

# PERAN TEKNOLOGI IRADIASI DALAM PENINGKATAN MUTU DAN KEAMANAN PANGAN : A REVIEW

Berliana Widyastuti\*, Mutiara Ulfah

*Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Terbuka, Tangerang Selatan*

*\*Penulis korespondensi: [030029208@ecampus.ut.ac.id](mailto:030029208@ecampus.ut.ac.id)*

## ABSTRAK

Pangan merupakan kebutuhan pokok manusia yang mempengaruhi kesehatan dan kesejahteraan. Masalah mutu dan keamanan pangan menjadi tantangan global yang perlu diatasi, termasuk kontaminasi mikroba, dan kerusakan nutrisi. Dalam upaya meningkatkan mutu dan keamanan pangan, teknologi iradiasi memainkan peran penting. Penelitian ini berdasarkan kajian pustaka menggunakan referensi dari sumber-sumber terpercaya yang memiliki reputasi baik dengan kata kunci yang sesuai dengan berfokus pada pengolahan dan penyimpanan pangan iradiasi dan memiliki batasan dalam analisis kualitatif. Organisasi terkait sudah menyusun panduan dan standar terkait penggunaan pangan iradiasi. Dengan menggunakan teknologi pangan iradiasi secara tepat, mutu dan keamanan pangan dapat ditingkatkan dengan menghilangkan atau mengurangi mikroorganisme patogen, mengoptimalkan kandungan nutrisi, dan meningkatkan karakteristik sensori pangan. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan kajian pustaka terhadap proses iradiasi pangan sebagai upaya mendukung penjagaan mutu dan keamanan pangan.

**Kata kunci :** Iradiasi, Keamanan Pangan, Pangan Iradiasi, Pengolahan, Penyimpanan.

## 1 PENDAHULUAN

Pangan merupakan kebutuhan pokok manusia yang mempengaruhi kesehatan dan kesejahteraan (BSN, 2023). Namun, masalah mutu dan keamanan pangan masih menjadi tantangan global yang perlu diatasi. Kontaminasi mikroba, kerusakan nutrisi, dan risiko keamanan pangan dapat memengaruhi nilai gizi dan menyebabkan penyakit (WHO, 2015 ; Bisht et al., 2021). Upaya meningkatkan mutu dan keamanan pangan telah dikembangkan dengan berbagai jenis teknologi. Salah satu pendekatan teknologi yang dapat diterapkan adalah penggunaan metode iradiasi pangan. Teknologi iradiasi melibatkan penggunaan sinar ionisasi untuk mengurangi jumlah mikroorganisme patogen dan menghambat pertumbuhan mikroba *spoilage* (Fda & CarrotNewYork, 2016), serta dapat memperpanjang umur simpan produk pangan (Bisht et al., 2021; Wang et al., 2021; Chiesa et al., 2022; Panseri et al., 2022; Sudesh et al., 2023).

Melalui kajian pustaka, dapat dikaji manfaat dan keterbatasan penggunaan teknologi iradiasi pangan dalam mendukung peningkatan mutu dan keamanan pangan secara umum. Kajian pustaka ini akan melibatkan tinjauan terhadap sumber-sumber pustaka yang relevan untuk memahami pengaruh teknologi iradiasi pangan pada karakteristik fisik, kimia, nutrisi, dan organoleptik pangan.

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk melakukan kajian pustaka terhadap metode pengolahan dan penyimpanan pangan iradiasi sebagai pendekatan teknologi pangan dalam mendukung peningkatan mutu dan keamanan pangan secara umum.

## **2 METODE**

Studi ini bertujuan untuk melakukan ulasan sistematis mengenai aplikasi teknologi iradiasi dalam upaya meningkatkan mutu dan keamanan produk pangan. Ulasan ini dilakukan dengan mengkaji secara komprehensif literatur yang meliputi buku, jurnal ilmiah, dan sumber-sumber lain yang relevan dalam domain ini. Metode penelitian yang digunakan studi ini adalah tinjauan literatur atau kajian pustaka. Pemilihan metode ini dilakukan untuk memperoleh pemahaman yang mendalam dan terperinci mengenai penggunaan teknologi iradiasi pangan dalam meningkatkan mutu dan keamanan pangan. Proses pencarian sumber data dilakukan dengan menggunakan berbagai basis data yang terpercaya dan relevan, seperti Scencedirect, Scopus, Google Scholar dan Website resmi bidang terkait. Pencarian dilakukan dengan menggunakan kata kunci yang sesuai dengan topik penelitian, termasuk "pangan iradiasi", "metode pengolahan pangan iradiasi", "penyimpanan pangan iradiasi", dan varian lainnya.

Seleksi sumber data dilakukan dengan mempertimbangkan kriteria inklusi yang telah ditetapkan sebelumnya. Sumber data yang relevan dan bermutu tinggi dipilih untuk dimasukkan dalam kajian pustaka ini. Kriteria inklusi meliputi relevansi dengan topik penelitian, tahun publikasi, mutu penelitian, dan kredibilitas sumber. Analisis data dilakukan dengan mengorganisir dan menyusun temuan yang relevan dari literatur yang ditinjau. Pendekatan analisis yang digunakan adalah metode sintesis naratif, di mana temuan-temuan tersebut disusun secara tematik dan dikaji secara komprehensif.

Batasan studi ini adalah fokus pada pengolahan dan penyimpanan pangan iradiasi, sehingga tidak mencakup seluruh aspek dan pertanyaan yang berkaitan dengan iradiasi pangan. Studi ini juga memiliki batasan dalam hal analisis kualitatif, sehingga tidak dapat memberikan jawaban secara komprehensif terhadap semua rumor atau persepsi yang beredar di masyarakat mengenai pangan iradiasi.

Dalam rangka menjaga validitas dan keandalan penelitian, referensi yang digunakan dalam ulasan ini berasal dari sumber-sumber yang memiliki reputasi baik. Hal ini dilakukan untuk memastikan informasi yang disajikan dalam studi ini memiliki dasar yang kuat dan dapat diandalkan secara ilmiah. Dengan menggunakan pendekatan kajian pustaka yang komprehensif, studi ini diharapkan memberikan pemahaman tentang peran teknologi iradiasi pangan dalam menjaga mutu dan keamanan pangan.

## **3 HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **3.1 Konsep Dasar Teknologi Pangan**

Teknologi pangan adalah semua tahapan dalam rantai pasokan pangan, termasuk produksi, pemrosesan, pengolahan, pengawetan, penyimpanan, distribusi, dan pemasaran. Tujuan utama teknologi pangan adalah meningkatkan efisiensi, meningkatkan mutu dan keamanan pangan, mengurangi kerugian pangan, dan menyediakan pangan yang lebih bervariasi dan lebih bergizi bagi masyarakat (FAO, 2001).

Teknologi pangan memungkinkan dilakukannya pemrosesan pangan secara efisien dengan tujuan meningkatkan mutu pangan. Pemrosesan ini melibatkan serangkaian metode dan teknik yang dirancang untuk menghilangkan atau mengurangi mikroorganisme patogen yang ada dalam pangan. Teknologi pangan membantu mencegah dan mengurangi risiko terhadap keberadaan mikroorganisme patogen, yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia.

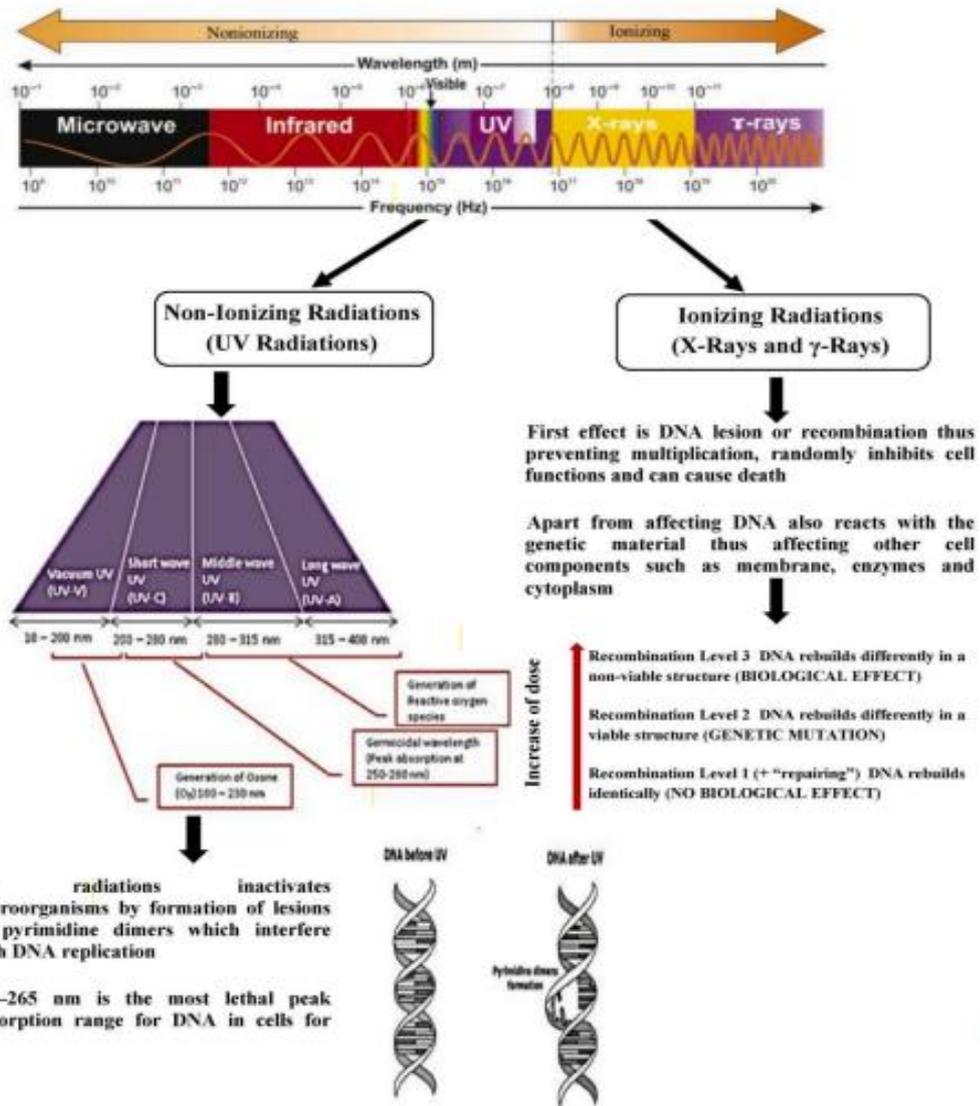
Dalam proses pengolahan, teknologi pangan memungkinkan penambahan bahan tambahan yang aman dan bergizi untuk meningkatkan mutu pangan. Melalui penerapan teknologi pangan yang efisien, mutu pangan dapat ditingkatkan dengan menghilangkan atau mengurangi mikroorganisme patogen, mengoptimalkan kandungan nutrisi, dan meningkatkan karakteristik sensorik pangan. Teknologi pangan menjadi alat yang sangat penting dalam memastikan pangan yang dihasilkan aman, bermutu, dan lebih bervariasi secara nutrisi.

### 3.2 Pangan Iradiasi

Pangan iradiasi adalah proses perlakuan satu jenis teknik non-termal radiasi non *ionizing* dosis tertentu seperti UV, cahaya tampak, inframerah, gelombang radio atau radiasi *ionizing* seperti gamma, sinar, sinar-X dan berkas elektron yang dipercepat dengan objek komoditas makanan atau hasil pertanian dengan tujuan untuk mengendalikan mikroorganisme patogen, menghentikan perkembangan insekta, dan memperpanjang umur simpan pangan (Bisht et al., 2021). Prinsip dasar pangan iradiasi adalah memberikan paparan radiasi pada pangan dengan dosis yang ditentukan, proses tersebut dapat merusak DNA mikroba dan organisme pengganggu lainnya, sehingga menghambat pertumbuhan dan reproduksi mikroba.

Proses iradiasi pangan dapat dibagi menjadi dua jenis utama, yaitu radiasi *non ionizing* dan radiasi *ionizing*. Radiasi *non ionizing* merupakan metode pemberian paparan radiasi menggunakan sumber radiasi dengan energi rendah yang tidak memiliki cukup kekuatan untuk mengionisasi atom atau molekul dalam bahan yang terkena radiasi. Salah satu contoh sumber radiasi *non ionizing* yang umum digunakan dalam proses iradiasi pangan adalah sinar ultraviolet (UV). Sinar UV-C pada panjang gelombang 265 nm memiliki kemampuan untuk menghancurkan atau merusak DNA mikroorganisme yang dapat menyebabkan kerusakan pada pangan. Dalam hal ini, pangan ditempatkan dalam kotak atau kamar iradiasi yang terpapar sinar UV-C untuk meminimalkan risiko kontaminasi mikroba (Bisht et al., 2021).

Radiasi *ionizing* menggunakan sumber radiasi dengan energi yang cukup tinggi untuk mengionisasi atom atau molekul dalam bahan yang terkena radiasi. Sumber-sumber radiasi *ionizing* yang umum digunakan dalam proses iradiasi pangan adalah sinar gamma, sinar X, dan sinar elektron. Sinar gamma yang umum digunakan dari isotop kobalt-60 atau cesium-137, sedangkan sinar X dapat dihasilkan oleh mesin sinar-X linier atau di bawah 5 meV. Sinar elektron dapat dihasilkan oleh akselerator partikel atau di bawah 10 meV (Arvanitoyannis, 2010). Kedua jenis radiasi *ionizing* ini dapat membunuh atau merusak mikroorganisme dan hama yang ada dalam pangan, serta memperlambat proses perkecambahan biji-bijian, dan menghambat pertumbuhan mikroba patogen (FAO & IAEA, 2003; BPOM, 2019). Radiasi *ionizing* biasanya iradiasi yang umum digunakan dikarenakan dapat mencegah pertumbuhan mikroba patogen. Untuk menjaga keamanan pangan, dosis radiasi yang diberikan harus dikendalikan dan tidak boleh melebihi batas yang ditetapkan. Dosis radiasi rata-rata keseluruhan di bawah 10 kGY masih dianggap aman, disarankan untuk menghindari pemberian dosis radiasi di atas rata-rata keseluruhan lebih dari 10 kGY, karena harus melibatkan praktik yang tidak aman (Ehlermann, 2014).



**Gambar 1.** Pengaruh Radiasi *Ionizing* dan *Non-ionizing* terhadap Penghancuran Mikroba (Bisht et al., 2021)

Dalam proses iradiasi pangan, pangan yang akan diiradiasi ditempatkan di dalam kotak atau kamar iradiasi yang sesuai dengan sumber radiasi yang digunakan. Pada saat terpapar radiasi *ionizing*, energi radiasi akan berinteraksi dengan mikroorganisme, hama, dan bahan pangan itu sendiri. Interaksi ini dapat merusak DNA mikroorganisme dan mengganggu metabolisme sel, sehingga mengurangi jumlah atau aktivitas mikroorganisme yang ada dalam pangan (BPOM, 2004; CDC, 2022).

Pangan iradiasi telah melalui berbagai penelitian dan pengujian untuk menentukan keamanannya. Organisasi internasional, seperti *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) dan *International Atomic Energy Agency* (IAEA), telah menyusun panduan dan standar yang terkait dengan penggunaan pangan iradiasi seperti yang telah dijabarkan di atas. *U.S Food and Drug Administration* (FDA) di Amerika Serikat dan badan pengawas pangan di negara-negara lain mengatur penggunaan dan deklarasi pangan iradiasi sesuai dengan persyaratan keamanan dan label yang ditentukan. Di Indonesia, Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia (BPOM) juga mengatur dosis penggunaan iradiasi makanan seperti yang tertera pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Otorisasi Iradiasi Berdasarkan Kelompok Pangan Dan Batasan Dosis Indonesia

(*)	Kelompok Pangan Dan Tujuan Iradiasi	Dosis (kGY)	
		Minimum	Maksimum
	Kelompok 1 - Umbi-umbian		
	Tujuan perlakuan		
	Menghambat pertunasan selama penyimpanan	0.2	
	Kelompok 2 - Buah dan Sayuran segar		
	Tujuan perlakuan		
	a. menunda kematangan	1.0	
	b. membasmi serangga	1.0	
	c. memperpanjang masa simpan	2.5	
	d. pengawasan karantina	(*)1.0	
	Kelompok 3 - Sereal, Produk olahan sereal, kacang-kacangan, biji berminyak, pulses, sayur dan buah yang dikeringkan		
	Tujuan perlakuan		
	membasmi serangga	1.0	
	kelompok 4 - ikan mentah dan pangan hasil laut dan produk olahannya		
	Tujuan perlakuan		
	a. mengurangi mikroorganisme patogen tertentu	(*)5.0	
	b. memperpanjang masa simpan	3.0	
	c. pengendalian infeksi karena parasit	(**)2.0	
	Kelompok 5 - Unggas dan daging dan produk olahannya		
	Tujuan perlakuan		
	a. mengurangi mikroorganisme patogen tertentu	(*)7.0	
	b. memperpanjang masa simpan	3.0	
	c. pengendalian infeksi karena parasit	(**)3.0	
	Kelompok 6 - sayuran kering, rempah-rempah, ramuan kering dan herbal teh		
	Tujuan perlakuan		
	a. mengurangi mikroorganisme patogen tertentu	(*)10.0(#)	
	b. membasmi serangga	1.0	
	kelompok 7 - Pangan kering dari hewan		
	Tujuan perlakuan		
	membasmi serangga	1.0	

Dosis Minimum yang ditetapkan untuk masing-masing serangga.

(\*\*) Dosis minimum yang dapat ditetapkan berdasarkan tujuan perlakuan

(#) Dosis rata-rata keseluruhan sesuai *Codex General Standard for Irradiated Food*

Sumber : (BPOM, 2004)

Penggunaan radiasi dalam proses iradiasi pangan dilakukan secara hati-hati dan sesuai dengan pedoman dan regulasi yang berlaku. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa pangan yang dihasilkan tetap aman untuk dikonsumsi dan memenuhi standar keamanan pangan yang ditetapkan. Banyak negara memiliki lembaga atau badan pengawas yang bertanggung jawab untuk mengatur dan mengawasi penggunaan iradiasi pangan guna memastikan keselamatan konsumen.

### 3.3 Studi Kasus dan Temuan Penelitian Terkait

Iradiasi pangan merupakan suatu metode efektif dalam mengurangi jumlah mikroba dalam pangan, terutama mikroba pangan yang berpotensi menyebabkan penyakit hal ini dapat disimpulkan berdasarkan hasil tinjauan penelitian sebelumnya seperti yang tertera pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Tinjauan sebelum mengenai Pangan Iradiasi

Penulis	Journal	Hasil Penelitian
Thayer, 2016	Journal of Food Science	Iradiasi dapat secara efektif mengendalikan mikroba patogen dalam pangan, serta meningkatkan umur simpan dan mutu produk pangan
Udompijikul & Chanbang, 2017	International Journal of Food Microbiology	Iradiasi mampu mengurangi kontaminasi mikroba patogen seperti <i>Salmonella</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , dan <i>Escherichia coli</i> dalam produk pangan seperti daging ayam, daging sapi, dan makanan laut.
Keklik, 2015	Journal of Food Protection	Iradiasi berhasil mengurangi tingkat kontaminasi bakteri pada produk daging ayam.
Dhanashri & Singh, 2018	Journal of Aquatic Food Product Technology	Iradiasi efektif mengurangi tingkat kontaminasi bakteri dalam produk makanan laut.

Iradiasi pangan dapat dianggap sebagai metode yang aman untuk meningkatkan keamanan pangan tanpa merusak mutu nutrisi dan sensoris secara signifikan. Hal ini dapat disimpulkan berdasarkan hasil penelitian pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil Temuan Penelitian Terkait Mutu dan Keamanan Pangan Iradiasi

Sumber	Temuan Penelitian
Serrano, 2019	Iradiasi pada dosis yang sesuai tidak memiliki dampak yang signifikan terhadap komposisi kimia, nilai gizi, dan sifat organoleptik produk pangan seperti buah-buahan, sayuran, dan biji-bijian
Bhatnagar et al., 2022	Iradiasi merupakan metode paling efektif serta tidak memiliki dampak yang signifikan terhadap komposisi kimia, nilai gizi, dan sifat organoleptik produk pangan seperti buah-buahan dan sayuran
FAO, 2019	Penggunaan iradiasi pada produk pangan, seperti rempah-rempah, rempah-rempah kering, dan makanan beku, dapat secara signifikan mengurangi jumlah mikroba patogen, serta memperpanjang umur simpan produk tersebut

### **3.4 Manfaat dan Tantangan Penggunaan Iradiasi**

#### **3.4.1 Manfaat Penggunaan Iradiasi**

Proses iradiasi pangan secara efektif dapat mengurangi populasi mikroba patogen seperti bakteri, virus, dan parasit yang terdapat dalam pangan (Thayer, 2016). Dengan demikian, proses ini membantu mengurangi risiko penyakit yang disebabkan oleh mikroba patogen yang dapat menginfeksi manusia melalui konsumsi pangan. Iradiasi pangan telah terbukti efektif dalam menghentikan pertumbuhan bakteri seperti *Salmonella* dan *Escherichia coli* (Keklik, 2015; Udampijitkul & Chanbang, 2017) yang merupakan penyebab umum keracunan pangan.

Dengan mengurangi jumlah mikroba patogen dalam pangan, risiko keracunan pangan dapat signifikan berkurang. Konsumsi pangan yang terkontaminasi mikroba patogen dapat menyebabkan infeksi gastrointestinal yang serius pada manusia (World Health Organization, 2015 ; Rianti et al., 2018). Oleh karena itu, penggunaan iradiasi pangan sebagai langkah pengendalian mikroba patogen dapat membantu melindungi kesehatan masyarakat.

Proses iradiasi pangan memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan ragi. (Jan et al., 2020; Pillai & Pillai, 2021) Dengan memperlambat pertumbuhan mikroba, pangan dapat bertahan lebih lama, mengurangi pemborosan dan kerugian pangan yang terjadi akibat deteriorasi mikrobiologis. Selain itu, pangan yang telah diiradiasi juga efektif dalam menghentikan perkembangan insekta seperti telur, larva, dan pupa yang mungkin terdapat dalam pangan (Jan et al., 2020). Dengan mengendalikan populasi hama, iradiasi membantu melindungi pangan dari serangan hama dan kerusakan yang dapat disebabkan oleh mereka.

#### **3.5 Tantangan dan Kendala dalam Implementasi Teknologi Pangan Iradiasi**

Implementasi teknologi pangan iradiasi memang memerlukan investasi dalam infrastruktur yang sesuai, termasuk fasilitas iradiasi dan peralatan yang memadai. Biaya yang tinggi terkait dengan perolehan, pengoperasian, dan pemeliharaan infrastruktur ini dapat menjadi tantangan dalam mengadopsi teknologi ini (Bisht et al., 2021; Pillai & Pillai, 2021). Proses perolehan persetujuan regulasi dan persetujuan publik untuk penggunaan pangan iradiasi juga dapat melibatkan tantangan. Regulasi yang ketat dan prosedur persetujuan yang panjang dapat memperlambat dan mempersulit implementasi teknologi ini. Dalam beberapa kasus, persyaratan regulasi yang rumit dapat memerlukan waktu, sumber daya, dan biaya yang signifikan untuk memenuhinya (Bashir et al., 2020).

Iradiasi pangan pada dosis tertentu dapat menyebabkan perubahan pada rasa, aroma, dan tekstur pangan. Beberapa orang mungkin mengalami perubahan cita rasa dan kehilangan kesegaran produk pangan yang telah diiradiasi (Arvanitoyannis, 2010). Selain itu, kekhawatiran dan ketidakpercayaan publik terhadap pangan iradiasi merupakan tantangan yang perlu diatasi. Edukasi yang efektif dan komunikasi terbuka dengan publik sangat penting untuk mengatasi kesalahpahaman dan meningkatkan pemahaman tentang manfaat dan keamanan pangan iradiasi. Penelitian oleh (Frewer et al., 2013) menekankan pentingnya melibatkan masyarakat dalam proses pengambilan keputusan dan mengadopsi pendekatan komunikasi yang transparan untuk membangun kepercayaan dan penerimaan terhadap teknologi pangan iradiasi.

### **3.6 Implikasi Penerapan Pangan Iradiasi dalam Industri Pangan**

Penggunaan pangan iradiasi memiliki peran yang signifikan dalam membantu industri pangan mengendalikan risiko mikroba patogen dan mengurangi potensi kontaminasi pangan. Melalui proses iradiasi, pangan dapat mengalami pengurangan populasi mikroba patogen seperti bakteri, virus, dan parasit. Dengan demikian, pangan iradiasi berkontribusi pada peningkatan keamanan pangan dengan mengurangi risiko terjadinya penyakit yang disebabkan oleh mikroba patogen yang dapat menginfeksi manusia melalui konsumsi pangan.

Dengan mengurangi jumlah patogen dalam pangan dan mengendalikan populasi hama, penggunaan pangan iradiasi berpotensi mengurangi kerugian dan kerusakan yang disebabkan oleh kontaminasi mikroba dan serangan hama. Hal ini dapat berdampak positif pada efisiensi dan produktivitas industri pangan, serta mengurangi pemborosan dan kerugian pangan.

### **3.7 Potensi Pengembangan dan Perluasan Penggunaan Pangan Iradiasi**

Pangan iradiasi memiliki potensi untuk mengembangkan produk dengan umur simpan yang lebih panjang, yang pada gilirannya dapat membantu mengurangi pemborosan pangan dan memperluas ketersediaan produk. Selain itu, penggunaan pangan iradiasi juga dapat membantu memenuhi persyaratan keamanan dan mutu yang ketat dalam perdagangan internasional. Proses iradiasi dapat membantu mengurangi jumlah mikroba patogen dalam pangan, sehingga memastikan produk memenuhi standar keamanan pangan yang diterapkan oleh negara-negara tujuan ekspor. Hal ini membuka peluang ekspansi pasar ekspor bagi produsen pangan, karena pangan iradiasi dapat menjadi sarana untuk memastikan keamanan dan mutu produk yang sesuai dengan persyaratan perdagangan internasional.

Pangan iradiasi juga dapat digunakan dalam pengolahan bahan baku sebelum diolah lebih lanjut. Proses iradiasi pada bahan baku dapat membantu mengurangi risiko kontaminasi mikroba patogen sebelum masuk ke tahap pengolahan. Dengan demikian, pangan iradiasi dapat memberikan perlindungan awal terhadap kontaminasi mikroba dan membantu memastikan keamanan produk pada tahap selanjutnya.

## **4 KESIMPULAN**

Berdasarkan tinjauan penelitian sebelumnya, pangan iradiasi telah terbukti efektif dalam meningkatkan keamanan pangan dengan mengendalikan pertumbuhan mikroba patogen dan memperpanjang umur simpan produk. Beberapa temuan penelitian menunjukkan bahwa iradiasi dapat mengurangi kontaminasi bakteri seperti *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, dan *Escherichia coli* dalam berbagai jenis produk pangan seperti daging ayam, daging sapi, makanan laut, buah-buahan, sayuran, dan biji-bijian. Penerapan iradiasi pangan dinilai sebagai metode yang lebih efektif dibandingkan metode lain. Meskipun terdapat beberapa kekhawatiran penerimaan karena tingginya biaya modal, sulitnya pembangunan infrastruktur, keengganan pelanggan untuk penerimaan makanan yang diiradiasi, dan perubahan sensoris pada produk yang diiradiasi.

Penerapan pangan iradiasi dalam industri pangan penting untuk meningkatkan keamanan pangan dan pengendalian hama. Namun, untuk mendapatkan penerimaan yang lebih luas, diperlukan upaya edukasi kepada masyarakat untuk menyampaikan informasi yang akurat dan transparan mengenai pangan iradiasi, termasuk manfaat dan keamanannya. Pengembangan pangan iradiasi juga memerlukan pengembangan infrastruktur fasilitas. Dalam hal ini, kolaborasi antara pelaku industri pangan dan pemerintah sangat penting. Dukungan pemerintah

dalam hal regulasi, investasi, dan penelitian akan memfasilitasi pengembangan teknologi ini dan mendorong penerapannya dalam industri pangan secara efektif.

Penelitian dan pengembangan teknologi pangan iradiasi harus terus dilakukan untuk menjawab tantangan dan kendala yang masih ada. Studi lebih lanjut diperlukan untuk memahami lebih dalam efek iradiasi terhadap komposisi nutrisi, sensoris, dan keamanan jangka panjang dari produk pangan yang diiradiasi. Selain itu, perlu juga dilakukan penelitian tentang efek iradiasi pada berbagai jenis mikroba patogen dan pengembangan dosis iradiasi yang optimal untuk masing-masing produk pangan. Keberlanjutan penelitian dan pengembangan ini akan membantu meningkatkan pemahaman kita tentang teknologi pangan iradiasi dan memastikan penerapannya yang lebih efektif dan aman di masa depan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arvanitoyannis, I. S. (2010). *Irradiation Of Food Commodities*. Elsevier Inc. .  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/C2009-0-01843-1>
- Badan Pengawas Obat Dan Makanan Republik Indonesia. (2004). *Pedoman Otorisasi Iradiasi Pangan Secara Umum atau Berdasarkan Kelompok Pangan*.  
[https://standarpangan.pom.go.id/dokumen/kode-praktis/10\\_Pedoman\\_Otorisasi\\_Iradiasi\\_Pangan\\_Secara\\_Umum\\_atau\\_Berdasarkan\\_Kelompok\\_Pangan.pdf](https://standarpangan.pom.go.id/dokumen/kode-praktis/10_Pedoman_Otorisasi_Iradiasi_Pangan_Secara_Umum_atau_Berdasarkan_Kelompok_Pangan.pdf)
- Badan Pengawas Obat Dan Makanan Republik Indonesia. (2019). *Peraturan Badan Pengawas Obat Dan Makanan Republik Indonesia*.
- Bashir, K., Jan, K., Kamble, D. B., Maurya, V. K., Jan, S., & Swer, T. L. (2020). History, Status and Regulatory Aspects of Gamma Irradiation for Food Processing. In *Innovative Food Processing Technologies: A Comprehensive Review* (pp. 101–107). Elsevier.  
<https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.23051-5>
- Bhatnagar, P., Gururani, P., Bisht, B., Kumar, V., Kumar, N., Joshi, R., & Vlaskin, M. S. (2022). Impact of irradiation on physico-chemical and nutritional properties of fruits and vegetables: A mini review. *Heliyon*, 8(10), e10918. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10918>
- 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, 372–385.  
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.002>
- BSN. (2023, June 23). *Pentingnya Peningkatan Pemahaman Pangan yang Aman dan Bermutu*.  
<https://bsn.go.id/main/berita/detail/17646/pentingnya-peningkatan-pemahaman-pangan-yang-aman-dan-bermutu>
- Center for Disease Control and Prevention (CDC). (2022). *Food Irradiation*.  
<https://www.cdc.gov/foodsafety/communication/food-irradiation.html#print>
- Dhanashri, S., & Singh, S. (2018). Effect of gamma irradiation on the quality of seafood. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 27, 77–83.
- Ehlermann, D. A. E. (2014). Safety of Food and Beverages: Safety of Irradiated Foods. In *Encyclopedia of Food Safety* (Vol. 3, pp. 447–452). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-378612-8.00305-X>
- Fda, & CarrotNewYork. (2016). *Food Facts From the U.S. Food and Drug Administration*.  
<http://www.fda.gov/educationresource/library>
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2001). *Definitions and General Concepts of Food Security*.  
<https://www.fao.org/3/y7352e/y7352e05.htm>

- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2019). *Food irradiation: A proven technology to improve food safety*. <http://www.fao.org/food-processing-food-safety/food-irradiation/en/>
- Frewer, L. J., Fischer, A. R. H., & Brennan, M. (2013). Risk perception, communication and trust: Towards an emotional-epistemic model of public acceptance of new technologies. *Technological Forecasting and Social Change*, *80*, 363–372.
- Jan, K., Bashir, K., & Maurya, V. K. (2020). Gamma Irradiation and Food Properties. In *Innovative Food Processing Technologies: A Comprehensive Review* (pp. 41–60). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.23052-7>
- Keklik, N. C. et al. (2015). Reduction of bacteria on chicken wings during irradiation. *Journal of Food Protection*, *78*, 1712–1717.
- Panseri, S., Arioli, F., Pavlovic, R., Di Cesare, F., Nobile, M., Mosconi, G., Villa, R., Chiesa, L. M., & Bonerba, E. (2022). Impact of irradiation on metabolomics profile of ground meat and its implications toward food safety. *LWT*, *161*. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113305>
- Pillai, S. D., & Pillai, E. T. (2021). Agriculture: Electron beam irradiation technology applications in the food industry. In *Encyclopedia of Nuclear Energy* (pp. 313–329). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819725-7.00141-0>
- Rianti, A., Oulan, E., Buana, G. N., Kiyat, W. El, & Harsojo, D. (2018). Eliminasi Bakteri Patogen pada Sayur dan Buah sebagai Bahan Baku Salad Siap Santap dengan Iradiasi Gamma Elimination of Pathogenic Bacteria on Vegetables and Fruits as Raw Material of Ready-to-Eat Salad by Gamma Irradiation. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop Dan Radiasi*, *14*(1).
- Serrano, M. (2019). Impact of gamma irradiation on the physicochemical, nutritional, and sensory properties of fruits, vegetables, and grains: a review. *Journal of Food Science*, *84*, 1444–1457.
- Sudesh, Maurya, D. K., & Jamdar, S. N. (2023). Gamma-irradiation of inulin improves its biological functionality and feasibility as a functional ingredient in synbiotic food. *Food Chemistry*, *408*. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.135217>
- Thayer, D. W. (2016). Scientific and technological aspects of irradiated food. *Journal of Food Science*, *81*, 1289–1303.
- Udompijitkul, P. , & Chanbang, Y. (2017). Irradiation inactivation of foodborne pathogens on fresh produce: a review. *International Journal of Food Microbiology*, *240*, 65–70.
- Wang, Y., Wu, J., Liu, B., Xia, Y., & Lin, Q. (2021). Migration of polymer additives and radiolysis products from irradiated PET/PE films into a food simulant. *Food Control*, *124*. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.107886>
- World Health Organization. Foodborne Disease Burden Epidemiology Reference Group. (n.d.). *WHO estimates of the global burden of foodborne diseases*.