Dewi *et al.* (2010), kadar abu (Ega *et al.*, 2016), dan kecerahan metode Hutching (1999) di dalam Laksanawati *et al.*(2017). Kadar protein dan lemak masing-masing ditetapkan dengan metode semimikro Kjeldahl dan metode ekstraksi langsung dengan alat soxhlet. Penetapan kadar protein dan kadar lemak ditetapkan sesuai SNI. Pengujian logam berat Pb dan Hg sesuai SNI 234.5: 2011. Pengujian Mikroba Mengacu pada SNI 01-2897-1992 (Cara Uji Cemarkan Mikroba) yang dikutip (Kadir, 2014), sebagai berikut: (1) *Angka Lempang Total (ALT) Total Mikroba*. Pengujian ALT menggunakan *Metode Plate Count* (Angka Lempeng), dengan prinsip pertumbuhan bakteri mesofil aerob setelah contoh diinkubasi dalam perbenihan yang cocok selama 24-48 jam pada suhu 35°C. Angka Lempeng Total dalam 1 g atau ml contoh dihitung dengan mengalikan jumlah rata-rata koloni pada cawan dengan faktor pengenceran yang digunakan (sesuai); (2) *Kapang*. Prinsip pengujian kapang adalah bahwa pertumbuhan kapang dalam media yang cocok, setelah diinkubasi pada suhu 25°C atau suhu kamar selama 5 hari. (3) *Bakteri koliform*. Pengujian bakteri koliform menggunakan metode APM (angka paling mungkin) menggunakan 3 tabung, dengan prinsip pertumbuhan bakteri koliform yang ditandai dengan terbentuknya gas dalam tabung Durham setelah contoh diinkubasi dalam perbenihan yang cocok pada suhu 36°C selama 24-48 jam dan selanjutnya dirujuk kepada tabel APM. Angka paling memungkinkan dari koliform dilihat pada tabel APM koliform; (4) *Staphylococcus aureus*. Pengujian cemarkan *S. aureus* dilakukan dengan prinsip pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* pada perbenihan khusus setelah diinkubasikan pada suhu 37°C selama 24-48 jam dan dilanjutkan dengan uji koagulase. Penelitian dilakukan dengan menggunakan dosis iradiasi terdiri dari 3 taraf (kontrol, 3 dan 6 kGy) dengan ulangan 3 kali ulangan.

### **Proses Radiasi Untuk Perlakuan Phitosanitary Mangga, Manggis dan Salak Dengan Iradiasi Gamma.**

#### **Bahan dan Metoda**

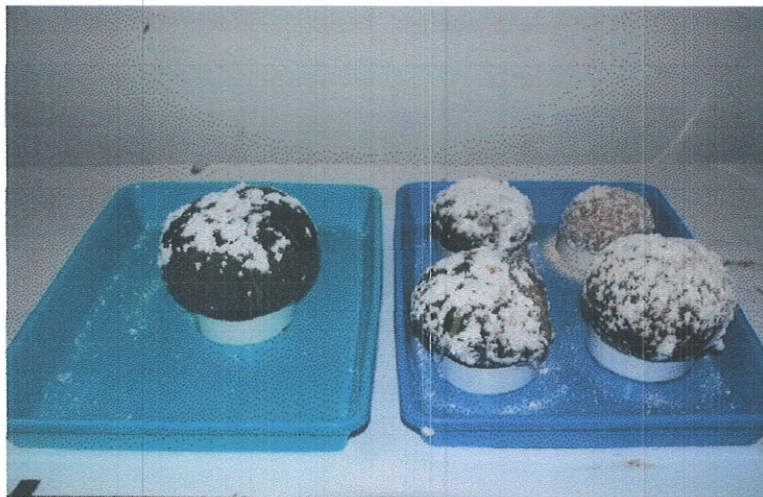
#### **Pemeliharaan kutu putih**



Kutu putih dikoleksi dari lapangan dengan mengumpulkan buah-buahan yang banyak terserang kutu putih seperti manggis dari daerah sentra produksi seperti Subang, Purwakarta dan Bogor. Ada beberapa spesies yang dipelihara seperti *Pseudococcus cryptus*, *Hexalamoschus hispidus* dan *Dismicoccus neobravipes*. Kutu putih dipelihara di laboratorium dengan menggunakan labu kabocha (*Cucurbita maxima*) sebagai inang alternatif.

Ada beberapa cara untuk memindahkan kutu putih yang umumnya terdapat di bawah sepal buah manggis :

1. Kutu putih dalam fase dewasa dapat diambil dengan menggunakan kuas dan dipindahkan ke kabocha secara hati-hati. Kutu putih dibiarkan tumbuh dan berkembang biak di kabocha.
2. Sampel bagian tanaman yang mengandung kutu putih diletakkan dengan posisi bersentuhan dengan labu kabocha.
3. Biarkan nimfa kutu putih berpindah dengan sendirinya dari inang alami ke inang alternatif.
4. Setelah bagian inang alami mengering atau busuk, singkirkan bagian tersebut untuk mencegah adanya parasite pada perbanyakan kutu putih.
5. Pengamatan keberadaan nimfa kutu putih dilakukan pada labu kabocha sebagai inang alternatif sampai terlihat adanya embun madu.
6. Perbanyakan kutu putih dilakukan di laboratorium yang memiliki suhu ruang sekitar  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$  dan kelembaban  $70\pm 10\%$ .



Gambar 1. Pemeliharaan kutu putih di laboratorium dengan labu kabocha sebagai inang alternative

**Perlakuan radiasi pada kutu putih untuk mencari Dosis Sublethal (dosis steril)**

Dalam penelitian tahun ini, dicari dosis radiasi yang menyebabkan kemandulan pada kutu putih (Dosis Sublethal). Sebanyak 50 ekor kutu putih diletakkan pada permukaan kaboca. Kutu putih yang digunakan adalah semua stadium hidup dari kutu putih yaitu nimfa instar 1, 2, 3 dan dewasa. Radiasi dilakukan di Iradiator Panoramic Serbaguna (IRPASENA).-PAIR-BATAN. Dosis yang digunakan 0, 100, 200, 300 dan 400 Gy. Sehari setelah radiasi dilakukan pengamatan, diamati jumlah kutu putih yang mengalami kematian. Pengamatan dilakukan di bawah mikroskop.

#### **Survey hama utama pada mangga selain lalat buah**

Buah mangga yang busuk dikumpulkan dari lapang, diidentifikasi hama yang menyebabkan busuk pada buah.

#### **Survey hama di kebun salak**

Telah dilakukan survey di kebun salak pondoh di daerah Sleman, Yogyakarta untuk mengetahui Organisme Pengganggu Tumbuhan (OPT) yang menyerang buah salak. Buah salak yang terserang hama dikumpulkan dan hama yang menyebabkan buah busuk dielihara di laboratorium untuk pembentukan koloni dan identifikasi serangga.

#### ***Rancangan Percobaan***

Percobaan dilakukan dengan menggunakan rancangan percobaan *Rancangan Acak lengkap* (RAL) dalam percobaan faktorial, dengan 3 kali ulangan.

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **Pengembangan dan aplikasi proses radiasi untuk pengawetan pangan olahan tradisional (Gudeg).**

Dari percobaan terhadap makanan olahan tradisional gudeg yang diiradiasi dosis sedang menunjukkan hasil bahwa iradiasi yang dilakukan mengacu pada prosedur cara iradiasi yang baik. Selanjutnya, sampel dilakukan penyimpanan pada suhu kamar dan pengamatan dilakukan dengan menguji organoleptik yang dilakukan oleh panelis terlatih.

Adapun rencana untuk mendapatkan peta dosis dengan berbagai laju dosis dan distribusi dosis dengan menempatkan sistem dosimeter amber dalam bidang radiasi yang berisi sampel dengan rapat massa tertentu sudah dilakukan pada penelitian pendahuluan.

Lebih lanjut, untuk kegiatan percobaan yaitu telah dilakukan penelitian makanan olahan tradisional yang dilakukan yaitu gudeg dan krecek yang diiradiasi dosis 0 dan 8 kGy dan di kemas dengan jenis nilon laminasi PE.

Iradiasinya dilakukan sesuai prosedur cara iradiasi yang baik sesuai SNI dosis sedang. Selanjutnya sampel dilakukan penyimpanan pada suhu kamar untuk melihat umur simpan gudeg dan krecek iradiasi. Pengamatan yang dilakukan dengan uji organoleptik, pengemas, kondisi penyimpanan dan umur simpan.

Dari hasil uji organoleptik dengan parameter aroma, rasa, warna, tekstur, dan penampakan secara umum. Sedangkan penilaiannya dilakukan dengan skala hedonik dengan skor 1- 5 dengan kriteria (5 amat sangat suka; 4 sangat suka; 3 suka; 2 agak suka; 1 tidak suka). Adapun batasan penerimaan panelis untuk menerima yang diberikan oleh panelis adalah skor 3 menunjukkan bahwa sampel gudeg dan krecek secara sensori terlihat baik gudeg maupun krecek masih terlihat baik. Hasilnya mengindikasikan bahwa gudeg yang di iradiasi dosis 8 kGy mampu disimpan sampai penyimpanan 2 bulan dan untuk krecek sampai 1,5 bulan, sedangkan kontrol tidak lebih dari 1 minggu. Dari hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa perlakuan iradiasi dosis sedang masih belum optimal dalam mengawetkan gudeg dan krecek iradiasi, karena gudeg iradiasi masih mempunyai umur simpan 2 bulan belum sesuai dengan harapan. Selanjutnya, akan diulang kembali percobaan dengan mencari berbagai cara pengolahan gudeg dan akan diiradiasi dengan dosis sedang sampai tinggi.

Foto Hasil Kegiatan :



Gambar1. Foto sampel gudeg dan krecek yang diiradiasi dosis 8 kGy

### **Analisa mikroba pada gudeg**

Keanekaragaman bakteri yang didapatkan pada gudeg dan lainnya seperti krecek dan tahu bacem terdiri dari bakteri aerob, koli, dan *E. coli*.

Tabel 1. Jumlah bakteri pada gudeg, krecek dan tahu bacem (CFU/g)

Sampel	Bakteri aerob	Bakteri koli	<i>E. coli</i>
Gudeg	$2,5 \times 10^6$	$1,3 \times 10^6$	$5,0 \times 10^3$
Krecek	$4,0 \times 10^6$	$4,5 \times 10^3$	$2,0 \times 10^3$
Tahu bacem	$3,0 \times 10^2$	$2,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$

Pada Tabel 1 terlihat jumlah bakteri aerob bervariasi antara  $3,0 \times 10^2$  dan  $4,0 \times 10^6$  CFU/g, bakteri koli bervariasi antara  $2,0 \times 10^2$  dan  $1,3 \times 10^6$  CFU/g sedang jumlah *E. coli* bervariasi antara  $1,0 \times 10^2$  dan  $5,0 \times 10^3$  CFU/g. Tingginya cemaran bakteri menunjukkan bahwa penjual gudeg kurang memperhatikan sanitasi lingkungan. Disamping itu kemungkinan lain adalah saat pengangkutan dari saat pembuatan juga kurang diperhatikan kebersihannya.

Tabel 2. Sensitivitas bakteri *E. coli* terhadap beberapa antibiotik (mm)

Sampel	Cefoxitin	Tetrasiklin	Amoksisilin
Gudeg	30	30	20
Krecek	<10	30	<10
Tahu bacem	26	26	<10

Pada Tabel 2 terlihat keanekaragaman sensitivitas isolat *E. coli* terhadap beberapa antibiotik. Isolat *E. coli* yang berasal dari gudeg lebih tahan terhadap antibiotik yang digunakan dibanding lainnya. Pada isolat yang berasal dari krecek paling tahan terhadap cefoxitin dibandingkan dengan isolat yang berasal dari gudeg maupun tahu bacem. Isolat yang berasal dari gudeg paling sensitif terhadap antibiotik amoksisilin dibanding dengan isolat lainnya yang berasal dari krecek maupun tahu bacem.

### **Pengaruh Iradiasi Gamma Terhadap Beberapa Sifat Fisiko-Kimia dan Mikrobiologi Alginat dan Karaginan**

#### **Kadar air, pH, aktivitas air (Aw), kadar abu, kadar protein dan lemak, kadar serat kasar, viskositas, dan kecerahan**

Hasil pengujian kadar air, pH, aktivitas air (Aw), kadar abu, viskositas dan kecerahan alginat radiasi disajikan pada Tabel 1. Pada tabel tersebut terlihat bahwa kadar air, pH, aktivitas air (Aw), kadar abu, viskositas dan kecerahan alginat radiasi secara umum tidak dipengaruhi oleh dosis iradiasi, baik iradiasi pada dosis 3 kGy maupun 5 kGy. Iradiasi gamma sampai dengan dosis 10 kGy tidak mempengaruhi makronutrisi dan maupun sifat fisika seperti kadar air, pH maupun aktivitas air (Aw) bahan pangan kering. Kadar air, pH, aktivitas air (Aw), kadar abu, viskositas dan kecerahan alginat radiasi dan kontrol masing-masing berkisar 12,40-13,20; 6,72-6,87; 0,87-0,91; 18,40-26,50; 25-34, dan

44,20-51,43. Sedangkan kandungan logam berat Pb dan Hg pada alginat masing-masing dengan kisaran 0,021-0,82 dan 0,02-0,34.

Tabel 1 . Kadar air, kadar abu, viskositas dan kecerahan alginat iradiasi

Parameter	Kontrol	3 kGy	6 kGy
Kadar air (%)	12,87	12,40	13,20
pH	6,72	6,81	6,87
Aktivitas air (Aw)	0,87	0,91	0,89
Kadar abu (%)	19,78	26,50	18,40
Viskositas (cps)	29	34	25
Kecerahan	47,21	51,43	44,20

Tabel 2. Kandungan logam berat alginat radiasi(ppm)

Jenis logam berat	Kontrol	3 kGy	6 kGy
Pb	0,082	0,035	0,021
Hg	0,08	0,02	0,34

Hasil pengujian sifat fisiko-kimia karaginan disajikan pada Tabel 3. Pada Tabel 3 tersebut dapat dilihat bahwa sifat fisiko-kimia karaginan relatif tidak berubah akibat radiasi 3- 6 kGy. Kadar air, pH, aktivitas air (Aw), kadar abu, kadar protein, kadar lemak, kadar serat dan viskositas karaginan masing-masing yaitu: 13,41-14,20; 6,78-6,88; 0,81-0,86; 17,68-18,43; 2,60-2,89; 1,59-1,76; 5,72-6,43 dan 4-6.

Tabel 3. Kadar air, kadar abu, protein, lemak, serat kasar dan viskositas karaginan iradiasi

Parameter	Kontrol	3 kGy	6 kGy
Kadar air (%)	13,64	13,41	14,20
pH	6,88	6,78	6,81
Aktivitas air (Aw)	0,86	0,84	0,81
Kadar abu (%)	17,68	18,43	18,11
Kadar protein (%)	2,71	2,60	2,89
Kadar lemak (%)	1,76	1,59	1,65
Kadar serat kasar (%)	6,34	6,43	5,72
Viskositas (cps)	6	7	4

Dari kedua kondisi hasil pengujian terhadap alginat dan karaginan kering radiasi di atas, menunjukkan bahwa iradiasi 3-6 kGy dapat mempertahankan kadar air, pH dan aktivitas air bahan yang diteliti. Terjadinya kadar air, pH dan aktivitas air yang stabil dalam kemasan tanpa oksigen mampu mencegah pertumbuhan mikroba secara logaritmik sehingga dapat mempertahankan kualitas alginat kering yang diteliti. Hasil penelitian terdahulu juga memperlihatkan

bahwa iradiasi dosis sedang tidak mengubah kadar air, pH, dan aktivitas air bahan pangan yang diteliti (Irawati, 2007; Kadir, 2010; dan Mahmud and Badr, 2011).

### Aktivitas mikroba

Hasil pengujian pengaruh iradiasi terhadap aktivitas mikroba disajikan pada Tabel 4 dan 5. Pada Tabel 4 dapat dilihat pengaruh iradiasi terhadap total mikroba, kapang dan khamir, koliform dan staphylococcus alginat iradiasi. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa iradiasi dapat menurunkan kandungan total mikroba 2-3 *log cycle*. Sedangkan kapang dan khamir serta koliform sudah tidak terdeteksi pada 3-6 kGy. Pada iradiasi 3 kGy, *staphylococcus* turun 2 *log cycle* dan sudah tidak terdeteksi lagi pada 6 kGy. Hal ini menunjukkan bahwa iradiasi efektif dalam menurunkan aktivitas mikroba alginat.

Tabel 4. Kandungan Mikroba pada alginat iradiasi

Parameter	Kontrol	3 kGy	6 kGy
Total bakteri	$1,5 \times 10^6$	$1,5 \times 10^4$	$1,6 \times 10^3$
Kapang & khamir	$1,8 \times 10^3$	tt	tt
Koliform	$1,2 \times 10^3$	tt	tt
Staphylococcus aureus	$1,4 \times 10^4$	$1,7 \times 10^2$	tt

Hasil pengujian pengaruh iradiasi terhadap aktivitas mikroba karaginan terjadi hal yang hampir sama, yaitu iradiasi 3-6 kGy cukup efektif. Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa iradiasi 3-6 kGy mampu menurunkan kandungan total bakteri karaginan 2-3 kGy, sedangkan kapang dan khamir sudah tidak terdeteksi pada kondisi tersebut. Iradiasi pada 3 kGy, mampu menurunkan kandungan koliform dan staphylococcus karaginan masing-masing 1 dan 2 *log cycle*, sedangkan staphylococcus turun 2-3 *log cycle* pada dosis 3-6 kGy. Pada 6 kGy, karaginan iradiasi sudah menunjukkan koliform pada kondisi tidak terdeteksi lagi.

Tabel 5. Kandungan Mikroba pada karaginan iradiasi

Parameter	Kontrol	3 kGy	6 kGy
Total bakteri	$1,3 \times 10^5$	$2,6 \times 10^3$	$1,7 \times 10^2$
Kapang & khamir	$1,4 \times 10^2$	tt	tt
Koliform	$1,5 \times 10^4$	$2,8 \times 10^3$	tt
Staphylococcus aureus	$2,3 \times 10^4$	$2,9 \times 10^2$	$4,1 \times 10$

Hasil pengujian mikroba diatas, menunjukkan bahwa iradiasi dosis sedang 3-6 kGy cukup efektif dalam penanganan mikroba bahan pangan berkadar air sedang sebagaimana juga ditunjukkan beberapa hasil penelitian terdahulu (Irawati, 2007; Putri *et al.*, 2015; Kalyani and Manjula, 2014). Menurut Ketaren (2012),

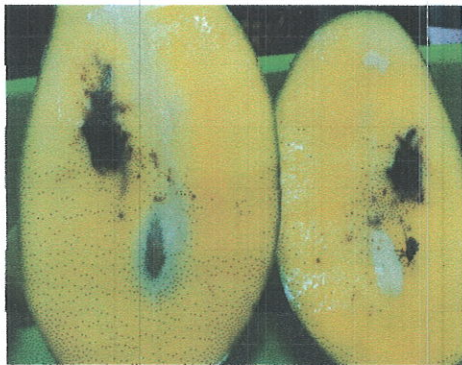
lemak tidak mudah digunakan langsung oleh mikroba jika dibandingkan dengan protein dan karbohidrat. Walaupun demikian banyak diantara jamur, ragi dan bakteri mampu memperoleh kebutuhannya akan karbon dan energi dari persenyawaan ini.

### **Proses radiasi untuk perlakuan phitosanitary mangga, manggis, dan salak dengan iradiasi gamma**

Kutu putih merupakan hama utama pada manggis. Tujuan dari penelitian perlakuan radiasi untuk tujuan karantina pada manggis adalah menentukan dosis yang menyebabkan kematian atau kemandulan pada serangga tapi tidak menyebabkan buahnya menjadi rusak..

Dari perlakuan radiasi pada kutu putih diketahui bahwa dosis radiasi yang menyebabkan kematian pada kutu putih dicapai pada dosis 1900 Gy untuk stadium dewasa. Stadium dewasa merupakan stadium yang paling kuat terhadap perlakuan radiasi. Semakin muda stadium, semakin rentan terhadap perlakuan termasuk perlakuan radiasi. Dosis 1900 Gy, dosis yang terlalu tinggi untuk tujuan karantina pada produk-produk segar., hal ini tidak sejalan dengan efek radiasi pada buah manggisnya sendiri. Untuk selanjutnya akan dicari dicari sublethal yaitu dosis yang menyebabkan kemandulan pada serangga yang menerima perlakuan radiasi. Dalam ISPM no 18, diizinkan penggunaan radiasi yang menyebabkan kemandulan. Dari hasil pengamatan yang dilakukan dengan perlakuan iradiasi gamma pada dosis 0, 100, 200, 300 dan 400 Gy, diketahui bahwa pada dosis 200 Gy menyebabkan kemandulan pada hama kutu putih.

Dari survey yang dilakukan di kebun salak pondoh, di daerah Sleman, Yogyakarta, diperoleh data bahwa OPT utama pada tanaman salak adalah lalat buah, kutu putih dan jamur. Telah terbentuk koloni lalat buah yang menyerang tanaman salak. Sedangkan untuk hama utama tanaman mangga selain lalat buah adalah *Sternocetus frigidus*.



Gambar 2. Buah mangga yang terserang hama *Sternocetus frigidus*

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian pangan olahan tradisional (gudeg) yang di iradiasi gamma pada dosis radiasi 8 kGy dengan menggunakan laju dosis 3,17 kGy/jam yang diiradiasi pada suhu kamar menunjukkan bahwa sampel gudeg dan krecek dapat dipertahankan kualitas mutu higienisnya, tanpa mengalami perubahan sifat organoleptic terhadap warna, aroma, tekstur dan rasa masih dapat diterima secara umum masing-masing selama 2 bulan dan 1,5 bulan penyimpanan, serta kontrol (tanpa iradiasi) mempunyai umur simpan 1 minggu. Sedangkan sampling mikroba patogen pada gudeg, menunjukkan bahwa semua sampel gudeg, krecek dan tahu bacem yang diteliti telah tercemar bakteri aerob dan bakteri koli, sedangkan bakteri *Escherichia coli* pada krecek memberikan hasil tingkat kontaminasinya paling tinggi. Kemudian *E. coli* semua sampel di uji sensitivitasnya terhadap beberapa macam antibiotic, ternyata gudeg menunjukkan yang paling sensitive.

Untuk produk rumput laut menunjukkan bahwa iradiasi 3 sampai dengan 6 kGy relatif tidak mengubah sifat fisiko-kimia karagenan dan alginat secara signifikan dibandingkan kontrol. Komposisi alginat menunjukkan kadar air 12,4-13,20%, abu 18,40-26,5%, viskositas 25-34 cps, dan kecerahan 44,2-51,43. Selain itu alginat tersebut juga mengandung Pb dan Hg masing-masing 0,082-0,35 ppm dan 0,02-0,34 ppm. Sedangkan karagenan mengandung kadar air 13,41-14,20%, kadar abu 17,68-18,43%, protein 2,60-2,84, lemak 1,65-1,76%, serat kasar 5,72-6,43%, dan viskositas 4-7 cps. Secara mikrobiologi, hasil pengujian menunjukkan bahwa iradiasi dosis sedang (3-6 kGy) cukup efektif dalam menurunkan bahkan mengeliminasi bakteri, yaitu iradiasi 3-6 kGy efektif menurunkan total bakteri 2-3 *log cycle*, menghilangkan kapang dan khamir serta menurunkan bakteri koli dan *staphylococcus* masing 1-4 *log cycle* dan 2-3 *log cycle*. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa iradiasi 3-6 kGy dapat mempertahankan kualitas gizi dan meningkatkan kualitas higienik karagenan dan alginat sebagai produk olahan rumput laut.

Iradiasi untuk perlakuan phitosanitary telah diketahui bahwa hama utama pada mangga selain lalat buah adalah *Sternocetus frigidus*. Untuk salak ekspor Indonesia banyak terserang hama lalat buah dan berdasar survey yang dilakukan di kebun salak pondoh daerah Sleman, Yogyakarta, buah salak banyak terserang hama lalat buah, kutu putih dan jamur. Untuk hama kutu putih pada manggis, dosis lethal dengan perlakuan iradiasi gamma diperoleh 1900 Gy. Dosis radiasi sinar gamma yang menyebabkan kemandulan pada hama kutu putih adalah dosis 200 Gy.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (PAIR), Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) dan semua pihak yang terlibat dan membantu kelancaran dalam penelitian.



## PUSTAKA

1. TANHINDARTO RP, IRAWATI Z. Status litbang pengawetan makanan menggunakan radiasi pengion. Seminar Pendayagunaan Hasil Litbangyasa Iptek Nuklir V dan Bursa Teknologi. Hotel Millenium, 12 Sep Jakarta (2004).
2. TANHINDARTO RP, SUDRAJAT A. Aspek dosimetri makanan olahan tradisional pada fasilitas Irpasena. Risalah Seminar Ilmiah Penelitian dan Pengembangan Aplikasi Isotop dan Radiasi, P3TIR – BATAN, Jakarta 17 – 18 Februari (2004) 265.
3. TANHINDARTO RP, IRAWATI Z. Pemanfaatan teknologi radiasi dalam pengawetan makanan. Stadium General Fisika IPB dengan tema *Commercial Irradiation in Food Processing*. Bogor : 18 Mei (2002).
4. TANHINDARTO RP. Aplikasi proses radiasi dalam bidang pengawetan makanan. Seminar dengan Tema Aplikasi Biofisika Radiasi untuk Masyarakat. Jur. GFM/Biologi FMIPA – IPB. 20 Sep Bogor (2003).
5. TANHINDARTO RP, Mempertahankan mutu makanan tradisional dodol kombinasi iradiasi dan pengemas modifikasi atmosfer. Risalah Pertemuan Ilmiah Penelitian dan Pengembangan Aplikasi Isotop dan Radiasi, PAIR – BATAN, Jakarta 18 – 19 Desember (1998) 161.
6. TANHINDARTO RP, ROSALINA S.H., dan CECEP M.N., Penggunaan iradiasi gamma untuk memperpanjang daya simpan dodol, 6 th National Congress of Indonesia Society for Microbiology and Asean Meeting on Microbiology, Desember 2 – 4, Surabaya (1993).
7. TANHINDARTO RP, ROSALINA S.H., dan CECEP M.N., Penggunaan iradiasi gamma untuk memperpanjang daya simpan bakpia dan wingko, Risalah Pertemuan Ilmiah Penelitian dan Pengembangan Aplikasi Isotop dan Radiasi, PAIR – BATAN, Jakarta 13 – 15 Desember (1994) 283.
8. TANHINDARTO RP dan ROSALINA S.H., Penggunaan iradiasi gamma dan jenis pengemas pada mutu dan masa simpan bakpia dan dodol, Pertemuan Ilmiah Penelitian dan Pengembangan Aplikasi Isotop dan Radiasi, PAIR – BATAN, Jakarta 18 – 19 Februari (1997) 137.
9. TANHINDARTO RP, ROSALINA S.H. dan SITUMORANG, N., Pengaruh iradiasi gamma dan teknik pengemasan terhadap mutu makanan tradisional bakpia, Risalah Pertemuan Ilmiah Penelitian dan Pengembangan Aplikasi Isotop dan Radiasi, Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi – BATAN, Jakarta 23 – 24 Februari (1999) 223.
10. MAGDA S. TAIPINAA, MARIA L. GARBELOTTI, LEDA C.A.LAMARDO, JOSEFINA S. SANTOSA, MARIA A.B. RODAS. The effect of gamma irradiation on the nutritional properties of sunflower whole grain cookies. 11th International Congress on Engineering and Food (ICEF11). *Procedia Food Science* 1 (2011) 1992 – 1996.
11. VANESA GUILLE' N-CASLA, NOELIA ROSALES-CONRADO , MARI'A EUGENIA LEO' N-GONZA' LEZ, LUIS VICENTE PE' REZ-ARRIBAS, LUIS MARI'A POLO-DI'EZ. Principal component analysis (PCA) and multiple linear regression (MLR) statistical tools to evaluate the effect of E-beam irradiation on ready-to-eat food. *Journal of Food Composition and Analysis* 24 (2011) 456–464.

12. ARVANITTOYANNIS I.S. Irradiation of Food Commodities: Techniques, Applications, Detection, Legislation, Safety and Consumer Opinion. Academic Press Elsevier, USA (2010).
13. CHUAH T.G., HAIRUL NISAH H., THOMAS CHOONG S.Y., CHIN N.L. DAN NAZIMAH SHEIKH A.H. Effects of temperature on viscosity of dodol (concoction). *J. of Food Engineering* 80, (2007) 423-430.
14. PERATURAN MENTERI KESEHATAN RI. 2009. Permenkes Nomor 701 tahun 2009.
15. BADAN STANDARISASI NASIONAL (BSN). 2012. Standar Nasional Indonesia (SNI): rendang sapi steril.
16. BADAN STANDARISASI NASIONAL (BSN). 2016. Standar Nasional Indonesia (SNI): Proses Radiasi pangan olahan siap saji dosis sedang.
17. RAHAYU WP. 1999. Penilaian Organoleptik. Program Studi Supervisor Jaminan Mutu Pangan, Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi = FATETA IPB Bogor : IPB Press.
18. KALSHOVEN. 1981. The Pest of Crops in Indonesia. PT. Ichtiar Baru – Van Hoeve. Jakarta. p 701.
19. METCALF, R.L., dan W. H. LUCKMANN. 1982. Introduction to Insect Pest Management. John Wiley & Son. New York, Singapore. 577p.
20. PURNAMA, SARMA, M, NAJIM. Strategi Peningkatan Mangga di Pasar International (The Enhancement Strategies for Indonesia Mango Marketing in International Market). *J.Horti.* 24 (1) : 85-93,2014.
21. THOMAS, DONALD B. dan GUY J.HALLMAN. Development in Mexican Fruit Fly (Tephritidae : Diptera) Irradiated in Grapefruit..*Physiology, Biochemistry and Toxicology.* Vol 104 no 6 .1367-172.2011
22. GOULD, WALTER P and GUY J.HALLMAN. Irradiation Disinfestation of Diaprepes Root weevi (Coleoptera : curcilionidae) and Papaya Fruit Fly (Diptera : Tephritidae). *Scientific Notes Florida Entomologis* 87 (3).391-392. 2004.
23. KABBASHI, ESAM ELDIN B, OSMAN ,E.NASR, SUTASTA K. MUSA dan MOHAMED A.H.ROSDHI. Use of Gamma Irradiation for Desinfestation of Guava Fruit Flies (Ceratitis capitata spp.andd Bactrocra sp (Diptera: Tephritidae) in Khartoum, Sudan. *Agr.Scienc Journal* Vol 214 hal 171-182.2012.
24. PUANMANEE, KESUDA dan ARUNEE WONGPIYASATID. Gammma Irradiation Effect on Guava Fruit fly Bactrocera corecta (Bezzi) . (Diptera: Tephritidae) *Kasetsart J. (Nat.Sci)* 44.830-846.2010
25. HARA, ARNOLD H, JULIANA A.YALEMAR AR, ERIC B.JANG dan JAMES H.MOY. Irradiation as Possible Quarantine for green scale Coccus viridis (Green) (Homoptera ; coccidae).*Postharvest Biology and Technology* 25 hal 349 -358.2002
26. MCDONALD HEATHER, MARRY MCCULLOCH, FRED CAPORASO, IAN WINBERNE DAN MICHON QOBICON. Comercial scale irradiation for insect desinfestation preserve peach quality. *Radiatino Physics and Chemistry* RI.697-704.2012.
27. BURDITT JR., A. K. 1994. Irradiation dalam Sharp, J. L dan Hallman, G.J. Quarantine Treatments for Pests of Food Plants. Penerbit Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd. New Delhi. Bombay.

28. INTERNATIONAL STANDARD FOR PHYTOSANITARY MEASURES (ISPM) No. 18. Guidelines for the Use of Irradiation as A Phytosanitary Measure 2006. Produce by Secretariat of the International Plant Protection Convention. Food and Agriculture of the United Nations. Rome. 223-236
29. CAMPOS, ROSARIO REYES, JULIETA, SANDOVAL GUILLEN, EMILLIA BUSTOS-GRIFFIN dan MA ANGELES VILDIPIA LOPEZ. Irradiation effect on the chemical quality of guava. *Advance journal of Science and Techn.* 5 (2).90-98.2013.
30. ROBERTS, PETER B. dan YVES M.HENON. Concumen response to irradiated food : purchase versus perception. *Stewart postharvest reviews* 2015.35. [www.postharvest.com.ISSN](http://www.postharvest.com.ISSN) 1745.9656
31. ODAI, BERNARD TAWIAH, DAVID D.WILSON, FRANKLIN B. APEA BAH, Wellington Torgby Tetteh dan Michael Yao Osae. Irradiation as Quarantine Treatment Againts *Bactrocera invadens* in *Mangifera indica* L, in Ghanna. *African Journal of Agricultural Research.* Vol 9 (21).1618-1622. 2014.
32. MAGDA S. TAIPINAA, MARIA L. GARBELOTTI, LEDA C.A.LAMARDO, JOSEFINA S. SANTOSA, MARIA A.B. RODAS. The effect of gamma irradiation on the nutrional properties of sunflower whole grain cookies. 11th International Congress on Engineering and Food (ICEF11). *Procedia Food Science* 1 (2011) 1992 – 1996.
33. VANESA GUILLE' N-CASLA, NOELIA ROSALES-CONRADO , MARI'A EUGENIA LEO' N-GONZA' LEZ, LUIS VICENTE PE' REZ-ARRIBAS, LUIS MARI'A POLO-DI'EZ. Principal component analysis (PCA) and multiple linear regression (MLR) statistical tools to evaluate the effect of E-beam irradiation on ready-to-eat food. *Journal of Food Composition and Analysis* 24 (2011) 456–464.
34. ARVANITTOYANNIS I.S. *Irradiation of Food Commodities: Techniques, Applications, Detection, Legislation, Safety and Consumer Opinion.* Academic Press Elsevier, USA (2010).
35. CHUAH T.G., HAIRUL NISAH H., THOMAS CHOONG S.Y., CHIN N.L. DAN NAZIMAH SHEIKH A.H. Effects of temperature on viscosity of dodol (concoction). *J. of Food Engineering* 80, (2007) 423-430.
36. HARSOJO dan IRAWATI, Z., Kontaminasi awal dan dekontaminasi bakteri pathogen pada jeroan sapi dengan iradiasi gamma, *Jurnal Iptek Nuklir Ganendra* 14 (2) Juli (2011) h. 96-101
37. HARSOJO dan CHAIRUL, S.M., Kandungan mikroba pathogen, residu insektisida organofosfat dan logam berat, *Jurnal Kualitas Lingkungan Hidup, ECOLAB* 5 (2) Juli (2011) h. 88-95
38. HARMASTINI dan HARSOJO, Kandungan bakteri dalam ayam bumbu kuning, dibawakan di SEMINAR PERMI (2015) Semarang.
39. [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. *Official Method of Analysis of The Association of Official Analytical of Chemist.* Arlington.
40. DWIYITNO. Rumput Laut sebagai Sumber Serat Pangan Potensial. *J. Squalen*, 6 1 (2011) 9-17.
41. DEWI, E.N., SURTI, T., dan ULFATUN. Kualitas selai yang diolah dari rumput laut, *gracilaria verrucosa*, *eucheuma cottonii*, serta campuran keduanya. *J. Fish Sci.* XII 2 (2010) 20-27.

42. EGA, L., LOPULADAN, C.G.C., dan MEIYASA, F. Kajian Mutu Karaginan Rumput Laut *Eucheuma cottonii* Berdasarkan Sifat Fisiko-Kimia pada Tingkat Konsentrasi Kalium Hidroksida (KOH) yang Berbeda. *J. Ap. Teknologi Pangan* 5 2 (2016) 38-44.
43. IRAWATI, ZUBAIDAH. Pengembangan Teknologi Nuklir untuk Meningkatkan Keamanan dan Daya Simpan Bahan Pangan. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi* 3 2 (2007) 41-52.
44. KADIR, IDRUS. Pemanfaatan Iradiasi Untuk Memperpanjang Daya Simpan Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) Kering. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi* 6 1 (2010) 86-103.
45. KETAREN, S., Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak, UI-Press, Jakarta (2012).
46. KALYANI, B and MANJULA, K., Food Irradiation – Technology and Application (Review article), *Int. J. Curr. Microbial. App. Sci.* 3 4 (2014) 549-555.
47. KADIR, IDRUS. Pengaruh Iradiasi Terhadap Kualitas Sambal Tradisional. *J. HPI* 27 2 (2014) 72-78.
48. LAKSANAWATI, R., USTADI, dan HUSNI, A. Pengembangan Metode Ekstraksi Alginat dari Rumput Laut *Turbinaria ornata*. *J. PHPI* 20 2 (2017) 362-369
49. MALI, A.B., KHEDKAR, K., and LELE, S.S. 2011. Effect of Gamma Irradiation on Total Phenolic Content and in Vitro Antioxidant Activity of Pomegranate (*Punica granatum L.*) Peels. *J. Food and Nutrition Sci.*, (2) 428-433
50. MAHMOUD, K.A., and BADR, H.M., Quality Characteristics of Gamma Irradiated Beef Burger Formulated with Partial Replacement of Beef Wheat Bran Fibers, *J. Food and Nutrition Sci.* 2 (2011) 655-666.
51. PUTRI, I.N.A., WARDANI, A.K., dan HARSOJO, Aplikasi Teknologi Iradiasi Gamma dan Penyimpanan Beku sebagai Upaya Penurunan Bakteri Patogen pada *Seafood*: Kajian Pustaka, *J. Pangan dan Agroindustri* 3 2 (2015) 345-352.
52. Thomas, Donald B. dan Guy J.Hallman. Development in Mexican Fruit Fly (Tephritidae : Diptera) Irradiated in Grapefruit..*Physiology, Biochemistry and Toxicology.* Vol 104 no 6 .1367-172.2011
53. Gould, Walter P and Guy J.Hallman. Irradiation Disinfestation of Diaprepes Root weevi (Coleoptera : curcilionidae) and Papaya Fruit Fly (Diptera : Tephritidae). *Scientific Notes Florida Entomologis* 87 (3).391-392. 2004.
54. Kabbashi, Esam Eldin B, Osman ,E.Nasr, Sutasta K. Musa dan Mohamed A.H.Rosdhi. Use of Gamma Irradiation for Desinfestation of Guava Fruit Flies (*Ceratitis capitata spp.andd Bactrocra sp* ( Diptera: Tephritidae) in Khartoum, Sudan. *Agr.Scienc Journal* Vol 214 hal 171-182.2012.
55. Puanmanee, Kesuda dan Arunee Wongpiyasatid. Gammma Irradiation Effect on Guava Fruit fly *Bactrocera corecta* (Bezzi) . (Diptera: Tephritidae) *Kasetsart J. (Nat.Sci)* 44.830-846.2010
56. Hara, Arnold H, Juliana A.Yalemar ar, Eric B.Jang dan James H.Moy. Irradiation as Possible Quarantine for green scale *Coccus viridis* (Green) (Homoptera ; coccidae).*Postharvest Biology and Technology* 25 hal 349 - 358.2002

57. McDonald Heather, Marry McCulloch, Fred Caporaso, Ian Winberne dan Michon Qobicon. Comercial scale irradiation for insect desinfestation preserve peach quality. Radiatino Physics and Chemistry RI.697-704.2012.
58. Burditt Jr., A. K. 1994. Irradiation dalam Sharp, J. L dan Hallman, G.J. Quarantine Treatments for Pests of Food Plants. Penerbit Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd. New Delhi. Bombay.
59. International Standard for Phytosanitary Measures (ISPM) No. 18. Guidelines for the Use of Irradiation as A Phytosanitary Measure 2006. Produce by Secretariat of the International Plant Protection Convention. Food and Agriculture of the United Nations. Rome. 223-236
60. Campos, Rosario Reyes, Julieta, Sandoval Guillen, Emilia Bustos-Griffin dan Ma Angeles Vildipia Lopez. Irradiation effect on the chemical quality of guava. Advance journal of Science and Techn. 5 (2).90-98.2013.
61. Roberts, Peter B. dan Yves M. Henon. Concumen response to irradiated food : purchase versus perception. Stewart postharvest reviews 2015.35. [www.postharvest.com](http://www.postharvest.com).ISSN 1745.9656
62. Odai, Bernard Tawiah, David D. Wilson, Franklin B. Apea Bah, Wellington Torgby Tetteh dan Michael Yao Osae. Irradiation as Quarantine Treatment Againts Bactrocera invadens in Mangifera indica L, in Ghanna. African Journal of Agricultural Research. Vol 9 (21).1618-1622. 2014.
63. -----  
[http://bimpapah.com/uploads/pdf/Buku\\_Pedoman\\_Pascapanen\\_Mangggis.pdf](http://bimpapah.com/uploads/pdf/Buku_Pedoman_Pascapanen_Mangggis.pdf)  
 . Buku Pedoman Pasca Panen Manggis. Diunduh pada 8 Januari 2016..