



Penerapan teknologi iradiasi dalam proses pengolahan pangan

David Rusliman¹, Tantra Suraduhita Prayitno^{2,*}

¹ Program Studi Magister Ilmu Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Jawa Tengah 53122, Indonesia;

² Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Jawa Tengah 53122, Indonesia.

*Korespondensi: davidrusliman22@gmail.com

Diterima: 17 Mei 2024

Direvisi akhir: 22 Juli 2024

Disetujui: 31 Agustus 2024

ABSTRAK

Latar belakang: Perkembangan teknologi nontermal meningkat seiring perkembangan zaman. Teknologi tersebut meliputi aplikasi iradiasi bahan pangan yang meliputi metode *electron beam*, *X-rays*, dan iradiasi gamma. **Metode:** Metode *electron beam* merupakan teknik untuk mengawetkan makanan dengan menggunakan pancaran sinar elektron berenergi tinggi, sedangkan metode *x-rays* merupakan teknik yang menggunakan sinar-X berenergi tinggi untuk mengawetkan makanan. **Temuan:** Sinar-X dihasilkan dengan menembakkan berkas elektron berenergi tinggi ke target logam, menghasilkan radiasi sinar-X yang kemudian digunakan untuk mengiradiasi bahan pangan. Metode iradiasi gamma merupakan teknik yang menggunakan radiasi gamma, biasanya dari sumber radioaktif seperti Cobalt-60 atau Cesium-137, untuk mengawetkan makanan. Metode iradiasi gamma menjadi salah satu metode nontermal yang potensial untuk diaplikasikan pada produk buah stroberi dengan dosis maksimal 2 kGy dan dapat memperpanjang umur simpan buah stroberi hingga 12 hari serta mempertahankan nutrisi yang terkandung didalamnya dengan penambahan penyimpanan pada suhu 4°C, selain itu dapat digunakan aplikasi *edible film* untuk membantu proses pengemasan sehingga menjaga kualitas produk buah stroberi. **Kesimpulan:** Penjelasan mengenai beberapa metode nontermal yang bisa diaplikasikan untuk memperpanjang umur simpan produk buah stroberi. **Kebaruan/Orisinalitas artikel ini:** Referensi untuk proses pengolahan pangan secara nontermal menjadi kebaruan dari penulisan artikel ini.

KATA KUNCI: iradiasi gamma; nontermal; stroberi.

ABSTRACT

Background: The development of nonthermal technology increases with the times. This technology includes the application of food irradiation which includes the electron beam method, X-rays, and gamma irradiation. **Methods:** The electron beam method is a technique for preserving food using high-energy electron beams, while the x-ray method is a technique that uses high-energy X-rays to preserve food. **Findings:** X-rays are produced by shooting a high-energy electron beam at a metal target, producing X-ray radiation which is then used to irradiate food. The gamma irradiation method is a technique that uses gamma radiation, usually from radioactive sources such as Cobalt-60 or Cesium-137, to preserve food. The gamma irradiation method is one of the potential nonthermal methods to be applied to strawberry fruit products with a maximum dose of 2 kGy and can extend the shelf life of strawberries up to 12 days and maintain the nutrients contained therein by adding storage at a temperature of 4 °C, in addition, edible film applications can be used to help the packaging process so as to maintain the quality of strawberry fruit products. **Conclusion:** The explanation of several nonthermal methods that can be applied to extend the shelf life of strawberry products. **Novelty/Originality of this article:** reference for nonthermal food processing is the novelty of this article review.

KEYWORDS: gamma irradiation; nonthermal; strawberry.

Cara Pengutipan:

Rusliman, D. & Prayitno, T. S. (2024). Penerapan teknologi iradiasi dalam proses pengolahan pangan. *Jurnal Inovasi Pangan dan Gizi*, 1(2), 81-91. <https://doi.org/10.61511/jipagi.v1i2.1134>.

Copyright: © 2024 dari Penulis. Dikirim untuk kemungkinan publikasi akses terbuka berdasarkan syarat dan ketentuan dari the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



1. Pendahuluan

Pengembangan teknologi pengolahan pangan makin meningkat seiring berjalannya waktu. Teknologi tersebut pada prinsipnya dibagi menjadi dua, yaitu teknologi termal atau menggunakan paparan suhu tinggi dan teknologi nontermal atau tanpa menggunakan paparan suhu tinggi, tetapi dapat mempertahankan mutu dan kualitas produk serta memperpanjang umur simpan produk (Akhila dkk., 2021).

Proses termal memiliki beberapa kekurangan, yaitu dapat memberikan perubahan terhadap kualitas nutrisi, seperti kehilangan kandungan vitamin, menginisiasi denaturasi protein, dan mengubah karakteristik sensoris dibandingkan dengan produk segarnya (Aaliya dkk., 2021). Konsumen memiliki preferensi produk dengan karakteristik yang cenderung relatif lebih segar namun tetap memiliki kandungan nutrisi yang terjaga, hal ini memunculkan perkembangan tren pengolahan menggunakan metode nontermal.

Teknologi nontermal yang saat ini berkembang diantaranya adalah *cold plasma*, *high pressure processing*, *pulsed electric field* dan teknologi iradiasi (Bisht dkk., 2021). Iradiasi pangan merupakan salah satu alternatif dalam pengawetan makanan menggunakan sinar gamma, X-ray, maupun gelombang elektron (Reddy dkk., 2018). Teknologi iradiasi menggunakan spesifik dosis untuk membunuh mikroorganisme pada produk pertanian sehingga mampu meningkatkan higienitas dan keamanan serta meningkatkan umur simpan dan mempermudah distribusi produk (Bisht dkk., 2021). Teknologi iradiasi pangan ini merupakan teknologi sterilisasi *non thermal* atau tanpa adanya pemanasan selama proses sterilisasi (Reddy dkk., 2018). Penggunaan iradiasi pangan ini menggunakan sumber radioisotope berupa Cesium -137, Cobalt - 60 dan akselerator elektron. Penerapan teknologi iradiasi ini dapat digunakan pada berbagai macam jenis bahan pangan, namun harus diketahui target pencapaian penerapan iradiasinya supaya dapat secara efektif memberikan efek sterilisasi pada produk yang diaplikasikan. Saat ini banyak produk yang diolah dengan penerapan iradiasi salah satunya adalah komoditas stroberi.

Produk buah stroberi merupakan salah satu komoditas pertanian yang potensial untuk dipasarkan lebih luas, preferensi konsumen untuk mendapatkan kualitas stroberi yang aman dengan nutrisi yang terjaga membuat penggunaan teknologi nontermal menjadi salah satu teknologi yang potensial untuk diterapkan dan terus dikembangkan. Secara umum teknologi pascapanen dalam pengolahan buah stroberi minim diaplikasikan, sedangkan kecenderungan penggunaan metode termal lebih banyak digunakan dalam memperpanjang umur simpan berbagai komoditas dengan mencegah pertumbuhan mikroba patogen yang menyebabkan pembusukan dan menginaktivasi enzim (Bisht dkk., 2021).

Artikel ini mendeskripsikan mengenai teknologi iradiasi pangan dan juga aplikasinya pada buah stroberi. Selain aplikasi nontermal tersebut juga dijelaskan mengenai kombinasi perlakuan iradiasi gamma dengan aplikasi *edible film* berbasis *chitosan*, *essential oil* dan *silver nanopartikel*. Aspek pertumbuhan mikroorganisme, persentase pembusukan, total padatan terlarut, susut bobot buah stroberi dan kekerasan. Dosis penggunaan pada aplikasi iradiasi gamma pada setiap produk harus disesuaikan dengan target yang akan dicapai, pentingnya pengetahuan mengenai dosis yang tepat dalam aplikasi iradiasi gamma ini diharapkan mampu memberikan informasi pada penerapan metode iradiasi gamma di sektor pengawetan makanan.

2. Tinjauan Literatur

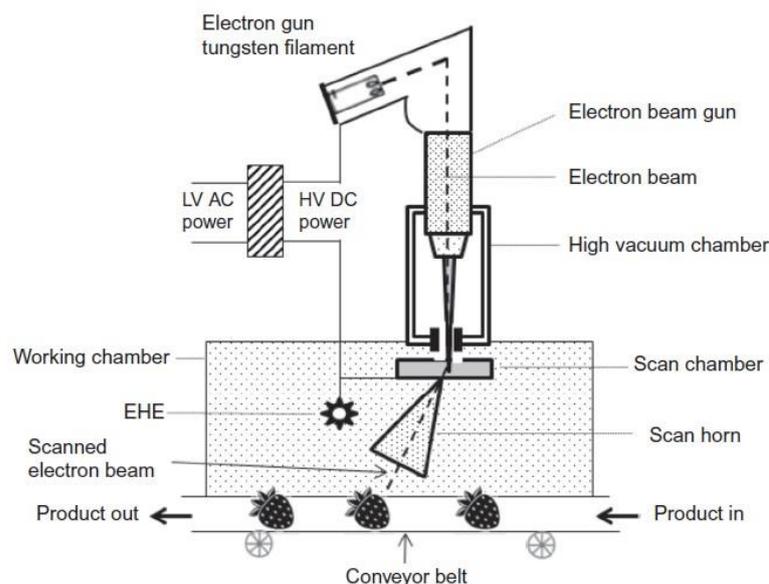
2.1 Iradiasi pangan

Iradiasi pangan merupakan salah satu alternatif sterilisasi pangan tanpa menggunakan perlakuan termal. Pada industri pangan, iradiasi pangan ini menggunakan radioisotope seperti cesium 137, cobalt -60, selain radioisotope juga dapat menggunakan sinar X-rays

atau akselerator elektron, dimana WHO telah menyatakan bahwa metode iradiasi pangan merupakan metode aman dan tanpa meninggalkan residu kimia pada buah dan sayur dengan pembatasan dosis yang sudah diatur (Reddy dkk., 2018). Perlakuan iradiasi pangan ini dapat menghambat pematangan, mengurangi laju respirasi dan produksi etilen, meminimalisir reaksi lipid peroksida dan dari semua efek itu dapat memperpanjang umur simpan produk (Bisht dkk., 2021).

Penggunaan iradiasi pangan ini dapat dibagi menjadi tiga jenis sumber iradiasi yang banyak digunakan, yaitu *accelerated electron beams (E-beams)*, iradiasi gamma dengan radioisotope cobalt - 60 ataupun cesium - 137 dan dengan mesin X - ray. Di antara tiga metode tersebut, penggunaan metode iradiasi gamma adalah metode paling banyak digunakan di industri pangan (Reddy dkk., 2018). Metode *electron beams* merupakan aplikasi iradiasi pangan menggunakan dosis ionasi radiasi yang rendah. Penggunaan dosis ini mampu mengeliminasi kontaminasi mikroba. Berkas elektron yang dihasilkan tercipta dari akselerasi elektron mendekati kecepatan cahaya (190.000 miles/s). Akselerator ini mampu menghasilkan dan mempercepat elektron hingga 10 MeV dengan daya pancaran 10 kW (Reddy dkk., 2018).

Pada metode *electron beams* ini, elektron yang dihasilkan mampu menembus sedalam 3 cm ke dalam bahan pangan sehingga makanan yang diolah dengan metode *electron beams* ini harus memiliki ketebalan tidak lebih dari 3 cm karena ketika bahan pangan lebih dari 3 cm, elektron yang dihasilkan tidak dapat memberikan efektivitas untuk penetrasi ke bahan pangan (Reddy dkk., 2018). Gambar 1 berikut mengilustrasikan penetapan *electron beams irradiation*.

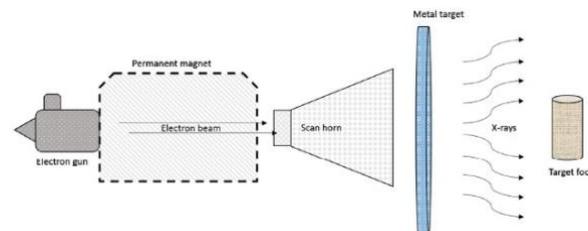


Gambar 1. Skema metode *electron beams* (Reddy dkk., 2018)

Pada Gambar 1 diketahui bahwa aliran elektron dipancarkan melalui *electron beam gun*, kemudian dilanjutkan ke *chamber* untuk dipancarkan melalui pemindai dan elektron masuk untuk penetrasi ke dalam produk (Reddy dkk., 2018). Jika dibandingkan dengan metode iradiasi gamma dan X - rays, metode *electron beams* ini memiliki batas penetrasi dalam prosesnya, sehingga ini sekaligus menjadi kekurangan dari penerapan *electron beams* dalam sterilisasi produk. Metode ini lebih banyak digunakan untuk fumigasi bahan kimia pada makanan. Kelebihan dari aplikasi ini adalah lebih mudah diaplikasikan sewaktu waktu, karena sumber energi yang digunakan adalah dari listrik biasa bukan dari reaktor, selain itu penggunaan metode ini dianggap tidak ada *radioactive waste* (Reddy dkk., 2018).

Selain metode *electron beams*, terdapat metode lain yang umum digunakan yaitu metode X - rays ini berbeda dengan mesin yang digunakan untuk menangkap gambar

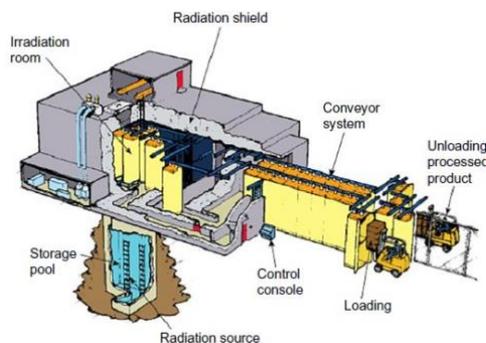
dengan berkas sinar X – rays. Pada iradiasi X – rays ini, sinar X dihasilkan dengan melewati berkas elektron melalui pelat logam tipis untuk menghasilkan sinar X yang diharapkan (Reddy dkk., 2018). Lihat Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Skema metode X-rays
(Reddy dkk., 2018)

Efektivitas dari penggunaan sinar X ini dapat ditingkatkan dengan pemilihan nomor atom bahan target, akselerator pelat logam dan peningkatan energi *electron beam* yang digunakan. Berbeda dengan metode *electron beams*, iradiasi X – rays ini dapat menembus bagian dalam bahan pangan hingga 15 inci, keuntungan lain dari penerapan metode X – rays ini adalah mudah dalam pengoperasiannya dan tidak ada residu radioaktif yang terlibat (Reddy dkk., 2018).

Selanjutnya adalah metode yang umum digunakan pada proses pengolahan nontermal yaitu metode iradiasi gamma. Penggunaan iradiasi gamma merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk sterilisasi bahan pangan. Pada sterilisasi menggunakan iradiasi gamma ini digunakan substansi radioaktif yang biasa disebut radioisotop. Bahan radioisotop yang diizinkan untuk digunakan pada bahan pangan adalah Cobalt – 60 dan Cesium – 137. Reaktor yang umum digunakan pada iradiasi gamma adalah Cobalt – 60 karena memiliki energi reaktor yang lebih besar dibandingkan dengan Cesium – 137. Pada sistem pengawetan makanan menggunakan iradiasi gamma, terdapat beberapa bagian komponen diantaranya meliputi sumber iradiasi (reaktor), *biological shield*, panel utama reaktor, chamber penyimpanan sumber iradiasi, sistem transisi sumber, dan sistem kontrol otomatis (Reddy dkk., 2018). Selanjutnya, lihat Gambar 3 berikut.



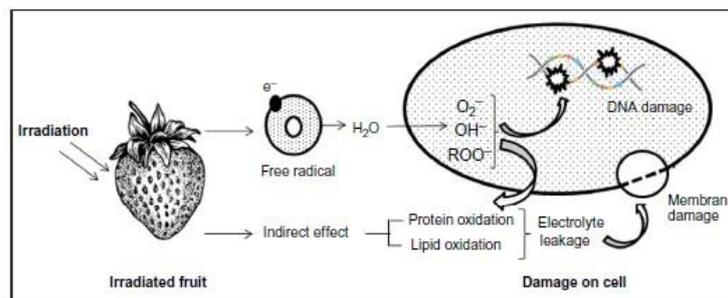
Gambar 3. Skema metode iradiasi gamma
(Reddy dkk., 2018)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perlakuan nontermal pada buah stroberi

Perkembangan metode pengawetan produk buah stroberi tanpa perlakuan panas makin berkembang, aplikasi nontermal tersebut dapat berupa kombinasi antara iradiasi gamma pada buah stroberi, pemberian lapisan *edible film*, dan penyimpanan pada suhu rendah. Aplikasi iradiasi gamma memiliki kelebihan, yaitu dapat menembus seluruh lapisan yang menjadi kompartemen dalam produk pangan, baik itu kemasan maupun menembus bagian dalam dari produk yang diaplikasikan sehingga dapat dengan efektif memberikan

dampak pengawetan (Reddy dkk., 2018). Aplikasi teknologi iradiasi gamma ini dapat menghancurkan DNA dengan mengganggu kestabilan ion dari sel-sel mikroba pembusuk yang terkandung dalam produk seperti *Salmonella*, *Escherichia Coli* O157:H7, *Staphylococcus Aureus*, dan mikroba target lain (Bisht dkk., 2021).



Gambar 4. Skema kerusakan DNA pada sel yang diberi perlakuan iradiasi gamma (Reddy dkk., 2018).

Pada Gambar 4 diketahui bahwa iradiasi menghasilkan elektron ion radikal bebas dan merusak ikatan kovalen DNA mikroba. Pada bagian membran sel mikroba akan terjadi kebocoran elektrolit yang membuat membran sel tersebut rusak sehingga terjadi ketidakstabilan dalam sel karena kehilangan keseimbangan sel tersebut dan terjadi mutasi sel, kehilangan fungsional protein dan menghambat sintesis metabolisme sel (Reddy dkk., 2018). Penggunaan iradiasi gamma ini tidak berdampak pada terbentuknya toksin karena pada iradiasi gamma ini menghasilkan ikatan rangkap pada cincin furan sehingga secara signifikan dapat menurunkan toksisitas dari bahan (Akhila dkk., 2021). Dalam aplikasinya juga, metode iradiasi gamma juga mampu mengurangi kandungan zat alergen yang ada dalam bahan pangan dengan mekanisme agregasi protein dan perubahan struktur pada zat alergen (Pi dkk., 2021).

Pada proton yang dihasilkan dari iradiasi gamma memiliki energi dan daya penetrasi yang lebih kuat dibandingkan dengan metode *E - beams* dan *X - rays*. Selain itu, metode iradiasi gamma ini memiliki risiko pencemaran lingkungan yang lebih rendah dibandingkan dengan metode lain (Akhila dkk., 2021). Efektivitas dari aplikasi iradiasi gamma ini bergantung pada dosis yang diberikan selama *treatment* ini. Pada Tabel 1 berikut disajikan penggunaan dosis dan target proses yang ditunjukkan.

Tabel 1. Dosis iradiasi gamma dan target proses

Dosis	Proses	Contoh aplikasi	Dosis aplikasi (kGy)
Rendah (0.5—1.0 kGy)	Penghambatan pertunasan	Bawang bombai, kentang, bawang putih, jahe,	0.05—0.15
	Pembasmian serangga	Mangga, apel, jeruk, pepaya, <i>peach</i> , pear	0.15—0.50
Sedang (1—10 kGy)	Menunda pematangan	Mangga, pisang, pepaya	0.50—1.00
	Penambahan umur simpan	Mangga, stroberi, jamur	1.0—3.0
	Eliminasi mikroba patogen	<i>Salmonella</i> , <i>E. Coli</i> , <i>Pseudomonas spp.</i> , <i>Staphylococcus</i> , <i>Colletotrichum spp.</i>	3.0—8.0
Tinggi (10—50 kGy)	Sterilisasi	Proses pada olahan buah, sayur dan buah kering	23.0—45.0

(Reddy dkk., 2018)

Dari Tabel 1, diketahui bahwa dosis rendah (0,5—1 kGy) pada aplikasi iradiasi gamma dapat menghambat pertunasan pada umbi-umbian dan desinfeksi serangga. Dosis medium (1—10 kGy) dapat memberikan efek menghambat proses pematangan buah, mengurangi kandungan mikroba patogen, dan memperpanjang umur simpan. Dosis tinggi (10—50 kGy) dapat menjadi teknologi sterilisasi mikroba (Reddy dkk., 2018). Aplikasi iradiasi gamma pada buah stroberi dapat memengaruhi kualitas buah, terutama berkaitan dengan kondisi kontaminasi mikroba pada buah tersebut.

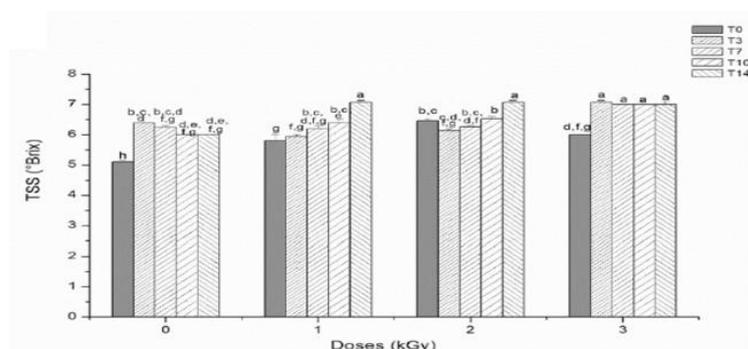
Tabel 2. Analisis mikrobiologi

Storage time (days)	Doses (kGy)	Total coliforms		Molds and yeast	
		Count (log CFU g ⁻¹)	Decimal reduction (log CFU g ⁻¹)	Count (log CFU g ⁻¹)	Decimal reduction (log CFU g ⁻¹)
0	0	5.77 ±0.02 ^b	-	2.80±0.15 ^c	-
	1	4.67±0.05 ^{c,d}	1.10	Nd	2.80
	2	Nd	5.77	Nd	2.80
7	3	Nd	5.77	Nd	2.80
	0	6.38±0.02 ^a	-	3.53±0.14 ^{bc}	-
	1	6.12±0.03 ^a	0.26	Nd	3.53
	2	4.91±0.02 ^c	1.47	Nd	3.53
14	3	4.90±0.03 ^c	1.48	Nd	3.53
	0	4.58±0.09 ^d	-	4.40±0.20 ^a	-
	1	4.09±0.05 ^{e,f}	0.49	3.87±0.23 ^{a,b,c}	0.53
	2	3.93±0.04 ^f	0.65	4.16±0.18 ^{a,b}	0.24
	3	4.31±0.08 ^e	0.27	3.49±0.16 ^{b,c}	0.91

(Barkaoui dkk., 2021)

Pada Tabel 2 disajikan data pengujian terkait dengan jumlah *coliform*, jamur dan kapang. Diketahui bahwa pada hari ke 0 pada dosis 2 dan 3 kGy mampu mengeliminasi kandungan *coliform*. Setelah 7 hari penyimpanan, dosis 2 dan 3 kGy jumlah total *coliform* yang terkandung berbeda signifikan dengan kontrol dan pada 14 hari penyimpanan, total *coliform* dari seluruh dosis (1, 2, dan 3 kGy) berbeda signifikan dengan kontrol dkk., 2021).

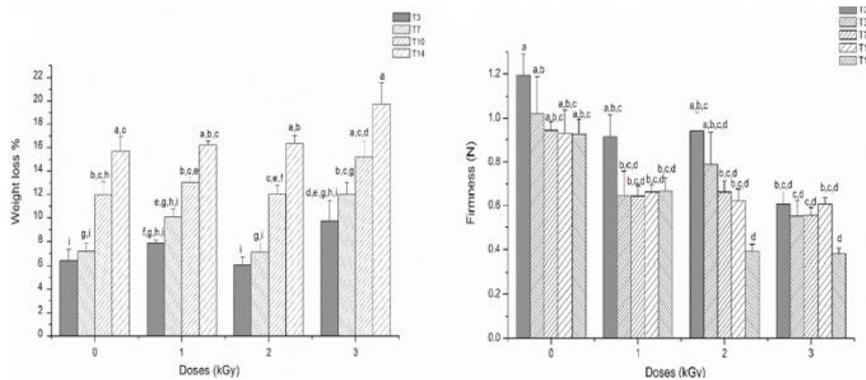
Fenomena serupa juga ditemukan pada total jamur dan kapang, dimana penerapan iradiasi gamma memiliki kemampuan untuk mengeliminasi koloni jamur dan kapang namun hanya sampai 12 hari penyimpanan karena pada hari ke 14 seluruh dosis penerapan tidak berbeda nyata dalam penghambatan jamur dan kapang (Barkaoui dkk., 2021). Hal ini sesuai dengan pernyataan (Robichaud dkk., 2021). Total coliform, jamur, dan kapang yang terkandung dalam bahan pangan dapat ditekan secara signifikan ketika aplikasi iradiasi gamma.



Gambar 5. Total padatan terlarut (Barkaoui dkk., 2021)

Pada Gambar 5 disajikan data terkait dengan total padatan terlarut pada setiap perlakuan. Sampel kontrol memiliki total padatan terlarut yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan iradiasi gamma pada hari ke 0 dengan perlakuan iradiasi gamma dosis 1 kGy. Dosis 1 kGy padatan terlarut dapat dipertahankan hingga hari ke 14 yang berbeda

secara signifikan dengan kontrol (Barkaoui dkk., 2021). Hal ini juga terjadi dalam penelitian Robichaud dkk. (2021) yang melakukan analisis padatan terlarut pada buah naga. Perlakuan iradiasi gamma dapat mempertahankan total padatan terlarut selama penyimpanan. Selain itu, hal serupa juga ditemukan dalam penelitian Panou dkk. (2020); stroberi yang diberikan perlakuan iradiasi gamma dan penyimpanan refrigerator menunjukkan total padatan terlarut yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol.



Gambar 6. Susut bobot dan kekerasan (Barkaoui dkk., 2021)

Pada analisis kekerasan, diketahui bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan antara perlakuan iradiasi gamma dengan kontrol, tetapi makin meningkatnya dosis iradiasi gamma yang diberikan, maka kekerasan buah stroberi cenderung makin menurun. Hal ini berkaitan dengan iradiasi gamma yang mengganggu kerja pektin dan enzim yang bekerja dalam proses pembentukan struktur buah. Fenomena tersebut juga ditemukan pada penelitian Panou dkk. (2020). Penelitian tersebut menyatakan bahwa penurunan kekerasan pada buah stroberi berkaitan dengan adanya inaktivasi atau kerusakan pektin yang memengaruhi tekstur buah selama penyimpanan (Panou dkk., 2020).

Tabel 3. Analisis Bahan Aktif

	T0				T7				T14			
	0 kGy	1 kGy	2 kGy	3 kGy	0 kGy	1 kGy	2 kGy	3 kGy	0 kGy	1 kGy	2 kGy	3 kGy
Total Phenolic content (GAE mg/100 g dw)	1982 ± 58 ^{c,d}	1844 ± 86 ^{c,d,e}	1747 ± 93 ^{c,d,e}	1615 ± 47 ^{d,e}	1892 ± 54 ^{c,d,e}	3565 ± 97 ^a	2626 ± 78 ^b	2197 ± 62 ^{b,c}	2081 ± 59 ^{c,d}	1908 ± 136 ^{c,d,e}	2120 ± 78 ^c	1497 ± 201 ^e
Flavonoid contents (mg/100 g dw)	510 ± 11 ^e	374 ± 4 ^d	346 ± 7 ^{d,e}	338 ± 11 ^{d,e}	330 ± 5 ^{d,e}	753 ± 6 ^a	617 ± 17 ^f	267 ± 17 ^f	278 ± 5 ^f	298 ± 15 ^f	296 ± 7 ^{e,f}	149 ± 11 ^g
FRAP (mmol FES/100 g dw)	39 ± 5 ^b	28 ± 1 ^{c,d}	23 ± 2 ^{d,f}	21 ± 1 ^{e,f,g}	32 ± 1 ^c	49 ± 2 ^a	39 ± 3 ^b	30 ± 2 ^c	18 ± 2 ^{e,g}	24 ± 3 ^{d,e}	22 ± 3 ^{e,f}	15 ± 3 ^g
DDPH scavenging activity (IC ₅₀ µg/mL) ^a	1443 ± 57 ^{d,e}	2102 ± 44 ^b	2131 ± 60 ^b	2493 ± 92 ^a	1729 ± 38 ^c	1167 ± 44 ^f	1189 ± 37 ^f	1568 ± 56 ^{c,d}	1460 ± 39 ^{d,e}	1234 ± 38 ^{e,f}	1006 ± 42 ^f	1234 ± 50 ^{e,f}

(Barkaoui dkk., 2021)

Hal serupa juga terjadi pada susut bobot buah. Makin tinggi dosis iradiasi gamma yang diberikan, maka susut bobot buah juga makin meningkat (Barkaoui dkk., 2021). Fenomena ini juga terjadi dalam penelitian Panou dkk. (2020). Buah stroberi dengan dosis perlakuan iradiasi gamma akan tetap mengalami susut bobot dan penurunan kekerasan buah selama penyimpanan, tetapi dalam penelitian Panou dkk. (2020), dosis yang digunakan adalah 0,5 dan 1 kGy. Hal ini berbeda dengan dosis penggunaan dalam penelitian Barkaoui dkk. (2021) yang menunjukkan bahwa makin tinggi dosis iradiasi gamma yang diterapkan, maka makin besar pula susut bobot pada buah yang diaplikasikan.

Pada analisis bahan aktif, akan dibahas kandungan fenol dan flavonoid pada buah stroberi yang tidak diberikan perlakuan iradiasi gamma dan yang sudah diberikan perlakuan iradiasi gamma. Dari Tabel 3, dapat diketahui bahwa kandungan fenol pada buah stroberi kontrol meningkat, tetapi tidak berbeda signifikan pada perlakuan pada hari pertama hingga ke 14. Sementara itu, pada buah stroberi dengan perlakuan iradiasi gamma

pada dosis 1 dan 2 kGy, diketahui total flavonoid meningkat seiring dengan berjalannya waktu penyimpanan pada 7 hari, tetapi pada hari ke 14 tidak berbeda nyata (Barkaoui dkk., 2021).

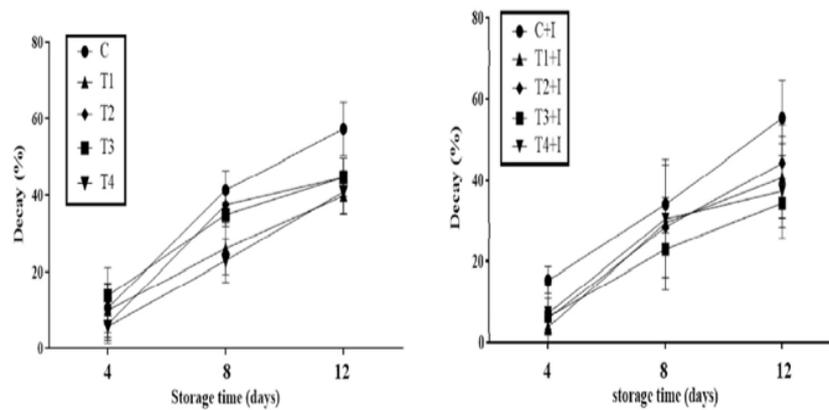
Selanjutnya dibahas mengenai perlakuan iradiasi gamma yang dikombinasikan dengan penambahan *edible film* berbasis *chitosan*, *essential oil* dan silver nanopartikel pada jurnal ketiga. Karakteristik fisik yang dibahas pada pembahasan ini merujuk pada persentase kebusukan yang terjadi pada buah stroberi.

Pada level pembusukan, diketahui bahwa pembusukan meningkat pada kedua perlakuan yang diiradiasi maupun tidak diiradiasi. Pada penggunaan film komposit mampu menurunkan laju peningkatan pembusukan dibandingkan dengan kontrol. Dengan penambahan perlakuan iradiasi gama mampu mengendalikan pembusukan buah. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan antimikroba pada *chitosan*, *essential oil*, AgNPs, dan dengan penambahan perlakuan iradiasi gama mampu menurunkan persentase pembusukan pada buah stroberi (Shankar dkk., 2021).

Edible film dengan bahan komposit ini mampu memberikan perlindungan senyawa volatil yang mampu memperpanjang umur simpan produk. Penggunaan AgNPs mampu menurunkan persentase pembusukan dengan menghambat masuknya mikroba dari luar dengan melepaskan molekul senyawanya ketika produk bersentuhan dengan film (Shankar dkk., 2021). Selain itu, pada penelitian Panou dkk., (2020), diketahui bahwa pembusukan buah stroberi dapat menurun secara signifikan setelah diberikan perlakuan iradiasi gamma dengan dosis 0,5 dan 1 kGy. Peran perlakuan iradiasi gama dapat memberikan efek kerusakan pada sel mikroba dengan merusak rantai DNA / RNA dari sel mikroba tersebut sehingga mengganggu metabolisme sel yang semula normal, kerusakan asam nukleat ini juga akan berimbas secara langsung atau tidak langsung pada sel, tergantung dosis yang diberikan pada proses iradiasi, selain kerusakan rantai DNA / RNA, penggunaan iradiasi dapat membuat air yang ada dalam sel kehilangan elektronnya (Khan dkk., 2017).

Pada Gambar 4 disajikan data mengenai kandungan fenol yang ada pada buah stroberi yang diberikan lapisan *edible film* saja dan diberikan lapisan *edible film* dengan penambahan perlakuan iradiasi gamma. Diketahui bahwa kandungan fenol merupakan senyawa penting yang terdapat pada buah jenis beri. Pada sampel tanpa iradiasi, kandungan total fenol cenderung stabil hingga hari ke 8 penyimpanan, sedangkan pada sampel dengan penambahan *edible film* berbasis *chitosan*, silvernanopartikel, dan diberikan iradiasi gamma dengan dosis 1 kGy menunjukkan nilai total fenol yang tinggi (Shankar dkk., 2021).

Iradiasi telah diberikan izin oleh WHO dalam penggunaannya dengan dosis iradiasi maksimum 10 KGy. Iradiasi gama dalam bahan pangan ini dapat digunakan sebagai metode pengawetan makanan karena terbukti mampu merusak sel mikroba patogen seperti *Campylobacter*, *E. coli O157:H7*, *Listeria*, *Toxoplasma*, *Trichinella*, dan lain lain. Penghambatan tersebut meliputi penghambatan produksi toksin, mycotoxin, enterotoksin serta eksotoksin yang menjadi permasalahan serius ketika bahan pangan terkandung mikroba tersebut (Khan dkk., 2017). Penggunaan dosis iradiasi gama yang direkomendasikan untuk buah stroberi dalam penelitian Sukasih & Setyadjit (2019) adalah 3,0 kGy. Namun, hal tersebut harus disesuaikan dengan target dari aplikasi yang dilakukan pada buah stroberi karena hal ini bertentangan dengan beberapa referensi jurnal lain, penggunaan dosis kurang dari 3 kGy lebih banyak memberikan efek positif karena tidak memberikan susut bobot yang tinggi dibanding dengan penggunaan dosis rendah. Dalam penerapan teknologi iradiasi gama ini memiliki biaya pengolahan yang cukup tinggi, dan terdapat beberapa kasus penolakan penggunaan teknologi iradiasi ini. Namun, seiring berjalannya waktu, untuk alasan *food safety* teknologi ini makin banyak digunakan untuk mengawetkan bahan makanan (Sukasih & Setyadjit, 2019).



Gambar 7. Persentase pembusukan (Shankar dkk., 2021)

4. Kesimpulan

Metode iradiasi gamma merupakan teknik pengawetan makanan menggunakan radioisotope yang berasal dari reaktor dengan Cobalt-60. Metode ini menjadi salah satu metode *nonthermal* yang potensial untuk diaplikasikan pada produk buah stroberi dengan dosis maksimal 2kGy dan dapat memperpanjang umur simpan buah stroberi hingga 12 hari serta mempertahankan nutrisi yang terkandung didalamnya dengan penambahan penyimpanan pada suhu 4°C. Selain itu, penambahan *edible film* berbasis chitosan dan perlakuan iradiasi gamma dosis 1 kGy yang dikombinasikan dengan penyimpanan pada suhu 4°C dapat menurunkan susut bobot, menghambat pembusukan, dan memberikan efek mempertahankan karakteristik fisikokimia buah stroberi.

Kontribusi Penulis

Penulis berkontribusi dalam penulisan artikel ini.

Pendanaan

Penelitian ini tidak menggunakan pendanaan eksternal.

Pernyataan Dewan Peninjau Etis

Tidak berlaku.

Pernyataan *Informed Consent*

Tidak berlaku.

Pernyataan Ketersediaan Data

Tidak berlaku.

Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

Akses Terbuka

©2024. The author(s). This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made. The images or other third-party material in this article are included in the article's Creative Commons license, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons license and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain

permission directly from the copyright holder. To view a copy of this license, visit: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Daftar Pustaka

- Aaliya, B., Sunooj, K.V., Navaf, M., Akhila, P.P., Sudheesh, C., Mir, S.A., Sabu, S., Sasidharan, A., Hlaing, M.T., & George, J. (2021). Recent trends in bacterial decontamination of food products by hurdle technology: A synergistic approach using thermal and nonthermal processing techniques. *Food Research International*, 147(June), 110514. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110514>.
- Akhila, P.P., Sunooj, K.V., Aaliya, B., Navaf, M., Sudheesh, C., Sabu, S., Sasidharan, A., Mir, S.A., George, J., & Khaneghah, A.M. (2021). Application of electromagnetic radiations for decontamination of fungi and mycotoxins in food products: A comprehensive review. *Trends in Food Science and Technology*, 114(June), 399-409. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.013>.
- Barkaoui, S., Mankai, M., Miloud, N. B., Kraïem, M., Madureira, J., Verde, S. C., & Boudhrioua, N. (2021). Effect of gamma radiation coupled to refrigeration on antioxidant capacity, sensory properties and shelf life of strawberries. *Lwt*, 150(April). <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112088>.
- Bisht, B., Bhatnagar, P., Gururani, P., Kumar, V., Tomar, M. S., Sinhmar, R., Rathi, N., & Kumar, S. (2021). Food irradiation: Effect of ionizing and non-ionizing radiations on preservation of fruits and vegetables– a review. *Trends in Food Science and Technology*, 114(June), 372–385. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.002>.
- Khan, I., Tango, C. N., Miskeen, S., Lee, B. H., & Oh, D. H. (2017). Hurdle technology: A novel approach for enhanced food quality and safety – A review. *Food Control*, 73, 1426–1444. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.11.010>.
- Panou, A. A., Karabagias, I. K., & Riganakos, K. A. (2020). Effect of Gamma-Irradiation on Sensory Characteristics, Physicochemical Parameters, and Shelf Life of Strawberries Stored under Refrigeration. *International Journal of Fruit Science*, 20(2), 191–206. <https://doi.org/10.1080/15538362.2019.1608890>.
- Pi, X., Yang, Y., Sun, Y., Wang, X., Wan, Y., Fu, G., Li, X., & Cheng, J. (2021). Food irradiation: a promising technology to produce hypoallergenic food with high quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(24), 6698–6713. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1904822>.
- Reddy, S. V. R., Sharma, R. R., & Gundewadi, G. (2018). Use of Irradiation for Postharvest Disinfection of Fruits and Vegetables. *Postharvest Disinfection of Fruits and Vegetables*, 1986. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-812698-1.00006-6>.
- Robichaud, V., Bagheri, L., Salmieri, S., Aguilar-Uscanga, B. R., Millette, M., & Lacroix, M. (2021). Effect of γ -irradiation and food additives on the microbial inactivation of foodborne pathogens in infant formula. *Lwt*, 139(August), 110547. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110547>.
- Shankar, S., Khodaei, D., & Lacroix, M. (2021). Effect of chitosan/essential oils/silver nanoparticles composite films packaging and gamma irradiation on shelf life of strawberries. *Food Hydrocolloids*, 117(March), 106750. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106750>.
- Sukasih, E., & Setyadjit, S. (2019). Fresh Handling Techniques for Strawberry to Maintain its Quality. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 38(1), 47. <https://doi.org/10.21082/jp3.v38n1.2019.p47-54>.

Biografi Penulis

David Rusliman, menamatkan pendidikan S-2 pada Program Studi Ilmu Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman; ahli dalam bidang pengolahan pangan, pengemasan pangan, dan teknologi pascapanen.

- Email: davidrusliman22@gmail.com
- ORCID: -
- Web of Science ResearcherID: -
- Scopus Author ID: -
- Homepage: -

Tantra Suraduhita Prayitno, Universitas Jenderal Soedirman, Universitas Jenderal Soedirman; ahli dalam bidang pengolahan pangan.

- Email: tantrasuraduhita@gmail.com
- ORCID: -
- Web of Science ResearcherID: -
- Scopus Author ID: -
- Homepage: -