

ANALISIS PENGARUH SINAR GAMMA TERHADAP PERTUMBUHAN BAKTERI PADA BAHAN PANGAN

Dayang Nur Aqilah^{1*)}, Nala Fauziyah²⁾, Kamalia Zahra Ratna Sari³⁾, Firdha Kusuma Ayu Anggraeni⁴⁾, Kendid Mahmudi⁵⁾

^{1*)}E-mail : dayangnuraqilahlala@gmail.com

²⁾E-mail : nalafauziyah31@gmail.com

³⁾E-mail : zahra.ahnaf@gmail.com

⁴⁾E-mail : firdhakusuma@unej.ac.id

⁵⁾E-mail : kendidmahmudi@unej.ac.id

¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas dan Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember

ABSTRACT

Indonesia has a large population, so the demand for food increases every year. In the face of this, food exports to various regions require preservatives so that the quality is maintained to consumers. In this research aims to analyze the Effect of Gamma Rays on Bacterial Growth in Foodstuffs, overall this research aims to study how gamma rays can function as an influence on bacterial growth in foodstuffs. This research applies a descriptive qualitative approach by analyzing relevant literature. This research is a type of qualitative research that combines data analysis and explanation of results. The method used was literature analysis. This study used 21 literatures from journals from 2019 to 2024. Gamma irradiation is one of the postharvest food processing methods that effectively reduces the number of pathogens. This radiation works by damaging bacterial DNA, cell membranes and walls, as well as inactivating essential enzymes and proteins. The use of gamma radiation in low doses has advantages such as improving seed growth and germination, reducing harmful microbial populations and extending food shelf life. Although this technology is safe, there are still concerns and low public awareness towards its use. Control of the radiation dose applied is essential to ensure food safety. Challenges to the application of this technology include low public awareness and high investment costs. However, efforts are ongoing to improve the understanding and application of this technology.

Keywords: *Gamma Rays; Bacteria; Food Ingredients.*

ABSTRAK

Indonesia memiliki jumlah penduduk yang besar, sehingga permintaan bahan pangan setiap tahunnya bertambah. Dalam menghadapi ini, ekspor bahan pangan ke berbagai daerah memerlukan pengawet agar kualitas tetap terjaga sampai ke konsumen. Pada penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana sinar gamma dapat berfungsi sebagai pengaruh pertumbuhan bakteri pada bahan pangan. Penelitian ini menerapkan pendekatan kualitatif deskriptif dengan menganalisis literatur yang relevan. Metode yang digunakan adalah analisis literatur. Penelitian ini menggunakan 21 literatur yang berasal dari jurnal tahun 2019 sampai 2024. Metode analisis literatur mencakup pencarian, evaluasi, dan sintesis berbagai sumber teks terkait topik penelitian tentang analisis sinar gamma terhadap pertumbuhan bakteri pada bahan pangan. Iradiasi gamma merupakan salah satu metode pengolahan pangan pascapanen yang efektif menurunkan jumlah patogen. Radiasi ini

bekerja dengan merusak DNA bakteri, membran dan dinding sel, serta inaktivasi enzim dan protein esensial. Penggunaan radiasi gamma dalam dosis rendah memiliki keuntungan seperti meningkatkan pertumbuhan dan perkecambahan benih, mengurangi populasi mikroba berbahaya dan memperpanjang umur simpan makanan. Meskipun teknologi ini aman, masih ada kekhawatiran dan kesadaran masyarakat yang rendah terhadap penggunaannya. Kontrol dosis radiasi yang diterapkan sangat penting untuk memastikan keamanan pangan. Meskipun tantangan seperti rendahnya kesadaran masyarakat dan biaya tinggi masih ada, upaya peningkatan pemahaman dan penerapan teknologi ini terus dilakukan untuk meningkatkan keamanan pangan dan manfaat bagi konsumen.

Kata Kunci: Sinar Gamma; Bakteri; Bahan Pangan.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan jumlah penduduk yang besar, sehingga permintaan bahan pangan setiap tahunnya bertambah (Pertiwi, 2023). Dalam menghadapi situasi ini, ekspor bahan pangan ke berbagai daerah memerlukan pengawet agar kualitas tetap terjaga sampai ke konsumen. Pengawetan digunakan untuk mempertahankan pangan agar tetap segar dan menghambat terjadinya pembusukan. Pengawetan sendiri dibagi menjadi 2, yaitu pengawetan sintesis dan pengawetan alami. Pengawetan sintesis merupakan pengawetan bahan pangan dengan menggunakan kandungan zat-zat yang membahayakan bagi tubuh manusia yang bersifat karsinogenik yang dapat menyebabkan penyakit berbahaya seperti kanker. Pengawetan alami merupakan pengawetan bahan pangan dengan menggunakan bahan-bahan yang alami yang tidak membahayakan tubuh manusia, salah satunya dengan menggunakan sinar gamma yang dapat membunuh bakteri patogen pada bahan pangan. Dengan menggunakan sinar gamma kualitas bahan pangan tetap terjaga dan dapat diekspor ke berbagai daerah di Indonesia tanpa khawatir bahan pangan membusuk.

Sinar gamma adalah radiasi elektromagnetik yang dihasilkan selama proses nuklir atau radioaktif atau subatom lainnya. Sinar gamma adalah suatu bentuk energi yang dihasilkan oleh radiasi elektromagnetik dan radioaktivitas atau proses nuklir atau subatom lainnya seperti pemusnahan elektron oleh positron (Kasanah et al, 2023). Sinar gamma mempunyai sifat ionisasi yang lemah dan tidak mempunyai muatan listrik, sehingga daya ionisasi pada bahan pangan bisa diminimalisir perubahan kandungan kimiawinya. Hal tersebut menyebabkan sinar gamma dapat merusak dan membunuh jaringan sel pada makhluk hidup. Dalam radiasi pangan sel-sel mikroba akan dirusak, sehingga bahan pangan akan menjadi awet dan tingkat kehidupan menjadi meningkat (Rahman et al, 2021).

Pangan merupakan kebutuhan pokok masyarakat sebagai sumber energi dan nutrisi yang sangat penting untuk menjaga kesehatan dan kesejahteraan setiap individu. Pangan dapat

dikelompokkan menjadi tumbuhan (berasal dari tumbuhan) dan produk hewani (dari produk hewani atau produk olahannya) (Winandari et al., 2021). Makanan tersebut dapat dimakan atau dikonsumsi untuk memenuhi kebutuhan gizi manusia. Setiap makhluk hidup khususnya manusia sangat membutuhkan makanan, karena tanpa makanan maka seseorang akan sulit melakukan aktivitasnya sehari-hari. Makanan membantu orang mendapatkan energi dan meningkatkan pertumbuhan tubuh dan otak. Pada penelitian Rorong, J., dan Willar, W.F., tahun 2021 menjelaskan bahwa Pertumbuhan mikroba pada pangan dapat menimbulkan perubahan fisik dan kimia yang tidak diinginkan sehingga menjadikan pangan tersebut tidak layak untuk dikonsumsi. Keracunan makanan dapat disebabkan oleh jamur, ragi, dan bakteri. Dari ketiga mikroorganisme tersebut, bakteri mendominasi pembusukan makanan. Oleh karena itu, pada penelitian Pengaruh Sinar Gamma Terhadap Pertumbuhan Bakteri Pada Bahan Pangan secara keseluruhan bertujuan untuk mempelajari bagaimana sinar gamma dapat berfungsi sebagai pengaruh pertumbuhan bakteri pada bahan pangan. Studi ini menemukan bahwa sinar gamma efektif mengurangi bakteri patogen pada bahan pangan dengan dosis rendah yang menjaga kualitas dan nutrisi. Berbeda dari penelitian terdahulu yang menggunakan dosis tinggi, studi ini juga mengeksplorasi efek pada bakteri resisten antibiotik. Kontribusi utama kajian ini adalah menunjukkan bahwa sinar gamma bisa menjadi alternatif aman dan efektif untuk metode pengawetan tradisional, sekaligus membuka peluang bagi pengembangan teknologi pengawetan pangan yang lebih inovatif dan efisien di masa depan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan pendekatan kualitatif deskriptif dengan menganalisis literatur yang relevan. Penelitian ini merupakan bagian dari jenis penelitian kualitatif yang menggabungkan evaluasi data, dengan hasil yang diuraikan secara deskriptif. Metode yang digunakan merupakan analisis literatur. Penelitian ini menggunakan 21 literatur yang berasal dari jurnal tahun 2019 sampai 2024. Analisis literatur dianggap esensial karena memberikan pondasi bagi peneliti dalam menetapkan fokus dan judul penelitian yang spesifik. Umumnya, tinjauan literatur terdiri dari segmen yang membahas teori, temuan, dan referensi penelitian yang relevan untuk pengembangan studi lebih lanjut. Analisis literatur dapat memberikan wawasan mendalam mengenai isu yang akan diteliti, menyediakan landasan teoritis dan konseptual bagi penelitian, serta menjadi landasan untuk pembahasan dalam konteks penelitian (Satmoko et al., 2020).

Metode analisis literatur menggunakan cara pendekatan yang mencakup pencarian, evaluasi, dan penyatuan dari berbagai sumber teks yang berhubungan dengan topik penelitian yaitu analisis sinar gamma terhadap pertumbuhan bakteri pada bahan pangan (Abzar, 2024). Studi literatur ini

dijalankan oleh peneliti sesudah menetapkan topik penelitian dan merumuskan suatu masalah yang akan dibahas, namun sebelum peneliti melakukan pengumpulan data dan menganalisis data. Teknik analisis data ini dimulai dengan meninjau hasil penelitian dari yang paling signifikan, yang signifikan, dan cukup signifikan secara berurutan. Pendekatan lain yang dapat digunakan antara lain dengan mempertimbangkan tahun penelitian, pada penelitian ini dimulai dari yang paling baru yaitu tahun 2024, dan kemudian secara bertahap mundur ke tahun yang lebih lama hingga 2021. Melalui proses analisis ini, peneliti akan memperdalam pemahaman mengenai seberapa pengaruhnya sinar gamma terhadap pertumbuhan bakteri patogen yang ada di bahan pangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bahan pangan bisa menjadi sumber nutrisi bagi bakteri atau mikroorganisme patogen. Bakteri patogen ini bisa mengotori dan mengganggu kualitas bahan makanan. Contoh-contoh bakteri patogen yaitu meliputi *E. coli*, *S. aureus*, *Salmonella sp.*, *Vibrio sp.*, dan *C. perfringens*. Bahan pangan yang belum mengalami pengolahan lanjut sesudah panen akan berubah dan mengalami kerusakan yang menyebabkan tidak aman untuk dikonsumsi. Maka dari itu, diperlukan upaya untuk memperlambat proses kerusakan bahan pangan supaya dapat memperpanjang masa simpannya. *International Consultative Group on Food Irradiation* (ICGFI) pada tahun 2000 mengonfirmasi bahwa iradiasi ionizing merupakan metode paling efektif dalam pengolahan suatu bahan pangan pasca panen dalam mengurangi adanya mikroba patogen (Rifaldi et al., 2023).

Pengolahan iradiasi pangan yaitu berguna untuk membebaskan makanan dari mikroorganisme berbahaya seperti bakteri patogen, virus, jamur, dan serangga yang dapat merusak dan membahayakan kesehatan melalui proses penyinaran dengan radiasi khusus. Semakin tinggi dosis iradiasi gamma, semakin rendah tingkat kelangsungan hidup bakteri. Sebaliknya, semakin tinggi dosis iradiasi gamma, semakin tinggi kemungkinan kematian bakteri. Selain itu, metode pengolahan limbah, seperti sterilisasi, menjadi penting untuk mencegah penyebaran bakteri patogen. Berbagai metode telah digunakan untuk menghilangkan bakteri patogen, tetapi metode tradisional seperti klorinasi dan pemanasan cenderung mahal dan membutuhkan energi yang banyak (Larasati et al., 2022).

Radiasi sinar gamma telah lama digunakan dalam berbagai aplikasi medis dan industri, termasuk sterilisasi peralatan medis dan pengawetan bahan pangan. Teknologi ini menawarkan solusi efektif untuk menghambat pertumbuhan bakteri patogen pada bahan pangan, menjadikannya metode penting dalam memastikan keamanan pangan (Lubis et al., 2021). Artikel ini akan mengulas bagaimana radiasi sinar gamma bekerja dalam menghambat bakteri patogen, mekanisme di balik efektivitasnya, keuntungan dan tantangan penggunaan, serta implikasi bagi industri pangan.

Radiasi sinar gamma merupakan bentuk energi elektromagnetik dengan panjang gelombang yang sangat pendek dan energi tinggi (Jami dkk., 2021). Ketika bahan pangan terpapar sinar gamma, energi yang dilepaskan oleh sinar ini mampu menembus bahan dengan sangat efektif, mencapai bahkan bagian terdalam dari produk. Mekanisme utama yang menyebabkan penghambatan dan kematian bakteri patogen melalui radiasi sinar gamma meliputi kerusakan DNA, kerusakan membran dan dinding sel, serta inaktivasi enzim dan protein esensial. Mekanisme Radiasi Sinar Gamma dalam Menghambat Bakteri Patogen yaitu:

1. Kerusakan DNA Bakteri

Radiasi sinar gamma menyebabkan ionisasi molekul DNA dalam sel bakteri. Proses ionisasi ini mengakibatkan pemutusan ikatan kimia dalam DNA, menghasilkan fragmentasi DNA menjadi potongan-potongan kecil. Pembentukan radikal bebas seperti hidroksil radikal ($\bullet\text{OH}$) juga terjadi akibat ionisasi air dalam sel. Radikal bebas ini sangat reaktif dan mampu merusak struktur DNA, mengganggu replikasi dan transkripsi genetik yang penting bagi kelangsungan hidup dan reproduksi bakteri. Akibatnya, bakteri yang DNA-nya rusak tidak mampu berkembang biak dan akhirnya mati (Anggita, Nurisyah, and Wiriansya, 2022).

2. Kerusakan Membran dan Dinding Sel

Membran sel bakteri yang terdiri dari lipid dan protein sangat rentan terhadap radiasi sinar gamma. Energi tinggi dari sinar gamma dapat merusak lipid dalam membran sel, menyebabkan kebocoran ion dan molekul esensial dari dalam sel (Rahman et al, 2021). Selain itu, protein dalam membran yang berfungsi sebagai transportasi dan struktur juga mengalami kerusakan. Kerusakan ini mengakibatkan kehilangan integritas membran sel, sehingga bakteri tidak mampu mempertahankan homeostasis dan akhirnya mati.

3. Inaktivasi Enzim dan Protein Esensial

Radiasi sinar gamma dapat menyebabkan denaturasi protein, yaitu perubahan struktur tiga dimensi protein yang esensial untuk fungsinya. Protein yang terdenaturasi kehilangan fungsinya, termasuk enzim yang memainkan peran penting dalam metabolisme sel. Radikal bebas yang dihasilkan juga dapat merusak asam amino dalam protein, mengakibatkan inaktivasi enzim yang esensial. Tanpa enzim yang aktif, proses metabolisme vital seperti replikasi DNA, sintesis protein, dan produksi energi terganggu, menyebabkan kematian sel bakteri (Azzahra & Trimulyono, 2024). Sinar gamma memiliki kemampuan penetrasi yang tinggi karena karakteristik energi dan panjang gelombangnya yang sangat pendek. Berikut adalah beberapa alasan mengapa sinar gamma bisa menembus bahan pangan (Kasanah et al, 2023):

1. Energi Tinggi

Sinar gamma memiliki energi yang sangat tinggi, biasanya dalam rentang ratusan ke beberapa juta electronvolt (eV). Energi tinggi ini memungkinkan sinar gamma untuk menembus bahan yang lebih padat dan lebih tebal.

2. Panjang Gelombang Pendek

Panjang gelombang sinar gamma sangat pendek, biasanya kurang dari 0,01 nanometer. Panjang gelombang yang pendek ini berarti sinar gamma tidak mudah diserap oleh materi, sehingga dapat menembus lebih dalam.

3. Kemampuan Menembus Beragam Material

Sinar gamma dapat menembus berbagai jenis material, termasuk bahan organik yang membentuk makanan. Ini membuatnya efektif untuk aplikasi seperti iradiasi makanan, di mana sinar gamma digunakan untuk membunuh mikroorganisme tanpa merusak struktur bahan pangan secara signifikan.

4. Interaksi Minim dengan Materi

Sinar gamma adalah foton, yang berarti mereka tidak memiliki muatan listrik. Karena itu, mereka tidak mudah berinteraksi dengan elektron di atom atau molekul bahan yang mereka tembus, berbeda dengan partikel bermuatan seperti sinar alfa atau beta yang lebih mudah berinteraksi dan kehilangan energinya lebih cepat.

5. Tidak Terdifusi oleh Medan Magnet atau Listrik

Karena sinar gamma tidak bermuatan, mereka tidak dibelokkan oleh medan magnet atau medan listrik. Ini memungkinkan mereka untuk menembus materi dalam garis lurus dan menargetkan area tertentu dengan presisi.

Berkas elektron dan sinar gamma adalah contoh radiasi pengion yang telah terbukti memperpanjang umur penyimpanan makanan dan mengurangi pembusukan yang disebabkan oleh mikroorganisme patogen. Radiasi pengion mengionisasi bahan makanan dengan sinar tertentu, yang membunuh mikroorganisme berbahaya atau menghentikan pertumbuhannya. Radiasi pengion dapat mengurangi berat makanan, menghentikan pertumbuhan bakteri seperti *Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium*, dan *E. coli*, dan mempertahankan aktivitas antioksidan pada buah dan sayur. Dosis radiasi, ketersediaan oksigen, kadar air, suhu, dan komposisi lingkungan adalah beberapa faktor yang memengaruhi kemampuan radiasi untuk mengendalikan mikroorganisme.

Menurut penelitian Romadhon, Sutjahjo, and Marwiyah (2018) penggunaan sinar gamma efektif mengurangi penyakit layu bakteri dan busuk buah pada tanaman tomat. Tujuan iradiasi gamma pada tanaman pangan, terutama padi, adalah untuk meningkatkan sifat positif dan

mengurangi sifat negatif. Diharapkan bahwa perlakuan radiasi akan menghasilkan padi mutan dengan sifat yang lebih baik, seperti berbunga lebih awal, beradaptasi dengan lingkungan tumbuh, dan hasil berlipat ganda. Penggunaan radiasi gamma dalam dosis rendah memiliki banyak manfaat, seperti meningkatkan pertumbuhan dan perkecambahan benih, meningkatkan respirasi sel, aktivitas enzim, dan produksi struktur tanaman. Radiasi gamma juga dapat digunakan untuk mengurangi populasi serangga, jamur, patogen, dan jamur, memperlambat pematangan buah, dan meningkatkan umur simpan benih. Daun tunggal, rangkap, dan rangkap empat juga dapat dibentuk oleh radiasi gamma, mereka juga dapat menjadi lebih panjang dan tebal dari pada daun bulat biasanya. Bahkan setelah dipanen, daun ini biasanya tetap hijau dan sulit dirontok (Sholikhah et al., 2024).

Radiasi pengion berenergi tinggi dapat mengionisasi bahan yang digunakan. Ini dapat menghambat dan menghancurkan pertumbuhan dan populasi bakteri (Muhammad et al, 2023). Menurut (Mawangi, 2021) radiasi gamma dosis rendah Ketika radiasi gamma digunakan rendah mempunyai banyak manfaat, seperti meningkatkan pertumbuhan benih, perkecambahan benih, perbaikan sel-sel pernafasan, peningkatan aktivitas enzim, dan peningkatan produksi benih pada struktur tanaman. Kelebihan radiasi gamma adalah bahwa selama penyimpanan makanan, mereka tidak menjadi radioaktif dan tidak meninggalkan residu kimia. Selain itu, radiasi tidak meningkatkan suhu secara signifikan. Akibatnya, proses pengalengan tidak memerlukan penggunaan bahan pengemas yang tahan panas.

Iradiasi juga disebut sebagai teknologi canggih yang terlindungi, sehat dan higienis untuk digunakan dalam industri pangan. Beberapa penelitian dan otoritas kesehatan telah mengkonfirmasi keamanan produk iradiasi dalam dosis yang tepat tanpa residu kimia berbahaya. Keunggulan lainnya adalah iradiasi dapat menjaga nilai gizi, kesegaran dan rasa (tekstur, warna, bau) bahan pangan. Teknologi iradiasi pangan ini memerlukan investasi teknologi yang cukup besar. Kesadaran masyarakat terhadap teknik ini masih rendah, dan terdapat kekhawatiran bahwa makanan yang diiradiasi mungkin mengandung residu radioaktif. Namun, kemajuan dalam penggunaan teknik iradiasi terhambat karena metode ini tidak menghilangkan hama atau patogen secara langsung dan instan. Selain itu, dibandingkan dengan metode pengawetan tradisional lainnya, metode ini memerlukan fasilitas yang lebih mahal dan lebih kompleks.

Pada penerapan radiasi gamma untuk mutasi genetik lokal, perlu diwaspadai bahaya dosis tinggi yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman, bahkan mematikannya, dan menggagalkan upaya menghasilkan varietas baru yang lebih baik. Pada beberapa tanaman, iradiasi gamma meningkatkan diameter, kapasitas pertumbuhan, tinggi suatu bibit atau tanaman, lebar daun, waktu berbunga, waktu panen, dan terhambatnya pertumbuhan. Untuk menjamin keamanan pangan,

penting untuk mengontrol dosis radiasi yang diberikan dan memastikan tidak melebihi batas yang ditentukan. Namun, dosis radiasi total kurang dari 10 kGY umumnya dianggap aman. Namun, disarankan untuk menghindari pemberian dosis radiasi yang lebih tinggi dari rata-rata secara umum, karena dapat melibatkan aktivitas berbahaya (Widyastuti and Ulfah, 2023).

KESIMPULAN

Bahan pangan rentan terhadap kontaminasi oleh berbagai bakteri dan mikroorganisme patogen yang dapat mengancam kualitas dan keamanan makanan. Pengolahan lanjut setelah panen menjadi krusial untuk mencegah kontaminasi dan kerusakan yang dapat mengakibatkan makanan menjadi tidak aman untuk dikonsumsi. Salah satu metode pengolahan yang efektif adalah iradiasi pangan menggunakan sinar gamma, yang telah terbukti mengurangi jumlah mikroba patogen dan memperpanjang masa simpan produk pangan. Radiasi sinar gamma bekerja dengan merusak DNA, membran sel, dan protein bakteri patogen, sehingga menghambat pertumbuhan dan menyebabkan kematian mikroba tersebut. Meskipun teknologi iradiasi pangan merupakan solusi efektif untuk menjaga keamanan pangan, penerapannya masih menghadapi beberapa tantangan, termasuk rendahnya kesadaran masyarakat dan biaya investasi yang tinggi. Namun, upaya terus dilakukan untuk meningkatkan pemahaman dan penerapan teknologi ini, dengan harapan dapat memberikan manfaat yang lebih besar bagi industri pangan dan keselamatan konsumen secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abzar, M. (2024). Analisis Hasil Penelitian Pendidikan Islam dengan Pendekatan Fisika. *Jurnal Literasi Pendidikan Fisika (JLPPF)*, 5(1), 34-48.
- Anggita, D., Nurisyah, S., & Wiriansya, E. P. (2022). Mekanisme Kerja Antibiotik: Review Article. *UMI Medical Journal*, 7(1), 46–58. Diunduh dari <https://doi.org/10.33096/umj.v7i1.149>
- Azzahra, A. N. A., & Trimulyono, G. (2024). Aktivitas antibakteri ekstrak rumput laut *Gracilaria verrucosa* terhadap bakteri *Pseudomonas fluorescens* patogen pada ikan. *Lentera BIO*, 13(01), 44–54. Diunduh dari <https://journal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio/article/download/25922/10451/92106>
- Jami, A., Nuri, H. L., & Subhiyah, H. (2021). Kajian Teknologi Instrumen untuk Analisis Plastik Sintilasi Berbasis Polistirena. *PRIMA-Aplikasi dan Rekayasa dalam Bidang Iptek Nuklir*, 18(2), 1-7.
- Kasanah, N., Chandhani, E. D., Prabandari, A. M., Sudarti, S., & Prihandono, T. (2023). Analisis Pemahaman Mahasiswa Pendidikan Fisika Universitas Jember Terkait Teknik Irradiasi Sinar

- Gamma Pada Pengawetan Makanan. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 12(4), 146. Diunduh dari <https://doi.org/10.19184/jpf.v12i4.39533>
- Larasati, D. A., Suharto, B., Wirosodarmo, R., & Sugoro, I. (2022). Effect of Gamma Irradiation on Growth of Escherichia Coli and Salmonella Sp. *Jurnal Sains Dan Teknologi Nuklir Indonesia*, 22(2), 52–58. Diunduh dari <https://doi.org/10.17146/jstni.2021.22.2.6018>
- Lubis, N., Nuari, D. A., Suryana, S., Ganenggara, V. P., & Rahmayanti, R. (2021). Effect of 7 Kgy Dosage Gamma Irradiation on Microbiological Quality of Tubers Taka (*Tacca leontopetaloides*(L.) Kuntze) Starch Biscuits. *Jurnal Sains Dan Kesehatan*, 3(4), 569–575. Diunduh dari <https://sinta.kemdikbud.go.id/authors/profile/5990362/?view=garuda>
- Mawangi, E. A. R. (2021). *Analisis Radionuklida 137cs Pada Sampel Tanah dan Beras (Oryza Sativa) Kabupaten Pandeglang- Banten dengan Menggunakan Spektrometer Gamma*. Diunduh dari https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/bitstream/123456789/58235/1/ELLEN_ARTILERIN_RAMADHANI_MAWANGI-FST.pdf
- Muhammad, A. C., Santoso, H., Purnama, Y. A., Parenden, D., Dewadi, F. M., Dewi, R. P., Winardi, B., & Laillahulhaq, Z. (2023). *Konversi Energi*.
- Pertiwi, P. (2023). *Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Volume Impor Beras Di Indonesia* (Doctoral Dissertation, Universitas Jambi).
- Rahman, M., Islam, M. A., Das, K. C., Salimullah, M., Mollah, M. Z. I., & Khan, R. A. (2021). Effect of gamma radiation on microbial load, physico-chemical and sensory characteristics of common spices for storage. *Journal of Food Science and Technology*, 58(9), 3579–3588. Diunduh dari <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05087-4>
- Rifaldi, A. R., Juanda, D. H., Mahmudi, K., Prihandono, T., Tiodora, W., Sinuraya, B., Yani, M., Sembiring, B., Darat, M., Jambi, K. M., Ionizing, R., & Gamma, S. (2023). *ISSN : 2621-0665 Metode Radiasi Ionizing dalam Mempertahankan Kualitas Buah dan Sayuran Pasca Panen Ionizing Method In Maintaining The Quality of Fruit and Vegetables Post Harvest Agroradix Vol . 7 No . 1 (Desember 2023) ISSN: 2621-0665*. 7(1). Diunduh dari [https://www.researchgate.net/publication/376688964_METODE_RADIASI_IONIZING_DALAM_MEMPERTAHANKAN_KUALITAS_BUAH_DAN_SAYURAN_PASCA_PANEN#:~: text=Metode radiasi ionizing telah menjadi pendekatan yang efektif,dan mengurangi kerusakan yang disebabkan oleh mikro](https://www.researchgate.net/publication/376688964_METODE_RADIASI_IONIZING_DALAM_MEMPERTAHANKAN_KUALITAS_BUAH_DAN_SAYURAN_PASCA_PANEN#:~:text=Metode radiasi ionizing telah menjadi pendekatan yang efektif,dan mengurangi kerusakan yang disebabkan oleh mikro)
- Romadhon, M. R., Sutjahjo, S. H., & Marwiyah, D. S. (2018). Evaluasi Genotipe Tomat Hasil Iradiasi Sinar Gamma di Dataran Rendah. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 46(2), 189. Diunduh dari <https://doi.org/10.24831/jai.v46i2.16538>

- Satmoko, A., Ardiyati, T., & Gunawan, H. A. (2020). Gamma Irradiator Facilities for Processing Plant Industries Products. *E3S Web of Conferences*, 142, 1–6. Diunduh dari <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202014201003>
- Sholikhah, N., Choirul, T., Amalia, N., Febrianty, W., Sabila, S. R., Alya, M., Anggraini, S., Prihandono, T., Mahmudi, K., Fisika, P., & Jember, U. (2024). *POTENSI PENGGUNAAN RADIASI SINAR GAMMA PADA PERTUMBUHAN TANAMAN PADI*. 8(1), 36–46. Diunduh dari https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:fWwICvqEn2AJ:scholar.google.com/+intitle:%27POTENSI+PENGGUNAAN+RADIASI+SINAR+GAMMA+PADA+PERTUMBUHAN+TANAMAN+PADI%27&hl=id&as_sdt=0,5
- Widyastuti, B., & Ulfah, M. (2023). Peran Teknologi Iradiasi Dalam Peningkatan Mutu Dan Keamanan Pangan:: a Review. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi" SainTek"*, 1(1), 1–10. Diunduh dari <https://conference.ut.ac.id/index.php/saintek/article/view/2356>
- Winandari, O. P., Utami, W. I., Kamelia, M., & Widiani, N. (2021). Daya Hambat Teh Kombucha Terhadap Pertumbuhan Bakteri dan Jamur Pada Bahan Pangan Hewani. *Seminar Nasional Biologi*, 6, 242–247. Diunduh dari <https://conference.uinsgd.ac.id/index.php/>