



## Analisis Keuntungan dan Kerugian Pemanfaatan Iradasi Sinar Gamma di Bidang Pertanian Padi

Cindy Ineke Ferdianti<sup>1</sup>, Lisa Listyo Wati<sup>2</sup>, Regena Yuni Maulida<sup>3</sup>, Rifati Dina Handayani<sup>4</sup>, Sri Astutik<sup>5</sup>

<sup>12345</sup> Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jember

### Abstrak

Received: 22 Juni 2023

Revised: 29 Juni 2023

Accepted: 04 Juli 2023

Tanaman padi ialah tanaman penghasil beras yang menjadi komoditas sangat penting bagi Negara Indonesia. Selain sebagai penghasil bahan pangan pokok, komoditas padi juga merupakan sumber penghasilan utama dari jutaan para petani di negara tersebut. Untuk meningkatkan kualitas padi serta menambah nilai ekonomisnya, maka dilakukan pemuliaan untuk memperbaiki kelemahan dan mengatasi beberapa permasalahan yang terjadi. Salah satu metode pemuliaan tanaman padi yang dapat digunakan ialah dengan menggunakan teknik iradasi sinar gamma (Gamma Ray Irradiation). Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis keuntungan dan kerugian dalam pemanfaatan sinar gamma di bidang pertanian padi. Penelitian ini menggunakan metode Article Review dengan jumlah artikel 30 artikel yang terbit pada tahun 2010-2022. Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan menggunakan teknik analisis deskriptif. Dari hasil penelitian diperoleh sinar gamma terbukti memberikan beberapa keuntungan yakni meningkatkan tinggi tanaman, memperbanyak jumlah anakan, meningkatkan panjang malai, memperpendek umur panen (umur genjah), memperpendek umur berbunga, tahan terhadap hama wareng, serta mengubah beberapa sifat seperti bentuk ujung gabah yang tidak berbulu. Sedangkan dengan digunakannya sinar gamma sebagai teknik mutagen fisik, pada beberapa jenis padi varietas lokal apabila dosis yang digunakan terlalu tinggi mengakibatkan beberapa kerugian yakni menurunnya pertumbuhan diameter kalus, daya tumbuh kalus, tinggi bibit atau tinggi tanaman, lebar daun, umur berbunga, umur panen, serta jumlah anakan.

**Kata kunci:** Padi, Pemuliaan, Iradasi Sinar Gamma.

(\*) Corresponding Author: [cindyinekeferdianti@gmail.com](mailto:cindyinekeferdianti@gmail.com)

**How to Cite:** Ferdianti C.I., Wati L.L., Maulida R.Y., Handayani R.D., & Astutik S. (2023). Analisis Keuntungan dan Kerugian Pemanfaatan Iradasi Sinar Gamma di Bidang Pertanian Padi. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8148844>

## PENDAHULUAN

Tanaman padi diklasifikasikan ke dalam divisi *Spermatophytae* dengan famili *Gramineae/Poaceae*, bergenus *Oryza* dan berspesies *Oryza sativa*. Terdapat 25 spesies/jenis *Oryza*, jenis yang paling dikenal ialah *Oryza Sativa*. Pada jenis *O. Sativa* terbagi menjadi dua subspecies yakni Japonika atau dikenal dengan nama padi bulu yang biasa ditanam di daerah subtropis dan Indika atau dikenal dengan nama padi cere yang biasa ditanam di wilayah negara Indonesia. Berdasarkan sistem budidayanya dibedakan menjadi dua jenis padi, yakni padi kering atau bisa disebut padi gogo dan padi sawah. Padi gogo ditanam di lahan yang tidak digenangi air seperti ladang atau kebun dan, sedangkan padi sawah ditanam di sawah yang selalu tergenang dengan air (Purnomo & Purnamawati, 2010).

*Oryza Sativa L* atau yang biasa dikenal dengan tanaman padi ialah

tanaman penghasil bahan pangan pokok serta menjadi sumber penghasilan utama dari jutaan para petani di Indonesia. Dalam rangka untuk meningkatkan kualitas padi serta menambah nilai ekonomisnya, maka dilakukan pemuliaan untuk memperbaiki kelemahan dan mengatasi beberapa permasalahan serta membentuk varietas baru yang lebih unggul tanpa merubah karakter-karakter yang sudah dianggap bagus seperti beras yang panjang, rasa nasi yang pulen atau kemampuan beradaptasi yang baik pada lingkungan dimana padi tersebut banyak ditanam.

Suatu kegiatan perubahan komponen genetik dari suatu individu atau populasi tanaman dengan tujuan untuk memperoleh tanaman yang lebih unggul sesuai dengan tujuan yang diinginkan merupakan pengertian dari pemuliaan tanaman. Perubahan komponen susunan genetik dari suatu individu atau populasi tanaman dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya yakni dengan cara mutasi genetik (Sobrizal, 2016). Iradasi sinar gamma merupakan salah satu metode atau teknik yang dapat digunakan untuk pemuliaan tanaman dengan metode mutasi genetik (Purwanto et al., 2019).

Menurut pendapat Suryowinoto, menyatakan bahwa penggunaan gelombang energi seperti sinar gamma pada tanaman dapat memberikan efek positif dan negatif di bidang pertanian, efek positifnya ialah akan diperoleh tanaman yang mempunyai sifat-sifat unggul seperti tanaman bertambah tinggi, umur panen pendek, dan lain sebagainya jika mendapatkan perlakuan dosis radiasi sinar gamma yang tepat. Pada realitanya efek positif tersebut tidak selalu didapatkan sesuai dengan harapan, dibeberapa kasus penggunaan gelombang energi seperti sinar gamma pada tanaman malah memberikan efek negatif seperti tanaman tidak berkembang (Moeso Suryowinoto, 2012). Dengan demikian, tujuan dari penelitian ini ialah untuk melakukan analisis keuntungan dan kerugian pemanfaatan sinar gamma di bidang pertanian padi.

## **METODE**

Penelitian ini dilakukan selama satu bulan yakni di bulan Mei pada tahun 2022. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Article Review* dengan teknik analisis data menggunakan teknik deskriptif. Metode penelitian yang digunakan ialah metode kualitatif.

Menurut pendapat Sugiyono (2010), metode penelitian kualitatif ialah suatu metode penelitian yang digunakan untuk meneliti objek-objek alamiah dimana peneliti itu sendiri berperan sebagai instrumen kunci dan pada metode ini hasil penelitian lebih menonjolkan proses dan makna (perspektif subjek).

Artikel yang dikaji berjumlah 30 artikel yang terbit pada tahun 2010-2022 serta relevan dengan tema yang sedang dikaji. Variabel yang digunakan yakni keuntungan serta kerugian pemanfaatan iradasi sinar gamma yang terlihat pada pertumbuhan padi dari hasil iradasi. Dari data yang telah diperoleh kemudian dianalisis dengan menggunakan teknik analisis deskriptif. Tujuan dari penggunaan teknik analisis tersebut ialah untuk mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul secara sistematis, berdasarkan kenyataan serta akurat mengenai permasalahan, fenomena serta hubungan antar fenomena yang sedang dikaji.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Pemuliaan Tanaman dengan Metode Mutasi Genetik**

Tujuan dilakukannya pemuliaan tanaman ialah agar diperoleh varietas yang lebih unggul. Pemuliaan pada tanaman padi ditujukan untuk memperbaiki berbagai permasalahan seperti memperbaiki umur berbunga, mempercepat umur panen, meninggikan tinggi padi dan lain sebagainya, sehingga diperoleh padi yang lebih berkualitas, menguntungkan para petani dan memiliki nilai ekonomis lebih tinggi. Salah satu teknik yang dapat digunakan untuk pemuliaan tanaman ialah menggunakan teknik induksi mutasi dengan menggunakan mutagen yang dapat berupa mutagen fisik ataupun mutagen kimia. (Purwanto et al., 2019). Mutagen fisik paling sering menggunakan iradasi sinar alpha, beta, gamma, fast neutron, elektron beam dan ion beam, sedangkan mutagen kimia biasanya menggunakan sulphur mustard, Colchisine, EMS dan Des (Sari et al., 2015).

Berdasarkan proses terjadinya, mutasi dikategorikan menjadi mutasi yang terjadi secara alami (spontan) dan mutasi buatan. Mutasi alami ialah mutasi yang terjadi secara tidak sengaja dan tidak diketahui penyebabnya serta sangat jarang ditemui mutasi seperti ini, sedangkan mutasi buatan ialah mutasi yang terjadi karena adanya campur tangan manusia. Salah satu teknik mutasi buatan yaitu induksi mutasi (Yanti, 2011). Mutasi ialah proses untuk merubah komponen genetik baik DNA maupun RNA, proses ini berada pada tingkat urutan gen atau bisa disebut dengan mutasi titik serta pada tingkat kromosom. Penggunaan teknik tersebut bertujuan agar keragaman genetik meningkat serta memungkinkan para pemulia untuk memilih genotipe tanaman sesuai dengan tujuan pemuliaan yang diinginkan (Boceng et al., 2017). Sedangkan menurut pendapat Triani et al. (2021), arti mutasi ialah perubahan yang terjadi pada susunan genetik suatu organisme hidup yang terjadi secara acak dan spontan, tetapi memiliki sifat mewariskan (heritable).

Mutasi merupakan cara termudah untuk memperoleh keragaman genetik pada tanaman dibandingkan dengan metode pemuliaan lainnya karena dengan menggunakan mutasi diperoleh beberapa keuntungan seperti dapat mengubah beberapa sifat, memperoleh sifat-sifat baru, serta memiliki sifat yang lebih unggul yang tidak dimiliki oleh tanaman induk (Togatorop et al., 2016). Mutagen fisik melalui iradiasi sinar gamma merupakan mutasi yang diinduksi secara buatan. Pada umumnya, benih yang dapat ditumbuhkan atau bagian lain dari tanaman yang dapat tumbuh merupakan bahan-bahan yang akan diradiasi (Djajanegara et al., 2012). Sebagian besar mutasi terjadi pada bagian tanaman yang aktif membelah contohnya seperti benih, namun tidak menutup kemungkinan jika mutasi dapat terjadi pada bagian manapun dari tanaman (Saragih et al., 2022).

Dengan menggunakan teknik induksi mutasi dapat diperoleh beberapa keuntungan yakni antara lain sangat efektif untuk memperbaiki varietas tanaman dengan mengubah sedikit saja sifatnya serta tidak mengubah sifat yang telah disukai (Sajimin et al., 2015). Hal tersebut sejalan dengan pendapat Iwo et al. (2013), yang menyebutkan bahwa induksi mutasi terbukti dapat digunakan untuk membuat berbagai jenis varietas tumbuhan dengan sifat yang diinginkan, baik yang tidak dapat dinyatakan dalam sifat asal atau yang telah hilang selama evolusi.

Tahapan dalam pemuliaan dengan menggunakan teknik mutasi ialah antara lain: (1) Memberikan induksi mutasi pada tanaman yang telah dipersiapkan, (2)

Menyeleksi berdasarkan karakter yang diinginkan, menguji daya hasil pendahuluan, menguji daya hasil lanjut dan menguji multilokasi (3) Melepaskan varietas unggul baru tersebut pada masyarakat (Lestari, 2021).

### **Mutagen Fisik dengan menggunakan Sinar Gamma**

Sifat mutagen fisik ialah *ionizing radiation* yakni dapat mengionisasi atom-atom suatu materi saat melewati atau menembus ke dalam materi tersebut. Pada saat tersebut, proses ionisasi berlangsung pada jaringan di dalamnya sehingga mengakibatkan berubahnya tingkat sel, genom, kromosom serta DNA. Sinar gamma ialah mutagen fisik yang sering digunakan sebab mempunyai daya tembus yang kuat serta membuat peningkatan pada variabilitas genetik sehingga menciptakan mutan baru (Sari et al., 2015).

Radiasi sinar gamma ialah radiasi yang memiliki daya tembus sinar lebih tinggi dibanding dengan daya tembus sinar X dan dipancarkan dari isotop radioaktif. Penggunaan dosis iradiasi sinar gamma yang rendah atau mutasi mikro lebih menguntungkan karena pada mutasi ini mempengaruhi perubahan sifat kuantitatif tanaman sehingga mengakibatkan perubahan kecil pada kromosom, sedangkan pada mutasi makro yakni dosis tinggi umumnya mengakibatkan kematian pada tanaman (Sajimin et al., 2015).

Faktor yang mempengaruhi respon tanaman setelah diiradasi sinar gamma ialah penggunaan jenis kultur serta penggunaan laju dosis iradiasi yang dipilih. Adapun laju dosis iradiasi ialah jumlah dosis radiasi yang terserap per satuan waktu (rad/detik atau Gray/detik) (Syukur et al., 2012). Sedangkan faktor yang mempengaruhi tingkat sensitivitas tanaman antara lain pemilihan jenis tanaman, fase tumbuh, dan bahan yang akan dimutasi (Sari et al., 2015).

Beberapa penelitian menunjukkan penggunaan sinar gamma efektif untuk melakukan mutasi genetik di beberapa tanaman. Menurut penelitian yang dilakukan Romadhon dkk. radiasi sinar gamma efektif untuk mengurangi serangan layu bakteri dan pecah buah pada tanaman tomat (Romadhon et al., 2018). Dalam penelitian yang dilakukan Widiarsih dan Dwimahyani, dari hasil iradasi sinar gamma diperoleh mutan anggrek bulan yang mampu berbunga dalam jangka waktu yang lebih singkat (umur genjah) (Widiarsih & Dwimahyani, 2013). Sedangkan pada penelitian yang dilakukan Saragih dkk. diperoleh hasil iradasi sinar gamma efektif untuk meningkatkan kandungan tanin pada tanaman leunca (Saragih et al., 2019).

Iradasi sinar gamma pada tanaman pangan khususnya padi bertujuan untuk mengurangi sifat negatif serta meningkatkan sifat positif. Harapannya, dengan adanya perlakuan iradasi akan menghasilkan tanaman padi yang bermutasi dengan sifat-sifat lebih unggul seperti yang diharapkan, contohnya seperti memiliki banyak anakan produktif, dapat beradaptasi dengan lingkungan tumbuh, memiliki waktu berbunga yang cepat dan lain sebagainya (Harahap et al., 2020).

### **Penggunaan Iradasi Sinar Gamma Pada Padi**

Benih padi pada umumnya merupakan bagian tanaman yang diiradasi untuk menghasilkan tanaman padi mutan. Iradasi sinar gamma yang diberikan pada benih padi dapat menyebabkan mutasi pada berbagai segmen kromosom sel embrio seperti daerah scutellum dan sumbu embrio zigotik. Hal ini memungkinkan untuk

menciptakan perubahan genetik yang dihasilkan tidak terjadi pada semua sel dari varietas dan tidak dapat diwariskan.

Sudah banyak penelitian yang menggunakan teknik iradasi sinar gamma untuk pemuliaan tanaman padi. Meliala dkk. melakukan penelitian dengan meradiasi benih padi gogo kultivar Wangkariri menggunakan sinar gamma dengan lima macam dosis, yakni 0 Gy, 100 Gy, 150 Gy, 200 Gy dan 250 Gy, sedangkan dosis 0 sendiri digunakan sebagai kontrol. Dari penelitian tersebut diperoleh hasil tinggi tanaman berbanding lurus dengan dosis iradasi sinar gamma, dengan kata lain saat dosis iradasi sinar gamma ditingkatkan maka menghasilkan tinggi tanaman yang semakin meningkat pula. Pada penelitian tersebut juga diperoleh hasil jumlah anakan produktif mengalami peningkatan dibandingkan tanaman kontrol, serta panjang malai berbanding lurus dengan dosis iradasi sinar gamma (Meliala et al., 2016). Dengan demikian, berdasarkan penelitian tersebut dapat diketahui bahwa penggunaan iradasi sinar gamma pada padi gogo Wangkariri efektif untuk meningkatkan tinggi tanaman, jumlah anakan, dan menambah panjang malai.

Adapun penelitian yang dilakukan Ismachin & Sobrizal (2010), memiliki tujuan untuk memperbaiki varietas padi lokal Pandan Wangi dimana varietas ini memiliki kekurangan yakni umur panen yang panjang yakni mencapai 165 hari serta daya tahan terhadap hama wereng coklat lemah. Adapun setelah dilakukan iradiasi sinar gamma dosis 200 Gy dan seleksi, diperoleh empat galur mutan harapan yang umurnya sekitar 120 - 130 hari dan lebih tahan terhadap hama wereng coklat biotipe 1. Dari keempat galur harapan tersebut, salah satu galur diantaranya memiliki umur 45 hari lebih genjah, namun dari segi tampilan padi dan rasa yang dihasilkan tidak memiliki perbedaan apabila dibandingkan dengan varietas induk. Dengan demikian, berdasarkan penelitian tersebut dapat diketahui bahwa iradasi sinar gamma efektif untuk memperpendek umur panen dan tahan terhadap hama wereng coklat, namun tidak mengubah penampilan dan rasa nasi yang sudah disukai masyarakat. Penelitian tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh kerja sama antara BATAN, Universitas Samratulangi serta Pemerintah Daerah Sulawesi Utara pada tahun 2012 yakni diperoleh hasil varietas baru yang lebih unggul dengan sifat umur panen lebih genjah 25 hari jika dibandingkan dengan varietas induk atau asal, varietas tersebut ialah Sulutan Unsrat 1 dan Sulutan Unsrat 2 (Kompas, 2011).

Penelitian yang dilakukan Mugiono et al. (2010), bertujuan untuk memperbaiki padi varietas Cisantana dengan menggunakan teknik iradasi sinar gamma, dimana varietas tersebut mempunyai sedikit kelemahan yakni adanya bulu pada ujung gabah sehingga kurang diminati oleh para petani serta memiliki batang tanaman lebih tinggi dan rentan terhadap penyakit hawar daun strain IV. Dari hasil penelitian tersebut diperoleh sepuluh galur mutan yang sifatnya berubah sesuai dengan yang diharapkan yakni tidak terdapat bulu pada ujung gabah. Dari kesepuluh galur tersebut, 2 diantaranya dipilih sebagai galur harapan karena tidak mudah terkena hama dan penyakit, serta gabah dan berasnya memiliki kualitas lebih unggul saat dibandingkan induknya.

Adapun penelitian yang dilakukan Boceng et al. (2017), bertujuan untuk memutasi varietas padi lokal yakni Ase Banda dengan iradiasi sinar gamma untuk menginduksi mutan padi lokal yang berumur genjah dan berdaya hasil tinggi. Dari penelitian tersebut diperoleh hasil iradasi sinar gamma pada padi dengan dosis 200

Gray (R1) maupun 300 Gray (R2) mengakibatkan penurunan pada tinggi tanaman saat dibandingkan dengan padi yang tidak di radiasi (R0), peningkatan jumlah anakan dan memperpendek umur berbunga saat dibandingkan dengan padi yang tidak di radiasi (R0). Dengan demikian, dari penelitian tersebut dapat diketahui bahwa iradasi sinar gamma tidak memberi pengaruh terhadap tinggi tanaman pada padi varietas Ase Belanda, namun iradasi sinar gamma berpengaruh terhadap jumlah anakan dan umur berbunga padi.

Sedangkan pada penelitian yang dilakukan Lisdyayanti et al. (2019), diperoleh hasil yang kurang baik yakni diperoleh hasil bahwa akibat dari adanya perlakuan iradiasi sinar gamma pada kalus padi menyebabkan pertumbuhan diameter kalus terhambat serta daya tumbuh kalus dari eksplan benih padi varietas Ciherang menurun. Pada penelitian tersebut seluruh kalus gagal membentuk tunas dan setelah disubkultur ke media regenerasi berubah menjadi hitam atau mati. Kasus tersebut sesuai dengan pendapat Lelang, Setiadi and Fitria (2015), yang menyatakan bahwa terdapat reaksi antara iradasi sinar gamma dengan atom-atom dan molekul dari bahan yang diiradiasi serta menghasilkan radikal bebas, sehingga menyebabkan kerusakan pada kromosom. Penelitian tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Yunita, Lestari and Dewi (2012), pada penelitian ini diperoleh hasil dosis iradasi sinar gamma berbanding lurus dengan tingkat kematian kalus, dengan kata lain semakin tinggi dosis iradasi yang diberikan maka menyebabkan persentase kalus yang mati menjadi lebih tinggi.

Penelitian yang dilakukan oleh Lisdyayanti dan Yunita juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Saragih dkk. Pada penelitian ini menggunakan benih padi lokal Varietas Ramos asal Kabupaten Labuhanbat dan diiradasi sinar gamma dengan dosis 0 Gy, 150 Gy, 200 Gy, 250 Gy dan 300 Gy, dosis 0 itu sendiri digunakan sebagai kontrol. Pada penelitian tersebut diperoleh hasil iradiasi sinar gamma berbanding terbalik dengan karakter tinggi bibit, dengan kata lain semakin tinggi dosis iradasi yang diberikan maka menyebabkan penurunan pada karakter tinggi bibit. (Saragih et al., 2022).

Sama halnya dengan penelitian yang dilakukan oleh Mardiyah dkk. yang melakukan iradiasi sinar gamma pada benih padi Gogo Kultivar Silesio dengan dosis iradiasi 0 Gy (sebagai kontrol), 100 Gy, 200 Gy, 300 Gy, 400 Gy dan 500 Gy. Dari penelitian tersebut diperoleh hasil iradasi sinar gamma berbanding terbalik dengan tinggi tanaman, lebar daun, umur berbunga dan umur panen, artinya semakin besar dosis sinar gamma yang diberikan menyebabkan tinggi tanaman, lebar daun, umur berbunga dan umur panen semakin menurun. Namun, pada penelitian ini menunjukkan adanya peningkatan produksi pada dosis iradiasi 100 Gy - 300 Gy dengan peningkatan tertinggi terdapat pada dosis 300 Gy dan terjadi penurunan produksi pada dosis radiasi 400 Gy (Mardiyah et al., 2021).

Dengan demikian, penggunaan dosis iradasi sinar gamma memberikan efek negatif pada beberapa varietas padi, apalagi jika dosis yang digunakan terlalu tinggi. Hal tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Abdul Haris dkk. Pada penelitian tersebut menggunakan bahan benih padi varietas Ase Buluh yang diiradiasi dengan sinar gamma dengan menggunakan 3 macam dosis yakni 0 Gray, 200 Gray, dan 300 Gray. Berdasarkan hasil penelitian tersebut diperoleh lethal dosis efektif radiasi sinar gamma ialah 200 gray dan 300 gray. Pada dosis 300 gray menghasilkan mutan dengan tinggi tanaman terpendek dan jumlah anakan paling

sedikit (Haris et al., 2017). Hal tersebut sesuai dengan pendapat Erma & Suliansyah (2020), yang menyebutkan bahwa penggunaan iradiasi sinar gamma dengan dosis rendah dapat merangsang dan menyuburkan pertumbuhan benih, sedangkan penggunaan dosis tinggi akan mematikan bahan yang dimutasi atau mengakibatkan sterilitas.

## KESIMPULAN

Iradasi sinar gamma terbukti memberikan beberapa keuntungan yakni meningkatkan tinggi tanaman, memperbanyak jumlah anakan, meningkatkan panjang malai, memperpendek umur panen (umur genjah), memperpendek umur berbunga, tahan terhadap hama wareng, serta mengubah beberapa sifat seperti bentuk ujung gabah yang tidak berbulu. Sedangkannya dengan digunakannya sinar gamma sebagai teknik mutasi genetik, pada beberapa jenis padi varietas lokal apabila dosis yang digunakan terlalu tinggi mengakibatkan pertumbuhan tanaman terhambat sehingga dari hasil iradasi tidak diperoleh varietas baru yang lebih unggul bahkan di beberapa kasus tanaman akan mati. Pada beberapa varietas padi, iradasi sinar gamma mengakibatkan menurunnya pertumbuhan diameter kalus, daya tumbuh kalus, tinggi bibit atau tinggi tanaman, lebar daun, umur berbunga, umur panen, serta jumlah anakan.

## REFERENSI

- Boceng, A., Haris, A., & Tjoneng, A. (2017). Karakter Mutan Padi Lokal Ase Banda Hasil Irradiasi Sinar Gamma. *Agrokompleks*, 16(1), 42–45.
- Djajanegara, I., Wahyudi, P., Tjokrokusumo, D., Widyastuti, N., & Harsoyo. (2012). Pengaruh Mutasi Dengan Radiasi Sinar Gamma (Co60) Terhadap Produktivitas Jamur Tiram Abu-Abu (*Pleurotus Sajur-caju*). *Berkala Penelitian Hayati*, 13(1), 57–61. <https://doi.org/10.23869/bphjbr.13.1.20079>
- Erma, E., & Suliansyah, I. (2020). Perbaikan Sifat Gandum Melalui Mutasi Fisik Irradiasi Sinar Gamma Adaptif Dataran Menengah. *Jurnal Embrio*, 12(2), 34–45.
- Harahap, I. A., Efendi, & Syafruddin. (2020). Analisis Variabilitas dan Heritabilitas Mutan Padi (*Oryza Sativa L.*) M3 Hasil Iradiasi Sinar Gamma Pada Sistem Pertanian Organik. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian Unsyiah*, 5(3), 288–292.
- Haris, A., Boceng, A., & Tjoneg, A. (2017). Pemanfaatan Radiasi Sinar Gamma Guna Mendapatkan Lethal Dosis Efektif Untuk Mutan Pendek Dan Genjah Padi Lokal (Ase Buluh) Sulawesi Selatan. *Agrokompleks*, 16(1), 17–22.
- Ismachin, M., & Sobrizal. (2010). A Significant Contribution of Mutation Techniques to Rice Breeding in Indonesia. *Plant Mutation Report*, 1(1), 18–21.
- Iwo, G. A., Amadi, C. O., Eleazu, C. O., & Ukpabi, J. U. (2013). Induced Mutagenesis on Ginger for Improved Yield Components and Oleoresin Content. *Canadian Journal of Plant Breeding*, 1(3), 90–96.
- Kompas. (2011, Desember 15). Tiga Varietas Baru Padi. Kompas Online. Diakses dari <https://sains.kompas.com/read/2011/12/15/02340172/tiga.varietas.baru.padi>
- Lelang, M. A., Setiadi, A., & Fitria. (2015). Effect of Gamma Irradiation On The Performance of The Plant Seed From The Chicken's Comb (*Celosia Cristata L.*). *Portal Jurnal Unimor*, 1(1), 47–50.
- Lestari, E. G. (2021). Mutation Induction for Breeding in Ornamental Plants. *Berita Biologi*, 20(3), 1–12. <https://doi.org/10.14203/beritabiologi.v20i1.3991>

- Lisdyyanti, N. D., Anwar, S., & Darmawati, A. (2019). Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma Terhadap Induksi Kalus dan Seleksi Tingkat Toleransi Padi (*Oryza sativa* L.) terhadap Cekaman Salinitas secara In-Vitro. *Berkala Bioteknologi*, 2(2), 67–75.
- Mardiyah, A., Marnita, Y., & Syahril, M. (2021). Keragaan dan Produksi Padi Gogo Lokal Aceh Kultivar Silesio Generasi M1 Hasil Iradiasi Sinar Gamma. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop Dan Radiasi*, 17(1), 11–16.
- Meliiala, J. H. S., Basuki, N., & Soegianto, A. (2016). Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma Terhadap Perubahan Fenotipik Tanaman Padi Gogo (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 4(7), 585–594.
- Moeso Suryowinoto. (2012). *Tenaga Atom: Pemanfaatannya Dalam Biologi Dan Pertanian*. Kanisius.
- Mugiono, Harsanti, L., & Dewi, A. K. (2010). Perbaikan Padi Varietas Cisantana Dengan Mutasi Induksi. *Ilmiah Aplikasi Isotop Dan Radiasi*, 5(2), 194–210.
- Purnomo, & Purnamawati, H. (2010). *Budidaya 8 Jenis Tanaman Pangan Unggul*. Penebar Swadaya.
- Purwanto, E., Nandariyah, Yuwono, S. S., & Yunindanova, M. B. (2019). Induced Mutation for Genetic Improvement In Black Rice Using Gamma-Ray. *Agrivita*, 41(2), 213–220. <https://doi.org/10.17503/agrivita.v41i2.876>
- Romadhon, M. R., Sutjahjo, S. H., & Marwiyah, S. (2018). Evaluasi Genotipe Tomat Hasil Iradiasi Sinar Gamma di Dataran Rendah. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 46(2), 189. <https://doi.org/10.24831/jai.v46i2.16538>
- Sajimin, S., Fanindi, A., & Purwantari, N. (2015). Pengaruh Radiasi Sinar Gamma terhadap Produksi dan Kualitas Benih Tanaman Pakan Ternak Kembang Telang (*Clitoria ternatea* M2) di Bogor. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan Dan Veteriner 2015*, Bogor: 1 Desember 2015. Hal 635–642.
- Saragih, S. H. Y., Aisyah, S. I., & Sobir. (2019). Induksi Mutasi Tanaman Leunca (*Solanum nigrum* L.) untuk Meningkatkan Keragaman Kandungan Tanin. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 47(1), 84–89. <https://doi.org/10.24831/jai.v47i1.19502>
- Saragih, S. H. Y., Rizal, K., & Mustamu, N. E. (2022). Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma Pada Pertumbuhan Bibit Padi Lokal Ramos Generasi M1. *Jurnal Pertanian Agros*, 24(1), 168–174.
- Sari, L., Purwito, A., Sopandie, D., Purnamaningsih, R., & Sudarmanowati, E. (2015). Pengaruh Irradiasi Sinar Gamma pada Pertumbuhan Kalus dan Tunas Tanaman Gandum (*Triticum Aestivum* L.). *Ilmu Pertanian*, 18(1), 44–50.
- Sobrizal, D. (2016). Potensi Pemuliaan Mutasi untuk Perbaikan Varietas Padi Lokal Indonesia. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop Dan Radiasi*, 12(1), 23. <https://doi.org/10.17146/jair.2016.12.1.3198>
- Sugiyono. (2010). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. ALFABETA.
- Syukur, M., Sujiprihati, S., & Yuniarti, R. (2012). *Teknik Pemuliaan Tanaman* (1st ed.). Penebar Swadaya.
- Togatorop, E. R., Aisyah, S. I., & Damanik, M. R. M. (2016). Pengaruh Mutasi Fisik Iradiasi Sinar Gamma terhadap Keragaman Genetik dan Penampilan *Coleus blumei*. *J. Hort. Indonesia*, 7(3), 187–194.
- Triani, A., Ahadiyat, Y. R., & Nurchasanah, S. (2021). Respons Tanaman Padi Varietas Inpari Terhadap Mutagen Sodium Azide. *Jurnal Penelitian Boceng*, A., Haris, A.,

- & Tjoneng, A. (2017). Karakter Mutan Padi Lokal Ase Banda Hasil Irradiasi Sinar Gamma. *Agrokompleks*, 16(1), 42–45.
- Djajanegara, I., Wahyudi, P., Tjokrokusumo, D., Widyastuti, N., & Harsoyo. (2012). Pengaruh Mutasi Dengan Radiasi Sinar Gamma (Co60) Terhadap Produktivitas Jamur Tiram Abu-Abu (*Pleurotus Sajur-caju*). *Berkala Penelitian Hayati*, 13(1), 57–61. <https://doi.org/10.23869/bphjbr.13.1.20079>
- Erma, E., & Suliansyah, I. (2020). Perbaikan Sifat Gandum Melalui Mutasi Fisik Irradiasi Sinar Gamma Adaptif Dataran Menengah. *Jurnal Embrio*, 12(2), 34–45.
- Harahap, I. A., Efendi, & Syafruddin. (2020). Analisis Variabilitas dan Heritabilitas Mutan Padi (*Oryza Sativa L.*) M3 Hasil Iradiasi Sinar Gamma Pada Sistem Pertanian Organik. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian Unsyiah*, 5(3), 288–292.
- Haris, A., Boceng, A., & Tjoneg, A. (2017). Pemanfaatan Radiasi Sinar Gamma Guna Mendapatkan Lethal Dosis Efektif Untuk Mutan Pendek Dan Genjah Padi Lokal (Ase Buluh) Sulawesi Selatan. *Agrokompleks*, 16(1), 17–22.
- Ismachin, M., & Sobrizal. (2010). A Significant Contribution of Mutation Techniques to Rice Breeding in Indonesia. *Plant Mutation Report*, 1(1), 18–21.
- Iwo, G. A., Amadi, C. O., Eleazu, C. O., & Ukpabi, J. U. (2013). Induced Mutagenesis on Ginger for Improved Yield Components and Oleoresin Content. *Canadian Journal of Plant Breeding*, 1(3), 90–96.
- Kompas. (2011, Desember 15). Tiga Varietas Baru Padi. Kompas Online. Diakses dari <https://sains.kompas.com/read/2011/12/15/02340172/tiga.varietas.baru.padi>
- Lelang, M. A., Setiadi, A., & Fitria. (2015). Effect of Gamma Irradiation On The Performance of The Plant Seed From The Chicken's Comb (*Celosia Cristata L.*). *Portal Jurnal Unimor*, 1(1), 47–50.
- Lestari, E. G. (2021). Mutation Induction for Breeding in Ornamental Plants. *Berita Biologi*, 20(3), 1–12. <https://doi.org/10.14203/beritabiologi.v20i1.3991>
- Lisdyananti, N. D., Anwar, S., & Darmawati, A. (2019). Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma Terhadap Induksi Kalus dan Seleksi Tingkat Toleransi Padi (*Oryza sativa L.*) terhadap Cekaman Salinitas secara In-Vitro. *Berkala Bioteknologi*, 2(2), 67–75.
- Mardiyah, A., Marnita, Y., & Syahril, M. (2021). Keragaan dan Produksi Padi Gogo Lokal Aceh Kultivar Silesio Generasi M1 Hasil Iradiasi Sinar Gamma. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop Dan Radiasi*, 17(1), 11–16.
- Meliala, J. H. S., Basuki, N., & Soegianto, A. (2016). Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma Terhadap Perubahan Fenotipik Tanaman Padi Gogo (*Oryza sativa L.*). *Jurnal Produksi Tanaman*, 4(7), 585–594.
- Moeso Suryowinoto. (2012). *Tenaga Atom: Pemanfaatannya Dalam Biologi Dan Pertanian*. Kanisius.
- Mugiono, Harsanti, L., & Dewi, A. K. (2010). Perbaikan Padi Varietas Cisantana Dengan Mutasi Induksi. *Ilmiah Aplikasi Isotop Dan Radiasi*, 5(2), 194–210.
- Purnomo, & Purnamawati, H. (2010). *Budidaya 8 Jenis Tanaman Pangan Unggul*. Penebar Swadaya.
- Purwanto, E., Nandariyah, Yuwono, S. S., & Yunindanova, M. B. (2019). Induced Mutation for Genetic Improvement In Black Rice Using Gamma-Ray. *Agrivita*, 41(2), 213–220. <https://doi.org/10.17503/agrivita.v41i2.876>
- Romadhon, M. R., Sutjahjo, S. H., & Marwiyah, S. (2018). Evaluasi Genotipe Tomat Hasil Iradiasi Sinar Gamma di Dataran Rendah. *Jurnal Agronomi Indonesia*

- (*Indonesian Journal of Agronomy*), 46(2), 189.  
<https://doi.org/10.24831/jai.v46i2.16538>
- Sajimin, S., Fanindi, A., & Purwantari, N. (2015). Pengaruh Radiasi Sinar Gamma terhadap Produksi dan Kualitas Benih Tanaman Pakan Ternak Kembang Telang (*Clitoria ternatea* M2) di Bogor. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan Dan Veteriner 2015*, Bogor: 1 Desember 2015. Hal 635–642.
- Saragih, S. H. Y., Aisyah, S. I., & Sobir. (2019). Induksi Mutasi Tanaman Leunca (*Solanum nigrum* L.) untuk Meningkatkan Keragaman Kandungan Tanin. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 47(1), 84–89.  
<https://doi.org/10.24831/jai.v47i1.19502>
- Saragih, S. H. Y., Rizal, K., & Mustamu, N. E. (2022). Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma Pada Pertumbuhan Bibit Padi Lokal Ramos Generasi M1. *Jurnal Pertanian Agros*, 24(1), 168–174.
- Sari, L., Purwito, A., Sopandie, D., Purnamaningsih, R., & Sudarmanowati, E. (2015). Pengaruh Irradiasi Sinar Gamma pada Pertumbuhan Kalus dan Tunas Tanaman Gandum (*Triticum Aestivum* L.). *Ilmu Pertanian*, 18(1), 44–50.
- Sobrizal, D. (2016). Potensi Pemuliaan Mutasi untuk Perbaikan Varietas Padi Lokal Indonesia. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop Dan Radiasi*, 12(1), 23.  
<https://doi.org/10.17146/jair.2016.12.1.3198>
- Sugiyono. (2010). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. ALFABETA.
- Syukur, M., Sujiprihati, S., & Yunianti, R. (2012). *Teknik Pemuliaan Tanaman* (1st ed.). Penebar Swadaya.
- Togatorop, E. R., Aisyah, S. I., & Damanik, M. R. M. (2016). Pengaruh Mutasi Fisik Iradiasi Sinar Gamma terhadap Keragaman Genetik dan Penampilan *Coleus blumei*. *J. Hort. Indonesia*, 7(3), 187–194.
- Triani, A., Ahadiyat, Y. R., & Nurchasanah, S. (2021). Respons Tanaman Padi Varietas Inpari Terhadap Mutagen Sodium Azide. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 21(1), 51–60. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.25181/jppt.v21i1.1996>
- Widiarsih, S., & Dwimahyani, I. (2013). Aplikasi Iradiasi Gamma untuk Pemuliaan Mutasi Anggrek Bulan (*Phalaenopsis amabilis* Bl.) Umur Genjah. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop Dan Radiasi*, 9(1), 59–66.
- Yanti, Y. (2011). Aktivitas Peroksidase Mutan Pisang Kepok dengan Ethyl Methane Sulphonate (EMS) secara In Vitro 1. *Jurnal Natur Indonesia*, 14(65), 32–36.
- Yunita, R., Lestari, E. G., & Dewi, I. S. (2012). Regenerasi Tunas Dari Kalus Yang Telah Diberi Perlakuan Iradiasi Pada Padi Varietas Fatmawati. *Berita Biologi*, 11(3), 359–366.