

LAPORAN TEKNIS 2016

58/AIR 4/OT 02 02/01/2017

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

Rindy Panca Tanhindarto, Harsojo, Idrus Kadir, Indah Arastuti



**PUSAT APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL
2017**

LAPORAN TEKNIS 2016


58/AIR 4/OT 02 02/01/2017

DOKUMEN TEKNIS RADIASI UNTUK PENGAWETAN
BAHAN PANGAN DAN KARANTINA PRODUK PERTANIAN

Rindy Panca Tanhindarto, Harsojo, Idrus Kadir, Indah Arastuti


Mengetahui/Menyetujui

Kepala Bidang Proses Radiasi



Dr. Darmawan
NIP. 1910108 198803 1 002

Kepala Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi



Totti Tjiptosumirat
NIP. 19630830 198803 1 002

ABSTRAK

Aplikasi teknik iradiasi dapat digunakan untuk tujuan *phytosanitary* dan *sanitary*, Masalah utama yang timbul pada komoditas pangan segar, kering dan olahan adalah tingginya tingkat cemaran mikroorganisma, sedangkan untuk ekspor buah segar ke negara tujuan dan penggunaan bahan kimia seperti fumigasi sudah terbatas dan dikurangi. Jika komoditi pertanian baik pangan segar, kering maupun olahan yang telah di iradiasi pada kondisi tepat akan awet dan aman dikonsumsi tanpa mengalami perubahan nilai gizi dan cita rasa. Ada 4 kegiatan penelitian yaitu: pertama, telah dilakukan uji efikasi untuk mencari dosis lethal yaitu dosis radiasi yang menyebabkan kematian pada serangga. Dari pengamatan yang dilakukan telah diperoleh data yaitu dosis yang menyebabkan kematian pada kutu putih adalah pada dosis 1900 Gy untuk stadium dewasa. Dosis yang digunakan adalah 0, 250, 500, 750 dan 1000 Gy dengan 3 (tiga) tingkat kematangan. Pada dosis 750 Gy telah menyebabkan kulit manggis menjadi keras dan sulit dibuka sehingga tidak layak dikonsumsi. Dari analisa kimia, perlakuan radiasi tidak menyebabkan perubahan yang signifikan pada kadar glukosa, Vitamins C dan Total asam. Kedua, pengaruh iradiasi sifat fisiko-kimia rumput laut. Rumput laut kering dikemas dengan plastik Polietilen (PE) lalu divakum dan diiradiasi dengan iradiasi mesin berkas elektron (MBE) pada dosis 3 dan 5 kGy dan tanpa iradiasi sebagai kontrol. Hasil pengujian menunjukkan bahwa iradiasi 3-5 kGy secara umum tidak mempengaruhi kadar air, pH, aktivitas air (Aw), protein dan lemak, komposisi asam amino dan asam lemak, asam amino dan SEM. Sedangkan kadar gula reduksi dan antioksidan rumput laut juga relatif stabil akibat iradiasi, meskipun ada kecenderungan antioksidan meningkat. Sedangkan kadar klorofil mengalami penurunan. Ketiga, penelitian aplikasi iradiasi gamma pada dosis radiasi sedang sampai tinggi (0, 3, 6, 9, 15, 20, 25, dan 30 kGy) dengan menggunakan laju dosis 3 - 5 kGy/jam dan proses radiasinya dilakukan pada suhu ruang menunjukkan bahwa pangan semi basah (nasi) belum memberikan hasil optimal dalam mempertahankan kualitas mutu higienisnya terhadap perubahan sifat organoleptik (aroma, rasa dan penampakan secara umum), baik dikemas dengan kertas dan alufo vakum, daun + plastik dan cup plastik, serta perlakuan variasi kemasan yaitu 1) kemasan cup nasi + kertas nasi; 2) kemasan alu-foil dengan dikemas vakum; 3) kemasan alu-foil dengan dikemas non vakum; dan 4) kemasan alu-foil + kertas nasi dengan dikemas non vakum. Nasi iradiasi hanya mampu diperpanjang selama 8 hari. Keempat, Pengaruh iradiasi mikroflora pada pete (*Parkia speciosa*) menunjukkan bahwa iradiasi dosis 0,25 kGy dapat menurunkan jumlah bakteri aerob akan tetapi indikasi lainnya adalah pete menjadi kekuningan. Pete mengandung logam tembaga dan kadmium. Rumput laut yang diiradiasi sampai dengan dosis 3 kGy dan 5 kGy tidak mengubah mikronutrisi fungsional rumput laut. Iradiasi mampu mempertahankan kadar asam amino, antioksidan dan mikronutrisi lainnya, serta secara nyata pertumbuhan mikroba, hanya fenol cenderung menurun. Secara nyata pertumbuhan mikroba dapat dieliminasi 2-5 log cycle.

Kata kunci: iradiasi pangan, pangan segar, kering, semi basah olahan nasi, *sanitary*, *phytosanitary*, pete, rumput laut, lalat buah, kutu putih.

PENDAHULUAN

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 dan dari kaji mutu standar telah dihasilkan SNI pangan olahan.

Indonesia mempunyai banyak jenis buah-buahan khas tropika seperti mangga, manggis, rambutan, salak, pisang, durian dan lain-lain. Dalam hal produksi, Indonesia termasuk terbesar di dunia, seperti mangga termasuk produksi terbesar ke-7 dunia. Dalam hal kualitas, buah-buahan Indonesia masih kalah bersaing dengan negara tetangga seperti halnya negara Thailand begitu juga halnya dengan nilai ekspor buah-buahan Indonesia yang masih kalah bersaing. Pemerintahan yang sekarang sedang mencanangkan peningkatan ekspor buah-buahan ke mancanegara untuk meningkatkan pendapatan negara dan masyarakat.

Negara-negara yang sudah maju seperti Australia dan Amerika Serikat mempunyai syarat tertentu jika ingin mengekspor buah ke negara tersebut. Salah satu perlakuan yang disyaratkan oleh negara maju adalah perlakuan iradiasi untuk tujuan karantina. Perlakuan karantina adalah suatu perlakuan yang mencegah keluar masuknya suatu Organisme Pengganggu Tumbuhan (OPT) dari dan ke suatu negara termasuk lalat buah dan kutu putih yang sedang dilakukan penelitian di PAIR-BATAN. Lalat buah dan kutu putih adalah suatu Organisme Pengganggu Tumbuhan Karantina (OPTK) yang sangat ditakuti oleh negara-negara tertentu masuk ke negara tersebut. Lalat buah merupakan hama utama pada mangga sedangkan kutu putih adalah hama utama pada manggis. Mangga dan manggis merupakan primadona ekspor buah Indonesia.

International Plant Protection Convention (IPPC) telah mengizinkan penggunaan perlakuan radiasi yang tertuang dalam International Standar Phytosanitary Measures no 18 (ISPM no 18). Dalam ISPM no 18, perlakuan radiasi akan menyebabkan kematian (dosis lethal), menyebabkan kemandulan (dosis sublethal) dan menyebabkan kegagalan perkembangan ke tahap selanjutnya.

Potensi Indonesia sebagai negara produsen rumput laut tidak perlu diragukan lagi. Saat ini, Indonesia merupakan produsen rumput laut terbesar di dunia dengan memasok sekitar 50% kebutuhan dunia yang mencapai 1,9 juta ton/tahun rumput laut kering. Akhir-akhir ini perhatian terhadap rumput laut sebagai sumber pangan semakin besar. Bahkan Chapman, menyatakan rumput laut merupakan tanaman paling penting di dunia, meskipun pada awalnya dianggap masalah bagi manusia, karena sifatnya yang mudah menyebar dari satu perairan ke perairan lainnya. Hal ini tidak terlepas dari kontribusi rumput laut di alam, baik sebagai penyeimbang lingkungan, sumber oksigen, rantai makanan primer, bahan pangan manusia maupun potensinya sebagai bahan bakar alternatif masa depan. Biomassa alga diperkirakan mencapai 10 kali biomassa seluruh tanaman darat.

Rumput laut telah lama dimanfaatkan oleh masyarakat dan dunia industri untuk berbagai keperluan. Sejak masyarakat pesisir mengenal komoditi laut

tersebut, telah dimanfaatkan sebagai sumber makanan, dengan mengkonsumsinya secara langsung, dan diproses menjadi berbagai bentuk pangan olahan. Dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, maka rumput laut diketahui mengandung senyawa hidrokoloid, senyawa bioaktif dan berbagai senyawa penting lainnya. Sejak saat itu, komoditi tersebut diketahui memiliki nilai ekonomis tinggi dan dikembangkan secara komersial. Dunia industri telah mengolah rumput laut menjadi sekitar 500 jenis produk olahan dan berhasil dikembangkan secara komersial, seperti agar-agar, puding, obat-obatan, kosmetik, pasta gigi, shampoo, kertas, tekstil, dan pelumas pada pengeboran sumur minyak. Besarnya potensi rumput sebagai sumberdaya kelautan yang dapat dijadikan bahan baku berbagai industri, termasuk agroindustri pangan belum diupayakan secara optimal. Oleh karena itu diperlukan iptek yang mampu memberikan percepatan pembangunan agroindustri berbasis hasil laut, termasuk agroindustri pangan hasil laut (rumput laut). Iptek nuklir termasuk salah satu iptek pilihan yang unggul yang diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi penanganan agroindustri rumput laut, termasuk potensi agroindustri pangan di dalamnya, sejak penanganan pascapanen hingga industri olahannya. Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan upaya penanganan pasca panen dan olahan industri berbasis rumput laut dengan teknologi iradiasi. Diharapkan dengan teknologi iradiasi dapat meningkatkan kualitas penanganan rumput laut, baik sebagai bahan baku industri maupun industri olahannya khususnya industri pangan berbasis rumput laut.

Usaha untuk memperbaiki rantai proses produksi pada pangan segar, kering dan olahan dapat dilakukan melalui penerapan perbaikan rantai proses produksi pada teknik pengolahan, pengemasan dan penyimpanan. Dalam penelitian juga dilakukan mengevaluasi perubahan organoleptik, fisiko-kimia yang terjadi, dan uji mikrobiologi.

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. Hasil penelitian terdahulu tentang proses radiasi pada dosis sedang (< 10 kGy) atau *Clean diet* terhadap kualitas pangan segar, kering dan olahan sudah terbukti bahwa iradiasi dapat memperpanjang masa simpan, menurunkan 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 olahan nabati, hewani termasuk hasil laut dalam upaya meningkatkan pemberdayaan ekonomi masyarakat.

BAHAN DAN METODA

Ada 4 Sub-komponen yang akan dilakukan yaitu

1. Proses Radiasi Untuk Perlakuan Phitosanitary Mangga dan Manggis Dengan Iradiasi Gamma.
2. Pengaruh Iradiasi Terhadap Sifat Fisiko-Kimia dan Mikrobiologi Rumput Laut.
3. Pengembangan dan Aplikasi Proses Radiasi Dosis Sedang dan Tinggi Untuk Pengawetan Bahan Pangan Berbasis Karbohidrat.
4. Pengaruh Iradiasi Terhadap Mikroflora Pete (*parkia speciosa*)

Bahan.

Bahan untuk penelitian ialah beras, pete rumput laut, manggis dan mangga.

Peralatan.

Iradiasi dilakukan dalam Iradiator Panorama Serbaguna (IRPASENA) dan Iradiator Karet Alam (IRKA) di PAIR Batan, Pasar Jumat Jakarta yang menggunakan sumber radiasi ^{60}Co . Alat yang digunakan untuk penelitian sifat fisiko-kimia dan mikrobiologi terdiri dari neraca analitik, eksikator, botol timbang, cawan porselen, labu kjeldahl, pemanas listrik, kertas saring, corong, pipet, stop watch, gelas ukur, gelas piala, buret, pH-meter, oven, tanur listrik, cawan petri, *spreader*, tabung reaksi, otoklaf, incubator, SEM dan *laminar air flow cabinet*.

Penyiapan Bahan dan Perlakuan.

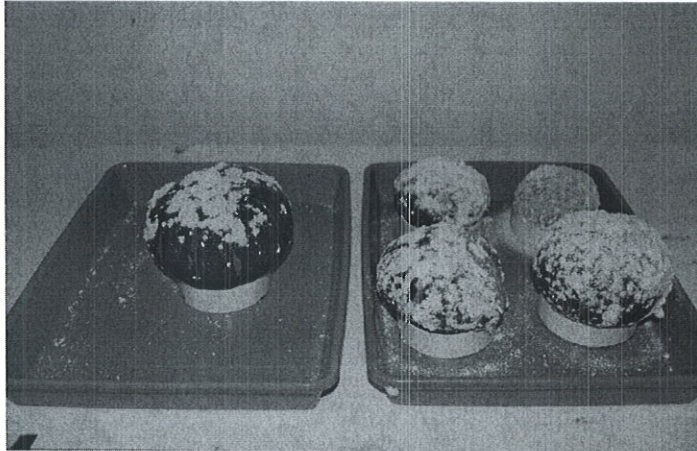
1. Proses Radiasi Untuk Perlakuan Phitosanitary Mangga dan Manggis Dengan Iradiasi Gamma.

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 *Psoudococcus cryptus*, *Hexalamoclus hispidus* dan *Dismicoccus neobravigipes*. Kutu putih dipelihara di laboratorium dengan menggunakan labu kaboca (*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 kaboca secara hati-hati. Kutu putih dibiarkan tumbuh dan berkembang biak di kaboca.
2. Sampel bagian tanaman yang mengandung kutu putih diletakkan dengan posisi bersentuhan dengan labu kaboca.
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 kaboca 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 2. Pemeliharaan kutu putih di laboratorium dengan labu kabocha sebagai inang alternative

Perlakuan radiasi pada kutu putih untuk mencari Dosis Lethal

Dalam penelitian tahun ini, dicari dosis radiasi yang menyebabkan kematian pada kutu putih (Dosis lethal). Sebanyak 50 ekor kutu putih diletakkan pada permukaan kabocha. 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, 500, 1500 dan 2000 Gy. Sehari setelah radiasi dilakukan pengamatan, diamati jumlah kutu putih yang mengalami kematian. Pengamatan dilakukan di bawah mikroskop.

2. Pengaruh Iradiasi Terhadap Sifat Fisiko-Kimia dan Mikrobiologi Rumput Laut.

Telah dilakukan pengujian sampel lanjutan aspek sifat fisiko-kimia rumput laut antara lain kadar gula reduksi, kadar klorofil, uji aktivitas antioksidan, dan scanning Electron Microscope (SEM).

3. Pengembangan dan Aplikasi Proses Radiasi Dosis Sedang dan Tinggi Untuk Pengawetan Bahan Pangan Berbasis Karbohidrat

Penyiapan Bahan dan Perlakuan.

Sampel beras di tanak menggunakan rice cooker kemudian dikemas dengan variasi pengemas. Kemudian diiradiasi di iradiator dengan variasi dosis dari dosis sedang sampai tinggi (0; 3; 6; 9; 15; 20; 25; 30 kGy). Adapun cara penyiapan proses radiasi disiapkan sesuai dengan standar dosis sedang dan tinggi (SNI dosis sedang dan tinggi). Kemudian dimasukkan dalam kotak styrofoam (25x30x45) cm dan diiradiasi dengan laju dosis 3 - 5 kGy/jam. Setelah iradiasi, sampel disimpan pada suhu ruang (30 ± 2)° C dengan kelembaban 80 -85 %. Pengamatan untuk sampel uji organoleptik (bau, rasa dan penampakan secara umum).

Kegiatan percobaan dilakukan dalam 3 kegiatan percobaan adalah:

- Percobaan I.

Bahan penelitian digunakan beras sidenuk, dengan perlakuan dosis radiasi 0, 3, 6, 9, 15, dan 30 kGy dan dikombinasikan dengan pengemas (kertas dan alufo vakum)

- Percobaan II

Bahan penelitian digunakan beras sidenuk, dengan perlakuan dosis radiasi 0, 3, 6, 9, 15, dan 30 kGy dan dikombinasikan jenis pengemas : daun + plastik dan cup plastik

- Percobaan III

Bahan sampel diganti dengan beras dengan karakteristik yang berbeda dengan percobaan terdahulu (beras pera), dengan perlakuan dosis radiasi 0; 15; 20; 25; dan 30 kGy. Adapun perlakuan variasi kemasan 4 taraf yaitu 1) kemasan cup nasi + kertas nasi; 2) kemasan alu-foil dengan dikemas vakum; 3) kemasan alu-foil dengan dikemas non vakum; dan 4) kemasan alu-foil + kertas nasi dengan dikemas non vakum.

4. Pengaruh iradiasi terhadap mikroflora pete (*parkia speciosa*)

Persiapan sampel pete. Sampel dikupas secara aseptis dan ditimbang untuk dimasukkan dalam kantong plastik dan selanjutnya diiradiasi di IRPASENA dengan dosis 0 dan 0,25 kGy pada laju dosis 1,1 kGy/j

Metode analisis.

1. Proses Radiasi Untuk Perlakuan Phitosanitary Mangga dan Manggis Dengan Iradiasi Gamma.

Uji kualitas manggis

Manggis langsung diambil dari kebun manggis di daerah Leuwiliang (Bogor) dan dari daerah Purwakarta. Pada penelitian ini menggunakan 3 indeks kematangan. Indeks 1 : Warna kulit buah hijau kekuningan, buah belum tua dan getah masih banyak. Isi buah masih sulit dipisahkan dari daging Buah belum siap dipanen. Indeks 2 : Warna kulit buah kuning kemerahan dengan bercak merah hampir merata. Buah hampir tua dan getah mulai berkurang. Isi buah masih sulit dipisahkan dari daging Belum siap dipanen. Indeks 3 : Warna kulit buah merah kecoklatan. Kulit buah masih bergetah. Isi buah sudah dapat dipisahkan dari daging kulit. Buah disarankan dapat dipetik/dipanen untuk tujuan ekspor

Parameter yang digunakan adalah kekerasan kulit buah yang diukur dengan alat penetrometer, kesegaran sepal buah dan kematangan buah yang dilihat dengan tingkat warna, diukur dengan chroma meter. Kadar glukosa diukur dengan refraktometer dan kadar vitamin C serta Total asam diukur dengan menggunakan metoda titrasi. Kesegaran buah diukur dengan cara membelah buah dan dilihat warna daging buah.

Pengamatan dilakukan sampai buah manggis tidak layak dikonsumsi, dilihat dengan indikator bahwa kulit buah menjadi keras dan sulit dibelah juga daging buah tidak putih dan tidak segar. Dosis radiasi yang digunakan adalah 0, 250, 500, 750 dan 1000 Gy.

2. Pengaruh iradiasi terhadap sifat fisiko-kimia dan mikrobiologi rumput laut

Metode Pengujian Sifat fisiko-kimia

Kadar air, pH dan A_w

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 sesuai SNI [5].

Analisis protein

Pengukuran kadar protein dilakukan dengan metode Lowry menggunakan spektrofotometer [5]. Rumput laut sebanyak 1 g diekstrak dengan akuades sampai volume 200 ml dan disaring dengan kertas saring. 1 ml larutan dimasukkan ke dalam tabung reaksi, dan ditambah dengan 2 ml Lowry D, segera digojog dengan vortex dan diinkubasi pada suhu kamar selama 15 menit, ditambah 3 ml Lowry E, kemudian divortex dan diinkubasi pada suhu kamar selama 45 menit dan segera diukur absorbansinya pada 590 nm. Dibuat kurva standard bovin serum albumin dengan konsentrasi 0,06; 0,12; 0,18; 0,24; 0,3 mg/ml akuades, sehingga diperoleh garis regresi hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi protein. Berdasarkan garis ini kandungan protein cuplikan dapat diketahui.

Analisis lemak

Lemak dianalisis berdasarkan metode Soxhlet [75]. Rumput laut kering sebanyak 2 gram, diekstraksi dengan petroleum eter secukupnya. Setelah didestilasi selama 6 jam, destilat dimasukkan ke dalam botol timbang yang bersih dan diketahui beratnya, kemudian petroleum eter diuapkan dengan penangas air sampai larutan agak pekat. Cairan pekat tersebut dikeringkan dalam oven suhu $\pm 50^\circ\text{C}$ sampai beratnya konstan. Berat residu dalam botol timbang dianggap sebagai berat lemak.

Analisis asam amino

Asam amino dianalisis dengan menggunakan metode reaksi ninhidrin [76] pasca kolom, dengan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT). Rumput laut kering sebanyak ± 5 mg dimasukkan dalam tabung reaksi bertutup. Ditambahkan 1 ml HCl 6 N ke dalam tabung dan dialiri dengan gas nitrogen, kemudian tabung ditutup. Sampel dihidrolisis dengan cara dimasukkan ke dalam oven selama 22 jam pada suhu 110°C . Setelah 22 jam, sampel dikeringkan dengan gas nitrogen sambil direndam dalam air hangat ($\pm 35^\circ\text{C}$). Untuk analisis sampel selanjutnya ditambah 0,5 ml NaOH 0,01 N dan didiamkan selama 4 jam pada suhu kamar. Kemudian ditambahkan 1,5 ml HCl 0,02 N dan digetarkan dengan gelombang ultrasonik selama 5 menit. Cairan sampel disaring dengan kertas whatman 0,2 μm dan siap untuk diinjeksikan pada KCKT untuk pemisahan asam amino.

Analisis asam lemak

Asam lemak dianalisis sesuai AOAC [76], dengan menggunakan kromatografi gas. Rumput laut kering sebanyak 2 gram, diekstraksi dengan petroleum eter secukupnya. Destilat diuapkan pelarutnya dengan penangas air sampai larutan agak pekat. Filtrat (bagian yang tertinggal) diekstraksi dengan 1 ml BF₃-methane 20% pada tabung reaksi yang ditutup rapat dan dipanaskan dengan penangas air pada suhu ± 45°C sambil digoyang-goyang selama 30 menit. Larutan diekstrak dengan 2 ml n-heksan, sehingga terbentuk 2 lapisan. Lapisan atas adalah ester dan n-heksan. Lapisan inilah yang diinjeksikan pada alat kromatografi gas.

Analisis Kandungan Total Fenol

Analisis kandungan fenolik total menggunakan metode Folin-Ciocalteu yang absorbansinya diukur pada panjang gelombang 765 nm [77]. Standar asam galat dibuat dengan variasi konsentrasi 5-125 ppm dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 765 nm. Prosedur pengukuran sampel dilakukan dengan cara menimbang sampel sebanyak 100-150 mg lalu ditambahkan dengan 0,5 ml metanol, 2,5 ml aquadest dan 2,5 ml reagent Folin-Ciocalteu 50%. Campuran didiamkan selama 5 menit kemudian ditambahkan dengan 2 ml Na₂CO₃ 7,5% dan divorteks lalu diinkubasi selama 15 menit pada suhu 45°C. Absorbansi sampel diukur pada panjang gelombang 765 nm dengan menggunakan spektrofotometer UV-VIS. Perhitungan kandungan fenolik total menggunakan rumus berikut :

$$\text{TPC} = \frac{c \cdot v \cdot fp}{g}$$

g

Ket. : c = konsentrasi Fenolik (nilai x) ; v = volume ekstrak yang digunakan (ml) ;
fp = Faktor pengenceran; g = Berat sampel yang digunakan (g).

Analisis Mikrobiologi

Kandungan total bakteri aerob, total bakteri koli serta kandungan kapang dan khamir masing-masing dihitung dengan metode angka lempeng total (ALT) setelah ditumbuhkan pada media *Tryptic Soy Agar* (TSA), *MacConkey Agar* (MCA), dan *Sabouraud Dextrose Agar* (SDA) [78].

2. Pengembangan dan Aplikasi Proses Radiasi Dosis Sedang dan Tinggi Untuk Pengawetan Bahan Pangan Berbasis Karbohidrat

Uji Organoleptik. Uji organoleptik dilakukan di laboratorium Bahan Pangan PAIR. Penilaian dilakukan panelis terlatih terhadap parameter aroma, rasa, dan penampakan secara umum, serta pertumbuhan jamur permukaan sampel secara visual. 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 (RAHAYU WP. 1999)

4. Pengaruh iradiasi terhadap mikroflora pete (*parkia speciosa*)

- a. Penentuan Jumlah Bakteri Aerob. Penentuan jumlah bakteri aerob dilakukan dengan cara sampel ditimbang 25 g kemudian dimasukkan dalam air pepton steril seperti pada penelitian HARSOJO dan IRAWATI [69].
- b. Penentuan jumlah bakteri koli dan E. coli dilakukan seperti pada penelitian HARSOJO dan CHAIRUL [70].
- c. Penentuann jumlah bakteri *Staphylococcus* spp. Penentuan jumlah bakteri *Staphylococcus* spp dilakukan dengan menggunakan media Baird Parker Agar (Oxoid) seperti pada penelitian HARMASTINI dan HARSOJO [71].
- d. Penentuan Logam Berat. Penentuan logam berat dilakukan dengan menggunakan metode SAA merek Varian 775 tahun 1979 seperti pada penelitian HARSOJO dan CHAIRUL [70].

Rancangan Percobaan

Percobaan dilakukan dengan menggunakan rancangan percobaan *Rancangan Acak lengkap* (RAL) dalam percobaan faktorial [79], dengan 3 kali ulangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Proses radiasi untuk perlakuan phitosanitary mangga dan manggis 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.

Pada uji kualitas buah manggis, perlakuan radiasi telah menyebabkan kerusakan pada buah manggis pada dosis 750 Gy. Pada dosis ini telah menyebabkan kulit buah manggis mengalami kekerasan hingga sulit untuk dibuka sehingga tidak layak dikonsumsi. Hal ini terjadi pada hari ke -15 setelah perlakuan radiasi. CODEX mengizinkan penggunaan radiasi untuk produk-produk segar di bawah 1 KGy.

Dari analisa kimia yang telah dilakukan, sampai pada dosis tertentu perlakuan radiasi tidak menyebabkan perubahan yang signifikan pada kadar glukosa, kadar vitamin C dan total asam.

2. Pengaruh iradiasi terhadap sifat fisiko-kimia dan mikrobiologi rumput laut

Kadar air, pH dan aktivitas air (A_w)

Hasil penetapan kadar air, pH dan A_w terhadap sampel rumput laut kering *E. cottonii* dan *Sargassum* sp. Dapat dilihat pada Tabel 1. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa iradiasi 3-5 kGy relatif tidak mengubah baik kadar air, pH maupun A_w Air pada rumput laut *E. cottonii* dan *Sargassum*. Dalam suatu jenis bahan pangan, termasuk rumput laut, air merupakan komponen penting karena ikut menentukan *acceptability* dan daya tahan bahan tersebut.

Tabel 1. Kadar air, pH dan A_w rumput laut kering

Jenis Rumput laut	Dosis Iradiasi (kGy)	Kadar air (%)	pH	A_w
<i>E. cottonii</i>	Kontrol	16,15	6,34	0,78
	3	15,69	6,44	0,88
	5	15,43	6,67	0,72
<i>Sargassum</i>	Kontrol	15,78	6,53	0,72
	3	15,25	6,38	0,69
	5	15,43	6,41	0,74

Protein, Lemak dan fenol

Hasil analisis kadar protein, lemak dan fenol rumput laut disajikan pada Tabel 2. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa iradiasi 3-5 kGy juga tidak mengubah kadar protein dan lemak rumput laut. Rumput laut *E. cottoni* dan *Sargassum* memiliki kadar protein sedang (5-6%) dan berkadar lemak rendah (dibawah 2%). Kadar protein dalam bahan makanan sangat menentukan kualitas bahan makanan yang bersangkutan. Rumput laut secara umum mengandung lemak sebesar 1-5% dari berat kering. Rumput laut mengandung sangat sedikit lemak. Rumput laut dan tumbuhan pada umumnya menyimpan cadangan makanannya dalam bentuk karbohidrat terutama polisakarida. Sedangkan hewan, menyimpan cadangan makanannya dalam bentuk lemak dalam jaringan lemak. Perbedaan bentuk penyimpanan cadangan makanan ini menyebabkan lemak nabati umumnya mempunyai persentase yang rendah, sedangkan lemak hewani mempunyai persentase yang tinggi. Kadar fenol tidak ditemukan pada rumput laut *E. cottonii*, sedangkan pada *Sargassum*, iradiasi menurunkan kadar fenol dari 1,96 mg/kg pada kontrol menjadi tidak ditemukan lagi pada rumput laut *Sargassum* yang diiradiasi 5 kGy.

Tabel 2. Kadar protein, lemak dan fenol rumput laut kering

Jenis Rumput laut	Dosis Iradiasi (kGy)	Protein (%)	Lemak (%)	Fenol (mg/kg)
<i>E. cottonii</i>	Kontrol	4,78	0,21	tt
	3	4,12	0,19	tt
	5	4,54	0,20	tt
<i>Sargassum</i>	Kontrol	4,90	0,20	1,96
	3	3,89	0,19	0,70
	5	4,31	0,19	tt

Keterangan: tt=tidak terdeteksi

Asam amino

Hasil analisis asam amino pada rumput laut *E. cottonii* iradiasi disajikan pada Tabel 3. Sedangkan pada Tabel 4 disajikan hasil analisis asam amino pada rumput laut *Sargassum* sp. Iradiasi. Pada kedua tabel tersebut dapat dilihat bahwa iradiasi 3-5 kGy relatif tidak mengubah komposisi asam amino. Protein tersusun dari asam-asam amino, sehingga hidrolisis protein secara sempurna akan diperoleh asam-asam amino.

Tabel 3. Hasil pengujian asam amino pada rumput laut *E. cottonii* iradiasi (% w/w)

Parameter	Dosis iradiasi		
	Kontrol	3 kGy	5 kGy
Aspartic acid	0.19	0.14	0.22
Glutamic acid	0.21	0.16	0.27
Serine	0.12	0.06	0.11
Histidine	0.02	0.01	0.01
Glycine	0.09	0.06	0.10
Threonine	0.08	0.06	0.09
Arginine	0.09	0.06	0.12
Alanine	0.10	0.08	0.13
Tyrosine	0.05	0.03	0.06
Methionine	0.03	0.02	0.05
Valine	0.10	0.08	0.14
Phenylalanine	0.10	0.08	0.13
I-leucine	0.12	0.10	0.13
Leucine	0.14	0.11	0.18
Lysine	0.06	0.03	0.08
Totoal asam amino	1,49	1.06	1.81

Tabel 4. Hasil pengujian asam amino pada rumput laut *Sargassum* iradiasi (% w/w)

Parameter	Dosis iradiasi		
	Kontrol	3 kGy	5 kGy
Aspartic acid	0.32	0.37	0.22
Glutamic acid	0.49	0.50	0.27
Serine	0.08	0.15	0.11
Histidine	0.09	0.04	0.01
Glycine	0.17	0.17	0.10
Threonine	0.09	0.12	0.09
Arginine	0.10	0.15	0.12
Alanine	0.19	0.22	0.13
Tyrosine	0.04	0.10	0.06
Methionine	0.03	0.06	0.05
Valine	0.18	0.21	0.14
Phenylalanine	0.18	0.21	0.13
I-leucine	0.14	0.18	0.13
Leucine	0.21	0.28	0.18
Lysine	0.09	0.10	0.08
Total asam amino	2.41	2.86	1.81

Asam lemak

Pada Tabel 5,6 dan Tabel 7 disajikan hasil pengujian asam lemak pada rumput laut *E. cottonii*, baik kontrol maupun iradiasi. Sedangkan pada Tabel 8,9 dan Tabel 10 disajikan hasil pengujian asam lemak pada rumput laut *Sargassum* sp., baik kontrol maupun iradiasi. Dari kelima tabel tersebut terlihat bahwa iradiasi cenderung meningkatkan kandungan asam lemak rumput laut, meskipun secara umum relatif tidak berubah. Lemak merupakan ester asam lemak dan gliserol, sehingga apabila lemak dipecah secara sempurna akan dihasilkan gliserol dan asam-asam lemak. Asam-asam lemak ini yang menentukan kualitas dari lemak itu sendiri, sehingga pengukuran jenis dan kadar asam lemak sangat penting untuk menentukan kualitas lemak.

Tabel 5. Hasil pengujian asam lemak pada rumput laut *E. cottonii* tanpa iradiasi (kontrol) (% w/w).

Parameter	Hasil
Lauric Acid, C12:0	0.03
Myristic Acid, C14:0	0.96
Myristoleic Acid, C14:1	0.04
Pentadecanoic Acid, C15:0	0.13
Palmitic Acid, C16:0	18.00
Palmitoleic Acid, C16:1	0.17
Heptadecanoic Acid, C17:0	0.12
Cis-10-Heptadecanoic Acid, C17:1	0.04
Stearic Acid, C18:0	6.00
Oleic Acid, C18:1n9c	0.67
Linoleic Acid, C18:2n6c	0.10
Arachidic Acid, C20:0	3.11
Cis-11-Eicosenoic Acid, C20:1	0.04
Behenic Acid, C22:0	0.13
Cis-8,11,14-Eicosatrienoic Acid, C20:3n6	0.04
Erucic acid, C22:1n9	0.06
Tricosanoic Acid, C23:0	0.06
Lignoceric Acid, C24:0	0.15
Cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic Acid, C20:5n3	0.03
Fatty Acid Total	29.87

Tabel 6 . Hasil pengujian asam lemak pada rumput laut *E. cottonii* iradiasi 3 kGy (% w/w)

Parameter	Hasil
Lauric Acid, C12:0	0.15
Myristic Acid, C14:0	1.05
Pentadecanoic Acid, C15:0	0.17
Palmitic Acid, C16:0	22.09
Palmitoleic Acid, C16:1	0.15
Heptadecanoic Acid, C17:0	0.15
Stearic Acid, C18:0	6.34
Oleic Acid, C18:1n9c	0.83
Linoleic Acid, C18:2n6c	0.06
Arachidic Acid, C20:0	3.49
Cis-11-Eicosenoic Acid, C20:1	0.02
Heneicosanoic Acid, C21:0	0.07
Behenic Acid, C22:0	0.56
Erucic acid, C22:1n9	0.08
Tricosanoic Acid, C23:0	0.13
Lignoceric Acid, C24:0	0.26
Fatty Acid Total	35.60

Tabel 7. Hasil pengujian asam lemak pada rumput laut *E. cottonii* iradiasi 5 kGy (% w/w)

Parameter	Hasil
Capric acid, C10:0	0.01
Lauric Acid, C12:0	0.03
Myristic Acid, C14:0	1.18
Myristoleic Acid, C14:1	0.03
Pentadecanoic Acid, C15:0	0.15
Palmitic Acid, C16:0	27.02
Palmitoleic Acid, C16:1	0.20
Heptadecanoic Acid, C17:0	0.11
Cis-10-Heptadecanoic Acid, C17:1	0.00
Stearic Acid, C18:0	7.28
Oleic Acid, C18:1n9c	0.80
Linoleic Acid, C18:2n6c	0.05
Arachidic Acid, C20:0	0.06
Cis-11-Eicosenoic Acid, C20:1	0.03
Heneicosanoic Acid, C21:0	0.04
Cis-11,14-Eicosadienoic Acid, C20:2	0.04
Behenic Acid, C22:0	0.30
Cis-8,11,14-Eicosatrienoic Acid, C20:3n6	0.06
Erucic acid, C22:1n9	0.06
Tricosanoic Acid, C23:0	0.09
Lignoceric Acid, C24:0	0.20
Cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic Acid, C20:5n3	0.06
Fatty Acid Total	37.81

Tabel 8. Hasil pengujian asam lemak pada rumput laut *Sargassum* Tanpa iradiasi (kontrol) (% w/w)

Parameter	Hasil
Caprillic acid, C8:0	0.04
Capric acid, C10:0	0.06
Lauric Acid, C12:0	0.03
Myristic Acid, C14:0	1.93
Pentadecanoic Acid, C15:0	0.19
Palmitic Acid, C16:0	14.99
Palmitoleic Acid, C16:1	0.06
Heptadecanoic Acid, C17:0	0.16
Stearic Acid, C18:0	0.71
Oleic Acid, C18:1n9c	0.09
Linoleic Acid, C18:2n6c	0.07
Arachidic Acid, C20:0	0.19
Heneicosanoic Acid, C21:0	0.08

Cis-11,14-Eicosadienoic Acid, C20:2	0.14
Behenic Acid, C22:0	0.36
Tricosanoic Acid, C23:0	0.05
Lignoceric Acid, C24:0	0.18
Fatty Acid Total	19.32

Tabel 9. Hasil pengujian asam lemak pada rumput laut *Sargassum* iradiasi 3kGy (% w/w)

Parameter	Hasil
Capric acid, C10:0	0.06
Lauric Acid, C12:0	0.05
Myristic Acid, C14:0	1.68
Pentadecanoic Acid, C15:0	0.17
Palmitic Acid, C16:0	13.68
Palmitoleic Acid, C16:1	0.10
Heptadecanoic Acid, C17:0	0.14
Cis-10-Heptadecanoic Acid, C17:1	0.00
Stearic Acid, C18:0	0.64
Oleic Acid, C18:1n9c	0.05
Linoleic Acid, C18:2n6c	0.05
Arachidic Acid, C20:0	0.18
Heneicosanoic Acid, C21:0	0.09
Cis-11,14-Eicosadienoic Acid, C20:2	0.17
Behenic Acid, C22:0	0.40
Tricosanoic Acid, C23:0	0.03
Fatty Acid Total	17.48

Tabel 10. Hasil pengujian asam lemak pada rumput laut *Sargassum* iradiasi 5 kGy (% w/w)

Parameter	Hasil
Caprilic acid, C8:0	0.02
Lauric Acid, C12:0	0.03
Myristic Acid, C14:0	1.82
Myristoleic Acid, C14:1	0.08
Pentadecanoic Acid, C15:0	0.18
Palmitic Acid, C16:0	15.07
Palmitoleic Acid, C16:1	1.12
Heptadecanoic Acid, C17:0	0.14
Cis-10-Heptadecanoic Acid, C17:1	0.04
Stearic Acid, C18:0	0.62
Oleic Acid, C18:1n9c	2.37
Linoleic Acid, C18:2n6c	0.76
Arachidic Acid, C20:0	0.19
γ -Linolenic Acid, C18:3n6	0.07
Cis-11-Eicosenoic Acid, C20:1	0.24
Heneicosanoic Acid, C21:0	0.15
Cis-11,14-Eicosadienoic Acid, C20:2	0.17

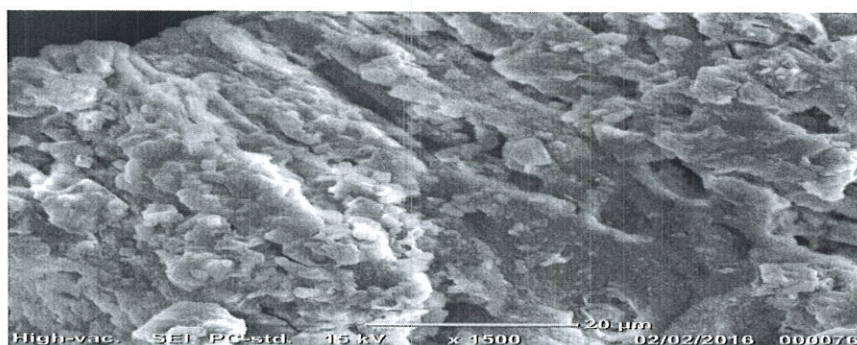
Behenic Acid, C22:0	0.38
Erucic acid, C22:1n9	0.05
Arachidonic Acid, C20:4n6	1.39
Tricosanoic Acid, C23:0	0.03
Lignoceric Acid, C24:0	0.22
Cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic Acid, C20:5n3	0.41
Fatty Acid Total	25.54

Mikroba

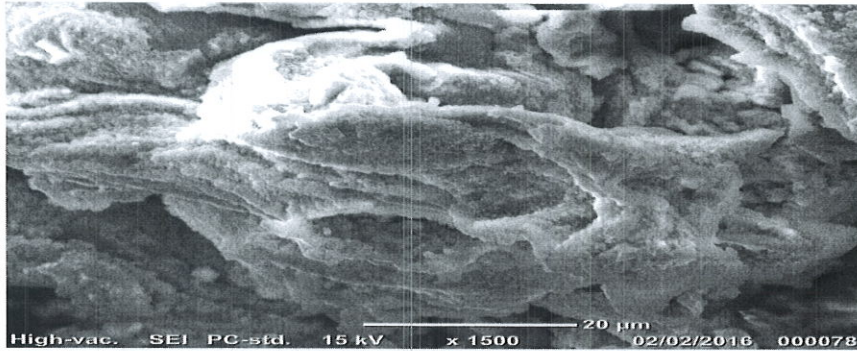
Hasil pengujian mikroba rumput laut *E. cottonii* dan *Sargassum* sp disajikan pada Tabel 11. Pada tabel tersebut terlihat bahwa iradiasi 3-5 kGy dapat menurunkan 3-5 log cycle bakteri. Pada dosis 5 kGy tidak terlihat lagi bakteri, sedangkan kapang dan khamir sudah tereliminasi cukup dengan dosis 3 kGy.

Tabel 11. Angka total bakteri aerob dan kapang dan khamir rumput laut kering iradiasi (CFU)

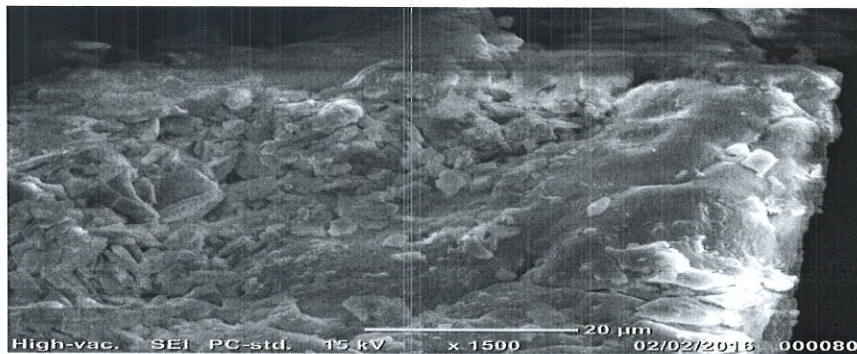
Jenis Rumput laut	Dosis Iradiasi (kGy)	Bakteri aerob	Kapang & Kamir
<i>E. cottonii</i>	Kontrol	$2,2 \times 10^5$	$2,4 \times 10^3$
	3	$1,5 \times 10^3$	0
	5	$2,6 \times 10^2$	0
<i>Sargassum</i>	Kontrol	$3,2 \times 10^5$	$1,5 \times 10^2$
	3	$2,3 \times 10^3$	0
	5	0	0



Gambar . Rumput Laut *E. cottonii* dengan SEM tanpa radiasi



Gambar . Rumput Laut E. cottoni dengan SEM iradiasi 5 kGy



Gambar . Rumput Laut E. cottoni dengan SEM iradiasi 7,5 kGy

3. Pengembangan dan Aplikasi Proses Radiasi Dosis Sedang dan Tinggi Untuk Pengawetan Bahan Pangan Berbasis Karbohidrat

Dari percobaan terhadap nasi yang diiradiasi dari dosis sedang sampai dosis tinggi 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.

Hasil yang diperoleh dari percobaan menunjukkan bahwa pengaruh dosis radiasi 0, 3, 6, 9, 15, dan 30 kGy yang dikombinasikan dengan jenis pengemas kertas dan alu-foil dengan perlakuan vakum. Memberikan hasil uji organoleptik terhadap aroma, rasa, dan penampakan secara umum memberikan indikasi mutu beras yang diiradiasi memberikan aroma dan rasa yang kurang. Beras yang diolah menjadi nasi yang diberikan perlakuan iradiasi akan mengalami atau terjadi pre gelatinasi dan mengalami sineresis. Hal ini diduga bahwa iradiasi menyebabkan terjadinya degradasi pati pada nasi dan dari sifat organoleptiknya nasi terlihat pera. Namun demikian, karena beras sidenuk mempunyai rasa pulen mengindikasikan mudah terjadi pemecahan pati serta hasil degradasinya sehingga timbul air yang terakumulasi di dalam kemasan; dimana, air pada nasi yang terdapat di dalam kemasan akan memicu perkembangan bakteri. Selanjutnya, nasi yang disimpan hanya mampu diperpanjang selama 1 minggu dan selanjutnya nasi timbul jamur.

Percobaan selanjutnya dilakukan perlakuan dengan dosis tinggi dan prosedur yang dilakukan sesuai dengan cara iradiasi yang baik pada dosis tinggi. Namun percobaan dilakukan dengan mengganti cara kemas yaitu sampel nasi dikemas dengan daun pisang dan dikombinasi di dalam kemasan cup yang terbuat dari plastik. Pengamatan yang dilakukan dengan uji organoleptik. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa nasi yang diiradiasi dosis tinggi ternyata panelis memberikan penilaian nasi menjadi pera setelah dilakukan uji organoleptik dan terjadi perubahan warna menjadi browning.

Selanjutnya, percobaan diuji coba kembali dengan perlakuan dosis 0; 15; 20; 25; dan 30 kGy. Bahan sampel beras diganti dengan jenis beras dengan karakteristik yang berbeda dengan percobaan terdahulu, yaitu jenis beras dengan kandungan amolisa tinggi (beras pera). Dari hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa perlakuan iradiasi masih belum optimal dalam mengawetkan nasi iradiasi, karena nasi iradiasi masih mempunyai umur simpan 1 minggu.

Namun demikian, Percobaan dilanjutkan dengan melihat perlakuan cara kemas. Adapun perlakuannya yaitu dengan dosis tinggi dan prosedur yang dilakukan sesuai dengan cara iradiasi yang baik pada dosis tinggi. Metode penelitiannya yaitu sampel diiradiasi dengan perlakuan dosis 0; 15; 20; 25; dan 30 kGy. Bahan sampel dengan beras pera dengan karakteristik yang berbeda dengan percobaan terdahulu. Adapun perlakuan variasi kemasan 4 taraf yaitu 1) kemasan cup nasi + kertas nasi; 2) kemasan alu-foil dengan dikemas vakum; 3) kemasan alu-foil dengan dikemas non vakum; dan 4) kemasan alu-foil + kertas nasi dengan dikemas non vakum.

Dari hasil uji organoleptik menunjukkan bahwa nasi dengan perlakuan iradiasi terjadi pre gelatinasi dan mengalami sineresis, karena iradiasi menyebabkan terjadinya degradasi pati pada beras dan dari sifat organoleptiknya nasi terlihat pera seperti percobaan sebelumnya. Hasilnya mengindikasikan bahwa nasi yang diiradiasi dosis tinggi memberikan hasil nasi pera secara organoleptik dan terjadi perubahan warna menjadi browning. Namun demikian, nasi yang diiradiasi mengindikasikan akan mudah terjadi pemecahan pati serta hasil degradasinya timbul air di dalam kemasan, dimana adanya air pada nasi yang dikemas akan memicu perkembangan bakteri dan kapang. Selanjutnya, nasi yang disimpan yang mampu diperpanjang selama 8 hari karena timbul kapang.

Dari hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa perlakuan iradiasi dosis tinggi masih belum optimal dalam mengawetkan nasi iradiasi, karena nasi iradiasi masih mempunyai umur simpan 8 hari belum sesuai dengan harapan. Selanjutnya, perlu dikaji ulang kembali percobaan dengan mencari berbagai cara pengolahan nasi seperti dilakukan nasi pratanak dan diiradiasi dengan dosis sedang sampai tinggi.

4. Pengaruh iradiasi terhadap mikroflora pete (*parkia speciosa*)

Hasil penelitian pendahuluan menggunakan dosis 0,5 kGy tidak menunjukkan adanya mikroba yang tumbuh akan tetapi pete terlihat mulai menguning. Oleh karena itu pada penelitian berikut ini dosis iradiasi diturunkan menjadi 0,25 kGy yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Total bakteri pada pete yang belum dan telah diiradasi (CFU/g)

Penyimpanan (hari)	Dosis (kGy)	Bakteri aerob	Bakteri koli	<i>E. coli</i>	<i>Staphylococcus spp</i>
0	0	$2,1 \times 10^3$	$2,0 \times 10^3$	$8,5 \times 10^2$	-
	0,25	-	-	-	-
3	0	$4,3 \times 10^3$	-	-	-
	0,25	$1,0 \times 10^2$	-	-	-
7	0	$3,0 \times 10^2$	-	-	-
	0,25	-	-	-	-

Keterangan: - = tidak tumbuh

Terlihat pada Tabel 1 bahwa pada penyimpanan 0 hari terdapat bakteri aerob, koli dan *E. coli* masing-masing sebesar $2,1 \times 10^3$; $2,0 \times 10^3$ dan $8,5 \times 10^2$ CFU/g. Bakteri *Staphylococcus spp* tidak didapatkan pertumbuhannya pada pete. Pada dosis 0,25 kGy tidak ditemukan adanya bakteri aerob, koli, *E. coli* dan *Staphylococcus spp*. Pada penyimpanan 3 hari terlihat hanya bakteri yang dapat tumbuh pada kontrol dan pada dosis 0,25 kGy masing-masing sebesar $4,3 \times 10^3$ dan $1,0 \times 10^2$ CFU/g. Sedangkan bakteri lainnya telah tidak ditemukan kembali. Akan tetapi pada penyimpanan 7 hari masih terlihat pertumbuhan bakteri aerob sebesar $3,0 \times 10^2$ CFU/g, sedangkan bakteri lainnya tidak didapatkan lagi. Walaupun telah terjadi penurunan jumlah bakteri aerob namun hasil iradiasi pete menunjukkan warna kekuningan sehingga tidak akan dapat diterima konsumen.

Secara mikrobiologi pete dapat diiradasi dengan menurunkan jumlah bakteri akan tetapi warna kuning yang timbul sulit dicegah walau dengan dosis yang kecil. Umumnya dosis yang digunakan pada sayuran adalah $> 0,25$ kGy.

Tabel 2. Kandungan logam pada pete (ppm)

Cu	Pb	Cd
6,53	-	3,49

Keterangan : - tidak terdeteksi

Pada Tabel 2 terlihat kandungan timah hitam tidak terdeteksi, akan tetapi pada pete ditemukan logam lainnya seperti tembaga dan kadmium.

UCAPAN TERIMA KASIH

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

DAFTAR PUSTAKA

- Kalshoven. 1981. The Pest of Crops in Indonesia. PT. Ichtiar Baru – Van Hoeve. Jakarta. p 701.
- Metcalf, R.L., dan W. H. Luckmann. 1982. Introduction to Insect Pest Management. John Wiley & Son. New York, Singapore. 577p.

- IN, Purnama, Sarma, M, Naji, M. Strategi Peningkatan Mangga di Pasar International (The Enhancement Strategies for Indonesia Mango Marketing in International Market). *J.Horti*.24 (1) : 85-93,2014.
- 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
- Gould, Walter P and Guy J.Hallman. Irradiation Disinfestation of Diaprepes Root weevi (Coleoptera : curcilionidae) and Papaya Fruit Fly (Diptera : Tephritidae). *Scintific Notes Florida Entomologis* 87 (3).391-392. 2004.
- 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.
- 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
- 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
- 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.
- 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.
- 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
- 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.
- Roberts, Peter B. dan Yves M.Henon. Concumen response to irradiated food : purchase versus perception. *Stewart postharvest reviews* 2015.35. www.postharvest.com.ISSN 1745.9656
- 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

- Ghana. African Journal of Agricultural Research. Vol 9 (21). 1618-1622. 2014.
http://bimpapah.com/uploads/pdf/Buku_Pedoman_Pascapanen_Manggis.pdf.
 Buku Pedoman Pasca Panen Manggis. Diunduh pada 8 Januari 2016.
- 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).
- 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.
- 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).
- 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).
- 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.
- 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).
- 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.
- 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.
- 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.

- 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.
- 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.
- ARVANITOYANNIS I.S. *Irradiation of Food Commodities: Techniques, Applications, Detection, Legislation, Safety and Consumer Opinion*. Academic Press Elsevier, USA (2010).
- 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.
- HASAN, I., Arah pengembangan pangan tradisional, *Pengarahan MenPangan / Kepala Bulog pada pembukaan hari Pangan Sedunia XIII*, Jakarta, 12 Oktober, (1993).
- MUCHTADI T.R DAN SUGIYONO. *Pangan Semi Basah (Intermediate Moisture Food). Prinsip Proses dan Teknologi Pangan*. Alfabeta Bandung. (2013) 294-302.
- RAHAYU WP. 1999. *Penilaian Organoleptik*. Program Studi Supervisor Jaminan Mutu Pangan, Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi – FATETA IPB Bogor : IPB Press.
- HARSOJO dan IRAWATI, Z., Kontaminasi awal dan dekontaminasi bakteri patogen pada jeroan sapi dengan iradiasi gamma, *Jurnal Iptek Nuklir Ganendra* 14 (2) Juli (2011) h. 96-101
- HARSOJO dan CHAIRUL, S.M., Kandungan mikroba patogen, residu insektisida organofosfat dan logam berat, *Jurnal Kualitas Lingkungan Hidup, ECOLAB* 5 (2) Juli (2011) h. 88-95
- HARMASTINI dan HARSOJO, Kandungan bakteri dalam ayam bumbu kuning, dibawakan di SEMINAR PERMI (2015) Semarang.
- Dahuri, R. *Keanekaragaman Hayati Laut: Aset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta (2003).

- Anonim. *Menuju industri hilir rumput laut* (2010). *Majalah Trobos*, 130: 79–81
- Chapman, R.L. *Algae: the world's most important "plants"-an introduction*. Mitig ad apt strateg glob change (2010). DOI10.1007/s11027-010-9255-9. *Springrt link.com*.
- Anonim. Menggali manfaat rumput laut [serial online]. <http://www.kompas.com/kompas>. 2003. diakses 24 April 2007.
- DSN, *Cara Uji Makanan dan Minuman: SNI 01-2891-1992*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta (1992).
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. *Official Method of Analysis of The Association of Official Analytical of Chemist*. Arlington,
- ANGGRAENI, N.D., Analisa SEM (Scanning Electron Microscopy) dalam Pemantauan Proses Oksidasi Magnetite menjadi Henatitite. Pros. Semnas. VII Rekayasa & Aplikasi Teknik Mesin di Industri, Kampus Itenas, Bandung, 28-29 Okt. 2008, ITENAS-Bandung (2008) 50-56
- ALIMUDDIN. Prediksi Puncak Kematangan Buah Naga Melalui Pengukuran Gula Reduksi dengan Metode Nelson-Somogyi. *J. Kimia Mulawarman*, 9 2 (2012) 71-75.
- BLOOM, J. H. 1988. *Chemical and Physical Water Quality Analysis A Report and Practical at Training at Faculty of Fisheries*. Universitas Brawijaya, Malang.
- DHARMANANDA. S. 2002. *The Nutritional and Medicinal Value of Seaweeds Used in Chinese Medicine*. <http://www.itmonline.org/arts/seaweed.htm>. (9 Mei 2016).
- DWIYITNO. 2011. Rumput Laut sebagai Sumber Serat Pangan Potensial. *J. Squalen*, 6 (1) 9-17.
- DJAMIL, R., dan ANELIA, T., Penapisan Fitokimia Uji BSLT dan Uji Antioksidan Ekstrak Metanol Beberapa Spesies *Papilionaceae*, *J. Ilmu Kefarmasian Indonesia* 7 2 (2009) 68.
- ERIZAL dan RAHAYU, C., Karakteristik Hidrogel Poli (Vinil Alkohol) (PVA) Hasil Polimerisasi Radiasi, *Risalah Pertemuan Ilmiah AIR*, Jakarta 18-19 Feb. 1998, BATAN, Jakarta (1998) 137-144
- HANDAYANI, T., SUTARNO, dan AHMAD DWI SETYAWAN, A.D. 2004. Analisis Komposisi Nutrisi Rumput Laut *Sargassum crassifolium* J. Agardh. *Jurnal Biofarmasi* 2 (2): 45-52.

- HUSNI, A., SUBARYONO, PRANOTO, Y., TAZWIR dan USTADI. 2012. Pengembangan Metode Ekstraksi Alginat dari Rumpun Laut *Sargassum* sp. sebagai Bahan Pengental.
- IKROM, A.B., dan AUNUROHIM., Kandungan Klorofil a dan Karaginan *Euchema cottonii* yang Ditanam pada Kedalaman Berbeda di Desa Palasa, Pulau Poteran. *J. Teknik Pomits* 2 1 (2013) 2337-3539.
- KURNIAWAN, M., IZZATI, M., dan NURCHAYATI, Y., Kandungan Klorofil, Karotenoid dan Vit. C pada Beberapa Spesies Tumbuhan Akuatik. *Bul. Anatomi & Fisiologi* XVIII 1 (2010) 28-40.
- LEHNINGER, A.L. 1997. Dasar-dasar Biokimia. Jilid 1 (Penerjemah: Thenawidjaja, M). Erlangga, Jakarta.
- LIPUTO, S.A., BERHIMPON, S., dan FATIMAH, F. 2013. Analisa Nilai Gizi serta Komponen Asam Amino dan Asam Lemak dari Nugget Ikan Nike (*Awaous melanocephalus*) dengan Penambahan Tempe. *J. Chem. Prog.*, 6 (1) 38-44.
- MOREIRA, R.G., EKPAMYASKUN, N., and BRABY, L.A. 2010. Theoretical Approach for the Calculation of Radaition D₁₀-Value. *J. Food Processing and Engineering*, 33 (1) 314-340.
- 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 Nutritions Sci.*, (2) 428-433.
- MUCHTADI, T.R., dan SUGIYONO. 2014. Prinsip dan Teknologi Pangan. Alfabeta, Bandung. 320 hal.
- MUCHTADI, T.R., SUGIYONO, dan AYUSTANINGWARNO. 2015. Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan. Afabeta, Bandung. 324 hal.
- NURSID, M., WIKANTA, T., dan SUSILOWATI, R. 2013. Aktivitas Antioksidan, Sitotoksitas dan Kandungan Fukosantin Ekstrak Rumpun Laut Coklat dari Pantai Binuangeun, Banten. *JPB Kelautan dan Perikanan*, 8 (1) 73-84.
- OLOTU, I.O., ENOJIUGHA, V., and OBADINA, A.O. 2014. The effect of gamma irradiation and cooking on the amino acids profile of african oil bean seed (*pentaclethra macrophylla* Benth). *J. Food Processing and Preservation*, 38 (4) 2020-2026 .
- OZDEN, O., and ERKAN, N. 2010. Impact of Gamma Radiation on Nutritional Components of Minimal Processed Cultured Seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Iranian J. Fisheries Sci.* 9 (2) 265-278.

- PUTRI, R.M.S., NINSIX, R., dan SARI, A.G., Pengaruh Jenis Gula yang Berbeda Terhadap mutu Peremen Jelly Rumput Laut (*Euchema cottonii*), J. Tekn. Pertanian Andalas 19 1 (2015) 51-58
- SEDIOETAMA, A.D. 2000. Ilmu Gizi Untuk Mahasiswa dan Profesi. Jilid 1. Jakarta, Dian Rakyat.
- SAGSTUEN, E., SANDERUD, A., and HOLE, E.O. 2004. The Solid State Radiation Chemistry of Simple Amino Acids, Revisited: Review. J. Radiation Research, 162 : 122-119.
- SUTER, I.K. 2013. Pangan Fungsional dan Prospek Pengembangannya. Makalah disajikan pada Seminar Sehari dengan tema "Pentingnya Makanan Alamiah (*Natural Food*) Untuk Kesehatan Jangka Panjang" yang diselenggarakan oleh Ikatan Keluarga Mahasiswa (IKM) Jurusan Gizi Politeknik Kesehatan Denpasar, tgl. 18 Agustus 2013 di Denpasar.
- WIDYASTUTI, S. 2009. Kadar Alginat Rumput Laut yang Tumbuh di Perairan Laut Lombok yang di Ekstrak dengan Dua Metode Ekstraksi. J. Teknologi Pertanian, 10 (3) 144-152.
- ZAILANIE, K., SUSANTO, T., dan SIMON, B.W. 2001. Ekstraksi Dan Pemurnian Alginat dari *Sargassum Filipendula* Kajian dari Bagian Tanaman, Lama Ekstraksi dan Konsentrasi Isopropanol. Jurnal Teknologi Pertanian, 2 (1) 10-27
- WINARNO, F.G. 2002. Teknologi Pengolahan Rumput Laut. Pustaka Sinar Harapan, Jakarta. 112 hal.