

ANALISIS PEMAHAMAN MAHASISWA PENDIDIKAN FISIKA UNIVERSITAS JEMBER TERKAIT TEKNIK IRRADIASI SINAR GAMMA PADA PENGAWETAN MAKANAN

¹⁾Nur Kasanah, ¹⁾Erika Divian Chandhani, ¹⁾Audri Mely Prabandari, ¹⁾Sudarti,
¹⁾Trapsilo Prihandono

¹⁾Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember
Email : nurkasanah841@gmail.com

Abstract

One of the materials studied by physics education students at the University of Jember in the agrophysics course is material about ionizing and non-ionizing radiation. Understanding the material requires the ability to think critically. With critical thinking, students' understanding can be said to be good on ionizing and non-ionizing radiation material. In this research using descriptive research methods with a quantitative approach. The purpose of using this method was to describe the understanding of physics education students in understanding ionizing radiation material (ionizing) type of gamma rays on food preservation. Respondents in this research were physics education students at the University of Jember totaling 50 students. Data were collected by distributing questionnaires. Based on the results of the analysis of the answers obtained from the Physics Education students of Jember University on the questionnaire regarding the understanding of gamma-ray irradiation techniques in food preservation, it can be concluded that the understanding of the concept of students is quite good. Students who are prospective physics teachers must have an understanding of the concept of physics. To improve understanding, it is necessary to have a good discussion and argue logically to train critical thinking.

Keywords: Ionizing Radiation, Gamma Rays, Critical Thinking, Physics Learning

PENDAHULUAN

Pangan ialah kebutuhan setiap manusia serta merupakan mendasar yang harus terpenuhi, kecukupan dan kualitasnya sangat penting untuk menentukan kualitas sumber daya manusia (Umanailo, 2019). Sedangkan bahan pangan ialah segala bahan baku hasil pertanian, peternakan ataupun perkebunan yang dapat dikelola menjadi produk ataupun dapat dikonsumsi secara langsung. Bahan pangan dapat dibedakan menjadi bahan pangan nabati dan bahan pangan hewani. Bahan pangan hewani seperti daging ayam, daging sapi, telur dan susu. Sedangkan bahan pangan nabati bersumber dari tumbuhan, seperti buah-buahan, kacang-kacangan dan sayuran.

Pengawetan ialah cara yang digunakan untuk mempertahankan kesegaran bahan makanan serta

memperpanjang umur simpan suatu bahan. Sesuai bahan yang digunakan pengawetan dibagi menjadi dua yaitu pengawetan secara alami dan pengawetan sintesis atau buatan. Pengawetan sintesis memiliki kandungan zat-zat yang berbahaya bagi kesehatan serta terkadang bersifat *karsinogenik* yang dapat menyebabkan terjadinya penyakit kanker pada tubuh manusia. Salah satu pengawetan secara alami ialah menggunakan penyinaran radiasi sinar ultraviolet dan sinar gamma yang dapat mematikan mikroorganisme tanpa menurunkan kualitas (Apriyanti et al., 2021). Iradiasi gamma merupakan proses yang digunakan untuk sterilisasi di bidang kesehatan, pengawetan makanan, dan pasteurisasi tanaman obat (Erizal et al., 2018). Iradiasi gamma (pengion) diberikan

untuk mereduksi karakter hidrofilik serat alam dengan meningkatkan ikatan silang permukaan yang lebih baik dengan matrik polimer pada material (Hikmawan et al., 2014). Sumber iradiasi yang bisa digunakan dalam pengawetan makanan yaitu Cobalt-60 (^{60}Co), Caesium-137 (^{137}Cs), yang dapat menghasilkan sinar gamma, mesin berkas elektron dan mesin generator sinar (Putri et al., 2015).

World Health Organizations (WHO) menyatakan bahwa cara yang aman untuk pengawetan bahan makanan di dunia adalah pengertian dari irradiasi. WHO juga memberi penjelasan jika penggunaan dosis tertentu penggunaan irradiasi pada makanan tidak akan menimbulkan permasalahan gizi serta bahaya racun (Widya Pangestika et al., 2022). Irradiasi ialah suatu proses fisika yang diterapkan pada pengawetan serta memberikan tingkat keamanan yang lebih pada bahan pangan. Metode Irradiasi merupakan salah satu jenis pengawetan bahan makanan yang menggunakan gelombang elektromagnetik (Safitri, 2010). Radiasi pengion yang memiliki energi tinggi dapat menyebabkan ionisasi terhadap materi yang digunakan. Energi yang didapatkan dari sumber radiasi inilah yang dapat menghambat serta memusnahkan pertumbuhan serta menurunkan populasi pada bakteri. (Santosa et al., 2021). Contoh radiasi pengion ialah, sinar alfa, sinar beta, sinar gamma serta sinar ultraviolet. Contoh radiasi pengion yang sering digunakan untuk pengawetan makanan adalah radiasi sinar gamma (Hamidy et al., 2021).

Kelebihan dari irradiasi sinar gamma ini adalah saat pengawetan makanan tidak mengakibatkan makanan berubah menjadi radioaktif serta tidak meninggalkan residu kimia. Proses irradiasi juga tidak menaikkan suhu secara drastis. Oleh karena itu dalam proses pengawetan tidak memerlukan bahan

kemasan yang tahan panas (Kalfat & Zubaidah, 2015).

Salah satu materi yang dipelajari mahasiswa pendidikan fisika Universitas Jember dalam mata kuliah agrofisika ialah materi mengenai radiasi ionizing serta non ionizing. Memahami materi tersebut diperlukan kemampuan berpikir kritis. Berpikir kritis ialah suatu proses disiplin intelektual secara aktif serta terampil mengkonseptualisasikan, menganalisis, menerapkan, mensintesis serta mengevaluasi informasi yang dikumpulkan atau dihasilkan berdasarkan pengalaman, penalaran, refleksi dan komunikasi sebagai panduan untuk keyakinan dan tindakan (Purbonugroho et al., 2020). selain itu, kemampuan berpikir kritis merupakan proses penalaran yang kritis dan kreatif yang berorientasi pada suatu proses intelektual yang melibatkan pembentukan konsep (Iskandar, 2009:86).

Kemampuan berpikir kritis sangat perlu untuk ditingkatkan, terlebih untuk calon guru pada bidang fisika dalam memecahkan soal-soal fisika. Hal ini dikarenakan fisika ialah mata pelajaran yang membutuhkan pemahaman mendalam, berpikir kritis serta ketelitian tinggi dalam mengerjakan soal (Nurhayati & Angraeni, 2017). Salah satu cara yang dapat dilakukan ialah mendorong mahasiswa aktif dalam kegiatan berdiskusi serta memberikan kesempatan untuk berekspresi atau mengutarakan pendapat. Cara tersebut dapat dilakukan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis. Selain itu perlu adanya pendapat yang logis dalam proses berpikir kritis. Pemahaman mahasiswa mengenai materi radiasi ionizing dan konsep materi radiasi ionizing penting karena dapat mempengaruhi tercapainya tujuan pembelajaran peserta didik. Oleh sebab itu, dilakukan survey dengan menggunakan kuesioner mengenai pemahaman mahasiswa terhadap materi radiasi ionizing sinar gamma pada bahan pangan. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk membahas tentang pemahaman mahasiswa

pendidikan fisika Universitas Jember terkait teknik irradiasi sinar gamma pada pengawetan makanan.

METODE

Metode penelitian deskriptif menggunakan pendekatan kuantitatif adalah metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini. Penggunaan metode penelitian deskriptif bertujuan untuk mendeskripsikan serta menjelaskan pemahaman mahasiswa pendidikan fisika pada pemahaman materi radiasi ionizing (pengion) jenis sinar gamma pada pengawetan makanan. Responden yang digunakan ialah mahasiswa Pendidikan Fisika Universitas Jember sejumlah 50 mahasiswa. Data dikumpulkan dengan teknik penyebaran kuesioner.

Kuesioner berisi 10 pernyataan dari bobot soal yang mudah hingga sulit mengenai materi pemanfaatan radiasi ionizing pada makanan dengan jawaban (1) adalah jawaban sangat tidak setuju, (2) adalah jawaban tidak setuju, (3) adalah jawaban setuju, dan (4) adalah jawaban sangat setuju. Kuesioner dibuat dalam *google form* yang kemudian disebar melalui whatsapp grup mahasiswa pendidikan fisika Universitas Jember. Hasil kuesioner selanjutnya akan dipresentasikan berupa bentuk diagram lingkaran serta tabel guna mempermudah menganalisis dan membaca data. Teknik analisis data yang digunakan berupa teknik analisis statistic deskriptif. Teknik analisis statistic deskriptif merupakan teknik yang digunakan untuk analisis data dengan menguraikan atau mengekspresikan data yang telah diperoleh (Sugiyono, 2008).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Responden sejumlah 50 mahasiswa Pendidikan Fisika Universitas Jember diberikan 10 butir soal. Jawaban soal berupa pilihan 1-4 dengan kategori jawaban 1 mendeskripsikan sangat tidak setuju, jawaban 2 mendeskripsikan tidak

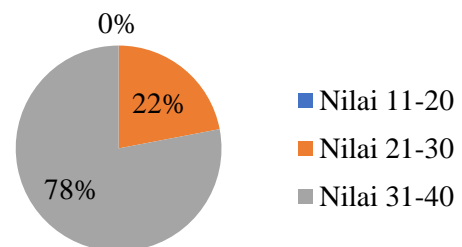
setuju, jawaban 3 mendeskripsikan setuju dan jawaban 4 mendeskripsikan sangat setuju. Hasil dari jawaban responden dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Jawaban Responden

No. Soal	Poin 1	Poin 2	Poin 3	Poin 4
1	0	0	16	34
2	0	2	31	17
3	0	2	17	31
4	0	3	28	19
5	1	1	22	26
6	0	4	23	23
7	2	3	23	22
8	2	2	25	21
9	2	5	19	24
10	3	5	16	26

Data dari hasil nilai jawaban mahasiswa Pendidikan Fisika dapat dilihat pada Gambar 1.

Data Nilai Mahasiswa



Gambar 1. Data Nilai Mahasiswa

Gambar 1. menunjukkan bahwa pemahaman mahasiswa Pendidikan Fisika tergolong baik, hal ini dikarenakan hanya terdapat 11 mahasiswa atau 22% dari 50 mahasiswa yang mendapatkan nilai rentang 21-30. Sedangkan mahasiswa yang mendapatkan nilai rentang 31-40 sebanyak 39 mahasiswa atau 78% dari 50 mahasiswa. Nilai maksimum dari responden adalah 40 dan nilai minimum adalah 22.

Soal yang diberikan pada responden mencakup beberapa hal mengenai ionizing sinar gamma dan radiasi. Soal nomor 1 mencakup pengertian sinar gamma (γ). Diberikan sebuah

pernyataan yang benar mengenai pengertian sinar gamma (γ), yaitu “Sinar gamma (γ) merupakan bentuk energi yang dihasilkan radiasi elektromagnetik dan diproduksi oleh radioaktivitas ataupun proses nuklir maupun subatomik lainnya seperti penghancuran electron positron.” Pada soal ini 0 mahasiswa menjawab 1, 0 mahasiswa menjawab 2, 16 mahasiswa menjawab 3 dan 34 mahasiswa menjawab 4. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Manurung & Gultom, 2018) dalam menjelaskan bahwa Sinar gamma merupakan sebuah radiasi elektromagnetik yang diproduksi melalui proses nuklir atau radioaktif atau subatomik lainnya. Apabila dilihat dari jumlah responden terlihat bahwa mayoritas menjawab setuju dan sangat setuju hal ini menunjukkan bahwa sudah ada pemahaman mengenai pengertian radiasi gamma.

Soal nomor 2 mencakup pengertian irradiasi pangan. Diberikan sebuah pernyataan yang benar mengenai pengertian irradiasi pangan, yaitu “metode penyinaran yang menggunakan zat radioaktif ataupun akselerator guna mencegah pembusukkan serta kerusakan pangan serta membebaskan jasad renik patogen ialah pengertian dari Irradiasi pangan”. Pada soal ini 0 mahasiswa menjawab 1, 2 mahasiswa menjawab 2, 31 mahasiswa menjawab 3 dan 17 mahasiswa menjawab 4. Menurut penelitian (Akrom et al., 2014) Irradiasi pangan merupakan proses menyinari makanan menggunakan kontrol radiasi pengion contohnya sinar gamma untuk menghindari proses pembusukan makanan. Menurut kuesioner yang sudah disebarakan responden sudah memaknai pengertian irradiasi pangan.

Soal nomor 3 mencakup pengertian irradiasi gamma. Diberikan sebuah pernyataan yang benar mengenai pengertian irradiasi gamma, yaitu “teknologi pengelolaan pangan yang memiliki tujuan guna menurunkan jumlah mikroba patogen dengan cara merusak DNA bakteri tanpa mengakibatkan perubahan sensoris dalam produk ialah

pengertian dari irradiasi gamma”. Pada soal ini terdapat 0 mahasiswa yang menjawab 1, 2 mahasiswa menjawab 2, 17 mahasiswa menjawab 3, dan 31 mahasiswa menjawab 4. Mayoritas responden telah memaknai bahwa irradiasi gamma merupakan sebuah teknik pengolahan pangan yang mampu memperlambat tahap fisiologi mikroorganisme (Akrom et al., 2014).

Soal nomor 4 mencakup persetujuan irradiasi pangan. Diberikan pernyataan yang benar mengenai persetujuan irradiasi pangan, yaitu “50 negara di dunia telah menyetujui bahwa irradiasi pangan ialah proses yang aman serta secara komersial telah diterapkan puluhan tahun di USA, Jepang serta beberapa negara di Eropa” Pada soal ini terdapat 0 mahasiswa menjawab 1, 3 mahasiswa menjawab 2, 28 mahasiswa menjawab 3, dan 19 mahasiswa menjawab 4. Dilansir dari website BPOM dijelaskan bahwa 50 Negara telah menyetujui bahwa irradiasi gamma merupakan proses yang aman untuk pengawetan makanan. Dari jawaban responden dapat diketahui bahwa responden sudah mengetahui bahwa irradiasi pangan aman untuk makanan sesuai yang dianjurkan oleh BPOM pada websitenya.

Soal nomor 5 mencakup manfaat irradiasi sinar gamma. Diberikan pernyataan yang benar mengenai manfaat irradiasi sinar gamma, yaitu “Manfaat dari irradiasi sinar gamma adalah dapat menurunkan jumlah mikroorganisme patogen, oleh karena itu dapat mengurangi penyakit infeksi, sehingga biaya untuk pengobatan dapat diminimalisir.” Pada soal ini 1 mahasiswa menjawab 1, 1 mahasiswa menjawab 2, 22 mahasiswa menjawab 3, dan 26 mahasiswa menjawab 4. Hasil jawaban responden dapat menjelaskan bahwa mayoritas sudah mengetahui manfaat dari irradiasi sinar gamma. Menurut penelitian (Lubis et al., 2021) irradiasi gamma berpengaruh dalam pengolahan makanan sehingga bermanfaat untuk kehidupan sehari-hari. Soal

nomor 6 mencakup dosis rata-rata irradiasi pangan. Diberikan pernyataan yang benar mengenai dosis rata-rata irradiasi pangan, yaitu “Pernyataan Codex Alimentarius Commission yang telah mekaukan banyak kajian menyatakan bahwasanya irradiasi pangan tidak menyebabkan bahaya toksisitas serta tidak perlu pengujian yang lebih lanjut apabila dosis rata rata yang digunakan sampai dengan 10 kGy.” Perubahan kimia yang terjadi saat proses iradiasi seperti pembentukan produk radiolitik terbentuk dari pemanasan asetaldehida yang mana keamanannya telah diuji secara seksama dan tidak menimbulkan bahaya. Pada soal ini sebanyak 0 mahasiswa menjawab 1, 4 mahasiswa menjawab 2, 23 mahasiswa menjawab 3, dan 23 mahasiswa menjawab 4. Hasil tersebut menunjukkan bahwa responden telah memahami bahwa iradiasi pangan tida menyebabkan bahaya toksisitas dan tidak perlu adanya pengujian lebih lanjut.

Soal nomor 7 mencakup proses irradiasi gamma. Diberikan pernyataan yang benar mengenai proses irradiasi gamma, yaitu “Terjadinya proses irradiasi ialah dengan melewati pangan terhadap suatu sumber radiasi dengan kecepatan serta dosis yang terkontrol serta tidak bersentuhan langsung dengan sumber radias. Oleh karena itu irradiasi gamma tidak menimbulkan pangan menjadi radioaktif” Energi sinar gamma yang dihasilkan oleh ^{60}Co sebesar 1,33 MeV sedangkan yang berasal dari ^{137}Cs sebesar 0,66 MeV. Dengan demikian berdasarkan batasan energi sumber radiasi maka penggunaan kedua jenis radionuklida tidak menimbulkan imbas radioaktif pada bahan pangan yang diiradiasi. Pada soal ini sebanyak 2 mahasiswa menjawab 1, 3 mahasiswa menjawab 2, 23 mahasiswa menjawab 3, dan 22 mahasiswa menjawab 4. Hasil tersebut menunjukkan bahwa responden telah memahami bahwa iradiasi pangan tidak menyebabkan radioaktif pada bahan pangan.

Soal nomor 8 mencakup mengenai pengawetan menggunakan irradiasi gamma. Diberikan pernyataan yang benar mengenai pengawetan menggunakan irradiasi gamma, yaitu “Irradiasi gamma ialah proses yang tidak menggunakan panas, oleh sebab itu tidak terlalu banyak kehilangan zat gizi, tidak seperti proses pengawetan yang lain seperti pengalengan, pasteurisasi serta pengeringan”. Hal ini sesuai dengan hasil yang diperoleh oleh FAO, WHO, dan IAEA di Jenewa pada tahun 1997 yaitu iradiasi dengan dosis tinggi (>10 kGy) tidak akan menyebabkan kehilangan zat gizi. Pada soal ini sebanyak 2 mahasiswa menjawab 1, 2 mahasiswa menjawab 2, 25 mahasiswa menjawab 3 dan 21 mahasiswa menjawab 4. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa responden telah memahami bahwa pada proses iradiasi tidak akan mengurangi zat gizi.

Soal nomor 9 mencakup irradiasi gamma tidak menimbulkan radikal bebas. Diberikan pernyataan yang benar mengenai irradiasi gamma tidak menimbulkan radikal bebas, yaitu “Irradiasi gamma tidak menimbulkan terjadinya pembentukan radikal bebas.” Menurut Badan Pengawas Obat dan Makanan iradiasi pangan tidak menimbulkan radikal bebas karena iradiasi pangan yang dilaksanakan sesuai dengan GMP dan tidak meningkatkan risiko botulisme. Pada soal ini sebanyak 2 mahasiswa menjawab 1, 5 mahasiswa menjawab 2, 19 mahasiswa menjawab 3 dan 24 mahasiswa menjawab 4. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa responden telah memahami bahwa proses iradiasi tidak menimbulkan terjadinya radikal bebas.

Soal nomor 10 mencakup ketidakmungkinan saat mengkonsumsi makanan yang diradiasi menggunakan sinar gamma. Diberikan pernyataan yang benar mengenai ketidakmungkinan saat mengkonsumsi makanan yang diradiasi menggunakan sinar gamma, yaitu “Konsumsi pangan dengan irradiasi

gamma tidak menyebabkan munculnya proses perkembangan kromosom tidak normal.” Dilansir dalam web resmi BPOM Hal tersebut karena perubahan kimia yang terjadi terbentuk karena proses pemanasan seperti glukosa asam format, asetaldehida, dan karbondioksida sehingga hal tersebut tidak menyebabkan terjadinya perkembangan kromosom tidak normal. Pada soal ini sebanyak 3 mahasiswa menjawab 1, 5 mahasiswa menjawab 2, 16 mahasiswa menjawab 3 dan 24 mahasiswa menjawab 4. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa responden telah memahami bahwa mengkonsumsi pangan iradiasi tidak menyebabkan terjadinya perkembangan kromosom tidak normal.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis jawaban yang diperoleh dari mahasiswa Pendidikan Fisika Universitas Jember terhadap kuisioner mengenai pemahaman teknik iradiasi sinar gamma pada pengawetan makanan dapat disimpulkan bahwa pemahaman konsep mahasiswa sudah cukup baik. Mahasiswa Pendidikan Fisika sebagai calon guru harus memiliki pemahaman konsep fisika. Untuk meningkatkan pemahaman, perlu adanya diskusi dengan baik serta berpendapat dengan logis untuk melatih keterampilan berpikir kritis.

DAFTAR RUJUKAN

- Akrom, M., Hidayanto, E., & Susilo. (2014). Kajian Pengaruh Radiasi Sinar Gamma Terhadap Study Effect Of Gamma Radiation On Weight. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 10, 86–91. <https://doi.org/10.15294/jpfi.v10i1.3055>
- Apriyanti, E., Subekti, S., & Sukaryo. (2021). Pemanfaatan Ekstrak Lengkuas (*Alpinia galanga*) sebagai Pengawet Alami Ikan Nila dengan Uji Organoleptik. *Merdeka Indonesia Journal International*, 1(2), 1–8.
- Hamidy, A. N., Sudarti, S., & Prihandono, T. (2021). Analisis Pemahaman Mahasiswa Pendidikan Fisika Universitas Jember Pada Materi Teknologi Radiasi Ionizing Dalam Pengawetan Bahan Pangan. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 10(4), 156. <https://doi.org/10.19184/jpf.v10i4.27998>
- Kalfat, J. A. J., & Zubaidah, E. (2015). Iradiasi Sinar Gamma Pada Telur Ayam Broiler Sebagai Upaya Peningkatan Keamanan Pangan (Kajian Dosis Iradiasi Dan Penyimpanan Suhu 4°C). *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 3(4), 1438–1445.
- Lubis, N., Nuari, D. A., Suryana, S., Ganenggara, V. P., & Rahmayanti. (2021). Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma Dosis 7 Kgy Terhadap Kualitas Mikrobiologi Biskuit Pati Umbi Taka (*Tacca leontopetaloides* (L.) Kuntze). *Jurnal Sains Dan Kesehatan*, 3(4), 569–575.
- Manurung, B., & Gultom, T. (2018). Karakteristik Buah Tomat (*Solanum* sp) Liar Generasi M1 Yang Di Radiasi Sinar Gamma Co-60. *Prosiding Seminar Nasional Biologi Dan Pembelajarannya*.
- Nurhayati, & Angraeni, L. (2017). Analisis Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Mahasiswa (Higher Order Thinking) dalam Menyelesaikan Soal Konsep Optika melalui Model Problem Based Learning. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 3(2), 119–126. <https://doi.org/10.21009/1.03201>
- Purbonugroho, H., Wibowo, T., & Kurniawan, H. (2020). Analisis Berpikir Kritis Siswa Dalam menyelesaikan Masalah Open Ended Matematika. *MAJU: Jurnal Ilmiah*

Pendidikan Matematika, 7(2), 53–62.

- Santosa, S., Khotimah, K., Yasmine, H., & Sugiyarto, S. (2021). Konsep Penerapan Sni 8352:2017 Proses Radiasi - Pangan Siap Saji Dosis Tinggi ($10 \text{ Kgy} < \text{Dosis} \leq 65 \text{ Kgy}$) Untuk Produk Pangan Olahan Siap Saji Usaha Mikro Kecil Menengah (UMKM). *Pertemuan Dan Presentasi Ilmiah Standardisasi*, 2020(1), 105–114.
<https://doi.org/10.31153/ppis.2020.63>
- Sugiyono. (2008). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. ALFABETA.
- Umanailo, M. C. B. (2019). Consumption Diversification of Local Community. *Jurnal AGRISEP: Kajian Masalah Sosial Ekonomi Pertanian Dan Agribisnis*, 18(1), 61–74.
<https://doi.org/10.31186/jagrisep.18.1.61-74>
- Widya Pangestika, Abrian, S., Maulid, D. Y., Arumsari, K., Putra, S., Windiarti, F. F., & Herawati, V. (2022). Pengaruh Iradiasi Gamma dan Penyimpanan Dingin terhadap Kandungan Proksimat, pH, dan ALT Filet Ikan Jenaha. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 25(1), 80–87.
<https://doi.org/10.17844/jphpi.v25i1.38521>
- Badan Pengawas Obat dan Makanan Indonesia. 2006. Pangan Iridiasi, Alternatif yang Menjanjikan. <https://www.pom.go.id/berita/pangan-iradiasi--alternatif-yang-menjanjikan> [Diakses pada 18 November 2023]