

## **Efek Mutasi Iradiasi Gamma Terhadap Hasil Umbi Bawang Putih (*Allium sativum L.*)**

*The Effect Of Gamma Irradiation Mutations On Outcome Of Garlic (*Allium sativum L.*)*

**Gusni Yelni<sup>1</sup>, Musliar Kasim<sup>2</sup>, P.K. Dewi Hayati<sup>2</sup>,  
Zulfadly Syarif<sup>2</sup>, Effi Yudiawati<sup>1</sup>, Widia Hikmah<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Muara Bungo

<sup>2</sup>Program Studi Ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Andalas,

<sup>3</sup>Mahasiswa Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Muara Bungo

Email: [gusni\\_yelni@yahoo.co.id](mailto:gusni_yelni@yahoo.co.id)

Diterima 11 Maret 2023, Revisi 9 Juni 2023, Disetujui 24 Juni 2023

### **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penyinaran iradiasi gamma dengan dosis yang berbeda terhadap hasil tanaman bawang putih (*Allium sativum L.*). Dilaksanakan di kebun percobaan Fakultas Pertanian Universitas Muara Bungo Jambi. Percobaan ini menggunakan metode eksperimen tanpa rancangan dengan melakukan pengamatan secara *single plant*, dosis yang di gunakan yaitu : 0 gray, 3 gray, 6 gray, 9 gray, 12 gray dan 15 gray. Hasil pengamatan di analisis dengan uji t taraf 5 % tidak berpasangan, kemudian di analisis dengan sidik ragam untuk membandingkan penampilan mutan bawang putih dengan kontrol. Parameter yang di amati yaitu : diameter umbi (cm), berat basah umbi (g), berat umbi kering angin, jumlah siung per umbi, dan bentuk umbi. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan dengan iradiasi sinar gamma tidak berpengaruh signifikan terhadap diameter umbi (cm), berat basah umbi (g), berat umbi kering angin, jumlah siung per umbi, dan bentuk umbi bawang putih Lumbu Putih.

Kata kunci : *Mutasi, sinar Gamma, varietas Lumbu Putih,*

### **ABSTRACT**

*This study aims to determine the effect of gamma irradiation with different doses on the yield of garlic (*Allium sativum L.*). It was carried out in the experimental garden of the Faculty of Agriculture, University of Muara Bungo, Jambi. This experiment uses an experimental method without a design by observing a single plant, the doses used are: 0 gray, 3 gray, 6 gray, 9 gray, 12 gray and 15 gray. The results of the observations were analyzed by t test at 5% unpaired level, then analyzed by means of variance to compare the appearance of the garlic mutant with the control. Parameters observed were: tuber diameter (cm), tuber wet weight (g), wind-dried tuber weight, number of cloves per tuber, and tuber shape. The results showed that treatment with gamma-ray irradiation had no significant effect on tuber diameter (cm), fresh tuber weight (g), wind-dried tuber weight, number of cloves per tuber, and bulb shape of Lumbu Putih garlic.*

*Keywords: Mutation, Gamma rays, Lumbu Putih variety*

### **PENDAHULUAN**

Tanaman bawang putih berasal dari Timur Tengah yaitu penduduk Mesir Kuno,

dari Asia adalah penduduk Cina, Korea dan India serta dari Eropa ialah penduduk Romawi dan Yunani Kuno. Bawang putih sudah dikenal lama oleh masyarakat yaitu

sejak ribuan tahun yang lalu dan sudah banyak petani yang mengembangkan bawang putih. Bawang putih bagi bangsa Indonesia merupakan tanaman introduksi. Bawang putih sangat diminati oleh masyarakat Indonesia, digunakan sebagai rempah dan penyedap makanan (Roser, David., 1997).

Tanaman ini memiliki nama yang berbeda di setiap daerah seperti dason putih (Minangkabau), kasuna (Bali), bawang bodas (Sunda), bawang (Jawa Tengah), bhabang poote (Madura), bawa badudo (Ternate), lasuna mawura (Minahasa), dan bawa fiufer (Irian Jaya) (Santoso, 2000).

Perkembangan dan permintaan bawang putih di Indonesia semakin meningkat seiring dengan bertambahnya penduduk, perkembangan ekonomi, dan kesadaran masyarakat terhadap kebutuhan gizi. Jawa Tengah merupakan provinsi penghasil bawang putih tertinggi di Indonesia dengan total produksi mencapai 36.179 ton pada 2018. Produksi tertinggi pada 2018 terdapat di kabupaten Temanggung dengan produksi 137.791 ku, Magelang dengan produksi 20.225 ku, kemudian Karanganyar dengan produksi 16.779 ku, kabupaten Karanganyar memiliki tingkat kepadatan penduduk tertinggi ke-9 dari 35 kabupaten/kota di Jawa Tengah (BPS Jawa Tengah, 2019.).

Produksi bawang putih lokal belum mampu memenuhi permintaan masyarakat. Maka diperlukan cara atau teknik agar produksi bawang putih meningkat dan penyebaran penanamannya lebih luas. Salah satunya adalah dengan cara memperluas keragaman genetik melalui mutasi.

Menurut (Djajanegara *et al.*, 2007; Iwo *et al.*, 2013; Suprasanna *et al.*, 2013) bahwa mutasi merupakan teknik yang terbukti bisa menghasilkan keragaman genetik dalam varietas tanaman. Mutasi dapat diinduksi secara buatan dengan mutagen fisik melalui iradiasi sinar gamma.

Metode pemuliaan yang paling sederhana dalam mendapatkan keragaman

tanaman adalah metode mutasi, karena kemampuannya dalam mengubah beberapa karakter, mampu mendapatkan sifat-sifat baru dan memiliki sifat unggul yang tidak dimiliki oleh tanaman induknya (Aisyah, 2009; Parry *et al.*, 2009).

Penggunaan energi seperti sinar gamma pada tanaman akan memberikan pengaruh yang baik dibidang pertanian, perlakuan dosis iradiasi sinar gamma dengan dosis yang tepat diperoleh tanaman yang mempunyai sifat-sifat seperti hasil tinggi, umur pendek, dan tahan terhadap penyakit tetapi kenyataan yang ditimbulkan tidak semuanya memenuhi harapan (Suryowinoto, 1987). Berbagai faktor dapat mempengaruhi keberhasilan penggunaan iradiasi pada tanaman, antara lain genotip, bagian tanaman yang digunakan, stadia perkembangan sel tanaman, jumlah kromosom, umur jaringan, oksigen, temperatur dan dosis radiasi.

Iradiasi sinar gamma pada umbi varietas Sumenep dengan dosis 2 Gy dan 3 Gy dapat meningkatkan hasil umbi (Sunarjono *et al.*, 1987). Iradiasi pada biji bawang bombai (Amjad *et al.*, 2008) dengan dosis 100 dan 200 Gray (Gy) meningkatkan persentase perkecambahan biji dan tunas abnormal akan semakin bertambah seiring meningkatnya dosis yang digunakan.

Berdasarkan uraian diatas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang **"Efek Mutasi Iradiasi Gamma Terhadap Hasil Umbi Bawang Putih (*Allium sativum* L.)"**

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di kebun percobaan Fakultas Pertanian Universitas Muaro Bungo, dengan ketinggian 110 meter diatas permukaan laut, dan curah hujan rata-rata 205,5 mm/bulan, dari bulan April 2022 – Juli 2022.

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah umbi bawang putih varietas Lumbu Putih, didapatkan dari daerah Gunung Kidul, top soil, pupuk kandang dan KCL.

Alat-alat yang digunakan terdiri dari polybag (karung ukuran 50 kg), cangkul, parang, tiang kayu, waring, paku, tali, alat tulis, timbangan digital, jangka sorong, irradiator dan kantong panen.

### Rancangan Percobaan

Percobaan ini menggunakan metode eksperimen tanpa rancangan dengan melakukan pengamatan secara *single plant* dengan dosis radiasi yaitu :

1. R0 = kontrol (tanpa dosis radiasi)
2. R1 = 3 gray
3. R2 = 6 gray
4. R3 = 9 gray
5. R4 = 12 gray
6. R5 = 15 gray

Setiap unit dosis radiasi terdiri dari 300 siung, sehingga jumlah siung keseluruhan sebanyak 1.800 siung.

### Pelaksanaan Penelitian

Umbi bawang putih sebelum di radiasi dipisahkan siungnya, kemudian di iradiasi dengan gamma *cobalt-60* ( $^{60}Co$ ) yang dilakukan di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (PAIR) - Badan Atom Nasional (BATAN) Pasar Jum'at-Jakarta. Umbi bawang putih di iradiasi selama kurang lebih 3 menit dalam Irradiator ( $^{60}Co$ ) Gammacell 220, kemudian di tanam

### Persiapan Lahan

Lahan dibersihkan dari gulma, kemudian dipasang naungan dengan waring setinggi 2 meter dari permukaan tanah, untuk mencegah kelebihan air pada saat terjadi hujan dan menjaga kelembaban mikronya. Penanaman dilakukan didalam polybag (karung ukuran 50 kg) yang diisi dengan media berupa campuran tanah dan pupuk kandang (kotoran kambing) dengan perbandingan 1:1, yaitu 25 kg tanah dan 25 kg pupuk kandang, setiap polybag diisi 60 siung dengan jarak antar tanam 10x10 cm, setelah itu pasang label sesuai dengan dosis perlakuan.

### Pemeliharaan

Lakukan penyiraman dua kali sehari yaitu pagi dan sore atau di sesuaikan dengan kondisi curah hujan kemudian dilanjutkan dengan melakukan Penyiang

dengan cara mencabut gulma yang berada didalam polybag maupun yang berada diluar polybag. Pemberian pupuk nuatan dilakukan pada umur 30 dan 40 hst.

### Pemanenan

Bawang putih yang akan dipanen harus mencapai cukup umur. Umur panen yang biasa dijadikan pedoman adalah antara 90 sampai dengan 120 hari. Ciri-ciri bawang putih yang siap dipanen adalah sekitar 50% daun telah menguning atau kering dan tangkai batang menjadi keras.

### Variabel Yang Diamati

Variabel 1) diameter umbi, pengukuran diameter umbi dilakukan setelah tanaman dipanen. 2) berat basah umbi, pengukuran bobot umbi segar ditimbang pada saat panen sebelum umbi dikeringkan. 3) berat umbi kering angina, pengamatan bobot umbi kering angin dilakukan setelah tanaman dipanen dan umbi dikering anginkan selama 3 hari. 4) jumlah siung, jumlah siung bawang putih diamati pada setiap umbi tanaman, dengan cara menghitung jumlah keseluruhan siung pada umbi. 5) bentuk umbi, pengamatan bentuk umbi ini merupakan pengamatan secara kualitatif dengan melihat perubahan bentuk pada umbi apabila terjadi perubahan akibat dari pengaruh sinar iradiasi gamma. Standar umbi bawang putih berbentuk bulat dan agak lonjong (Samadi 2000). Tahap terakhir yaitu analisis data dengan analisis Uji t tidak berpasangan dua arah untuk membandingkan penampilan mutan bawang putih dengan control.

$$t = \frac{X1 - X2}{\sqrt{\frac{(n1 - 1) S1^2 + (n2 - 1) S2^2}{1}}}$$

Keterangan:

- t = nilai t hitung
- X2 = rata-rata mutan
- $\bar{X1}$  = rata-rata kontrol
- n1 = jumlah kontrol
- n2 = jumlah mutan
- S1 = ragam kontrol
- S2 = ragam mutan

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil mutasi terhadap umbi bawang putih dengan menggunakan iradiasi sinar gamma, memperlihatkan hasil yang berbeda untuk tiap tanaman. Data pengamatan ukuran diameter umbi, berat basah dan berat kering umbi, serta jumlah siung per umbi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Keragaman Hasil Bawang Putih dengan Iradiasi Sinar Gamma terhadap Diameter Umbi, Berat Basah Umbi, Berat Kering Umbi, dan Jumlah Siung Perumbi

Variabel	Kisaran Ukuran	Jumlah Tanaman pada Dosis (Gy)					
		0	3	6	9	12	15
Diameter Umbi (cm)	< 1-2,0	23	49	97	92	88	50
	2,1 – 3,0	180	139	106	99	37	23
	3,1 – 4,0	88	74	15	3	-	-
Berat Basah Umbi (g)	< 1-2,0	82	122	172	159	118	53
	2,1 - 4,0	115	72	37	33	7	13
	4,1 - 6,0	94	68	9	2	-	7
Berat Kering Umbi (g)	< 1-2,0	110	127	161	160	118	54
	2,1 - 4,0	165	120	54	34	7	19
	4,1 - 6,0	16	15	3	-	-	-
Jumlah Siung per Umbi (siung)	< 2	111	82	99	93	57	32
	2 – 3	150	165	117	100	68	41
	4 – 5	30	15	2	1	-	-

Pada Tabel 1. menunjukkan bahwa berdasarkan pengukuran diameter umbi, berat basah umbi, berat kering umbi dan jumlah siung umbi bawang putih didapatkan hasil yang berbeda tiap tanaman. Hal ini menunjukkan terjadinya mutasi pada jaringan tanaman. Perlakuan dosis sinar gamma yang diberikan

mengakibatkan perbedaan hasil bawang putih pada tiap tanaman. Hasil umbi dikelompokkan menjadi tiga ukuran yaitu, kecil, sedang dan besar. Menurut Efendi *et al.*, (2020) ukuran umbi bawang putih di kategorikan menjadi 3 bagian yaitu kecil, sedang dan besar.

Tabel 2. Efek Irradiasi Gamma terhadap Umbi Bawang Putih

Variabel	Dosis (Gy)					
	0	3	6	9	12	15
Diameter Umbi (cm)	3.51 ± 0.97 <sup>ns</sup>	2.92 ± 1.23 <sup>ns</sup>	1.67 ± 1.08 <sup>ns</sup>	1.45 ± 1.00 <sup>ns</sup>	0.77 ± 0.89 <sup>ns</sup>	0.58 ± 0.95 <sup>ns</sup>
Berat Basah Umbi (g)	2.56 ± 1.20	2.06 ± 1.14	1.17 ± 0.98	0.99 ± 0.84	0.53 ± 0.56	0.56 ± 0.94
Berat Kering Umbi (g)	2.30 ± 1.03	1.92 ± 1.10	1.07 ± 0.93	0.90 ± 0.74	0.49 ± 0.52	0.53 ± 0.90
Jumlah Siung (siung)	2.12 ± 0.90	1.85 ± 0.91	1.30 ± 0.65	1.15 ± 0.58	0.85 ± 0.50	0.67 ± 0.65

Keterangan : \* dan <sup>ns</sup> : berbeda nyata dan tidak berbeda pada taraf 0,05% dengan menggunakan analisis t hitung

Berdasarkan analisis ragam uji t pada Tabel 2. bahwa perlakuan menggunakan iradiasi sinar gamma tidak berbeda nyata terhadap diameter umbi, berat basah umbi, berat kering umbi, dan jumlah siung umbi bawang putih.

### 1. Diameter Umbi

Data analisis menggunakan uji t, dengan berbagai dosis iradiasi sinar gamma yang diberikan pada umbi bawang putih Lumbu Putih menghasilkan diameter umbi yang tidak berbeda dengan perlakuan lainnya. Hal ini di sebabkan karena pada generasi pertama bawang putih setelah di radiasi belum mengalami perubahan signifikan pada sifat kuantitatif bawang putih, khususnya terhadap diameter umbi.

Pemakaian radiasi gamma dengan dosis yang tinggi akan menyebabkan kerusakan pada jaringan tanaman, sehingga pertumbuhan diameter umbi menjadi terhambat. Perlakuan iradiasi sinar gamma mengakibatkan menurunnya diameter umbi seiring dengan meningkat dosis iradiasi, hal ini sejalan dengan hasil penelitian Casarett (1968) bahwa radiasi dapat mengakibatkan terganggunya sintesa protein yang berperan dalam pertumbuhan tanaman sehingga mempengaruhi pembentukan umbi.

### 1. Berat Basah Umbi

Hasil dari berat basah umbi dengan pemberian dosis 3 gray, 6 gray, 9 gray, 12 gray dan 15 gray berat basah umbi Lumbu Putih masih di bawah 0 gray atau tanpa radiasi. Hal ini disebabkan oleh faktor iradiasi sinar gamma yang bisa mempengaruhi berat basah umbi. Iradiasi sinar gamma yang diberikan pada umbi bawang putih varietas Lumbu Putih mengakibatkan terganggunya proses pembentukan umbi, sehingga bobot umbi menjadi berkurang. Sejalan dengan hasil penelitian Sunarjono *et al.*,(1984) yang menyatakan bahwa pengaruh iradiasi sinar gamma dalam peubah amatan bobot segar umbi dan bobot kering umbi, pertumbuhan dan hasil tanaman kontrol lebih baik jika di bandingkan dengan tanaman yang diiradiasi.

### 2. Berat Umbi Kering Angin

Analisis berat kering umbi menunjukkan hasil tidak berpengaruh nyata dengan perlakuan dosis iradiasi gamma yang berbeda. Hal ini di sebabkan oleh faktor iradiasi sinar gamma yang diberikan belum mampu merubah karakter umbi. Meskipun pada dasarnya iradiasi sinar gamma dapat menyebabkan kerusakan pada jaringan tanaman, yang bisa mempengaruhi bobot umbi. Hal ini sejalan dengan penelitian Adelia *et al.*,(2015) bahwa interaksi sinar gamma dengan kromosom bisa menyebabkan struktur kromosom rusak, putus atau berpindah pasangan. Perubahan yang terjadi dapat mempengaruhi sifat tanaman yang di radiasi. Sifat baru muncul bisa beragam, bisa lebih baik atau sebaliknya.

### 3. Jumlah Siung Per Umbi

Jumlah siung per umbi pada bawang putih Lumbu Putih yang di radiasi dengan menggunakan sinar gamma, dosis 0 gray, 3 gray, 6 gray, 9 gray, 12 gray, dan 15 gray, tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan, tetapi dari pengamatan pada Lumbu Putih jumlah siungnya mengalami penurunan seiring meningkatnya dosis radiasi. Efek penyinaran yang ditimbulkan oleh Cobal<sup>60</sup> dapat memperlambat jalannya perkembangan jaringan pada umbi. Pembentukan siung pada umbi selama fase pertumbuhan mengalami gangguan, dan proses pembentukan siung tidak berjalan sempurna sehingga jumlahnya lebih sedikit. Menurut Selvaraj *et al.*, (2001) perlakuan radiasi mempengaruhi bentuk dan karakteristik siung dan umbi galur mutan bawang putih. Ainammardiyah (2018) juga menyatakan bahwa apabila setelah penanaman, siung bawang putih terpapar suhu tinggi maka akan mendorong diferensiasi daun lumbung lebih cepat sehingga siung terbentuk sebelum tunas aksilar bercabang dan menghasilkan umbi tunggal.

### 4. Bentuk Umbi

Pengamatan bentuk umbi ini merupakan pengamatan secara kualitatif dengan melihat perubahan bentuk pada

umbi Lumbu Putih, jika terjadi perubahan bentuk umbi akibat penyinaran radiasi gamma.



Gambar 1: Umbi Bawang Putih a). dosis 0 Gy, b) dosis 3Gy, c) dosis 6 Gy, d) dosis 9 Gy, e) dosis 12 Gy, dan f) dosis 15 Gy



Gambar 2: Bentuk Melintang Umbi Bawang Putih a) dosis 0 Gy, b) dosis 3Gy, c) dosis 6 Gy, d) dosis 9 Gy, e) dosis 12 Gy dan f) dosis 15 Gy



Gambar 3: Bentuk Membujur Umbi Bawang Putih a). dosis 0 Gy, b) dosis 3Gy, c) dosis 6 Gy, d) dosis 9 Gy, e) dosis 12 Gy, dan f) dosis 15

memperlihatkan bahwa penyinaran dengan iradiasi gamma berpengaruh nyata terhadap bentuk umbi, semakin tinggi dosis radiasi maka semakin kecil bulatan dan lonjong umbi bawang putih.

Menurut Makmur (1992) keanekaragaman genetik yang dapat di temukan di lapangan di sebabkan oleh adanya proses mutasi, hibridisasi, dan seleksi baik secara ilmiah, atau buatan. Keanekaragaman genetik yang terdapat dalam satu jenis (*spesies*) di sebabkan oleh faktor lingkungan dan genetik. Keanekaragaman genetik sebagai akibat faktor lingkungan dan umumnya berinteraksi satu sama lain dalam mempengaruhi penampilan fenotipe tanaman. Lebih lanjut Hammed *et al.*,(2008) pemberian dosis yang terlalu tinggi akan menghambat pembelahan sel yang menyebabkan kematian sel yang berpengaruh terhadap proses pertumbuhan tanaman, menurunnya daya tumbuh dari tanaman dan morfologi tanaman. Tetapi dosis radiasi yang terlalu rendah tidak cukup untuk memutasi tanaman karena

frekuensi mutasi yang terlalu rendah hanya menghasilkan sedikit yang termutasi.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Iradiasi sinar gamma *cobalt-60*(<sup>60</sup>Co) belum dapat memberikan perubahan terhadap pembentukan dan hasil umbi bawang putih varietas Lumbu Putih.
2. Perlakuan iradiasi sinar gamma *cobalt-60*(<sup>60</sup>Co) dengan dosis yang berbeda memberikan tidak efek terhadap pembentukan dan hasil umbi bawang putih varietas Lumbu Putih.

## DAFTAR PUSTAKA

- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2019. Provinsi Jawa Tengah dalam angka 2019. Semarang : Badan Pusat Statistik.
- Acquaah, G 2007. Principles of Plant Genetics and Breeding. Blackwell Publishing. USA, UK, Australia. 569 p.
- Adelia, C., A.K. Pasangka, B. Minsyahril, B. 2015. Penerapan Radiasi Multigamma untuk pengembangan Bawang Putih Lokal Timor. Nusa Tenggara Timur.
- Ainammardiyah. 2018. Analisis Periode Vernalisasi Terhadap Keragaan Dua Tipe Bawang Putih di Dataran Rendah. Skripsi. IPB. Bogor.
- Aisyah, S.I., H. Aswidinnoor, A. Saefuddin. 2009. Induksi mutasi stek pucuk anyelir (*Dianthus caryophyllus* Linn.). J. Agron. Indonesia. 37(1):62-70.
- Amjad hameed, Tariq Mahmud Shaha, Babar Manzoor Atta, M. Ashnul Haq and Hina Sayed 2008. Gamma irradiation effects on seed germination and growth, protein content, peroxidase and protease activity, lipid peroxidation in desi and kabuli chickpea. *Pak. J. Bot.*, 40(3): 1033-1041.
- Basuki, R., A. Efendi, C. Hermanto. 2019.

- Teknologi Inovatif Budidaya Bawang Putih. Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Bandung Barat.
- Becker, CA dan R.C. Bakhuizen van den Brink. 1963. Flora of Java. Volume: 1. Netherlands: N.V.P. Nordhoff.
- BPS Kabupaten TTU, 2015 Timor Tengah Utara Dalam Angka, Kefamenanu.
- Brewster, J.L. 2008. Onions and Other Vegetable Alliums, 2nd Edition. CAB International, Wallingford, UK.
- Casarett, A. P. 1968. Radiation Biology, Prentice Hall. Inc. New Jersey. Pp 58-89, 290-304.
- Darussalam, M. 1996. Radiasi dan Radioisotop. Penerbit Tarsito. Bandung.
- Djajanegara, I., P. N. Wahyudi, Widyastuti, Harsoyo. 2007. Pengaruh mutasi dengan sinar gamma ( $^{60}\text{Co}$ ) terhadap produktivitas jamur tiram abu-abu (*Pleurotus sajurcaju*). Berk. Penel. Hayati. 13: 57-61.
- Hamed, B. H., Mahmoud, D. K., dan Ahmad, A. L. (2008). Equilibrium modeling and kinetic studies on the adsorption of basic dye by a low-cost adsorbent : coconut (*Cocos nucifera*) bunch waste. Journal of Hazardous Materials, 158(1), 65-72.
- Hariwibowo, P.A., Anindita, R., Suhartini. 2014. Penawaran bawang putih di Indonesia. Jurnal Pertanian Berbasis Keseimbangan Ekosistem. 4 (08): 22-28.
- Hendro, W. 1981. Mutagenesis and in vitro selection. In T.A. Thorpe (ED). Plant Tissue Culture, Methodes and Application in Agriculture. Acad Press. Newyork.
- Hilman, Y., A. Hidayat. Suwandi. 1997. Budidaya Bawang Putih Di Dataran Tinggi. Puslitbang Hortikultura. Jakarta.
- Ichikawa, S. dan Y. Ikhusima. 1967. A Development Study of Diploids Oats by means of Radiation Induced Somatic Mutation Rad. Botany 7 : 205-215.
- Iwo, G.A., C.O. Amadi, C.O. Eleazu, J.U. Ukpabi. 2013. Induced mutagenesis on ginger for improved yield compenents and oleoresin content. Canadian J. Plant. Breeding. 1(3): 90-96.
- J, Sugito dan Murhanto. 1999. Bawang Putih Dataran Rendah. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Kebeish R, Deef HE, El-Bialy N. 2015. Effect of Gamma Radiation on Growth, Oxidative Stress, Antioxidant System, and Alliin Producing Gene Transcripts in *Allium sativum* L. Internasional Journal of Research Studies in Biosciences. 3(3): 161-174.
- Kovács, E., and Keresztes, A. 2002. Effect of gamma and UV-B/C radiation on plant cells. Micron, 33(2): 199-210. Doi:10. 1016/ S0968-4328(01)00012-9. PMID:11567888.
- Lehninger, A.L. 1994. Dasar-Dasar Biokimia, Alih Bahasa DR. IR. Maggy Thenawidjaya, IPB. Erlangga. Jakarta.
- Lestari, E.G. 2012. Combination of somaclonal variation and mutagenesis for crop improvement. J. AgroBiogen 8(1):38-44.
- Lestari, Endang, R. Purnamaningsih, I. Mariska, and Sri Hutami. 2009. "Induksi Keragaman Somaksonal Dengan Iradiasi Sinar Gamma Dan Seleksi in Vitro Kalus Pisang Rajabulu Menggunakan Asam Fusarat, Serta Regenerasi Dan Aklimatisasi Plantlet." Berita Biologi 9(4): 411-17.
- Makmur, A. 1992. Pengantar Pemuliaan Tanaman. Jakarta. PT. Rineka Cipta.

- Maluszynski, M., Ahlowalia, B.S., Sigurbjornsson B. 1995. Application of in vivo and in vitro mutation techniques for crop improvement. *Euphytica* 85:303-315.
- Marchesi, G., A. Fouchi and R. Colombi. 1982. The response of three garlic biotypes of 'bianco piacentino' to treatments with mutagens (in Italian). *Sementi Elette* 28:17-20. Marcotrigiano.
- Parry, M.A.J., P.J. Madgwick, C. Bayon, K. Tearall, L.A. Hernandez, M. Baudo, M. Rakszegi, W. Hamada, A. Al-Yassin, H. Ouabbou, M. Labhilili, A.L. Philips. 2009. Mutation discovery for crop improvement. *J Experimental Botany*. 60(10): 2817-2825.
- Roser, David. 1997. Bawang Putih Untuk Kesehatan. Jakarta : Bumi Aksara.
- Samadi, B. 2000. Usaha Tani Bawang Putih : Pengembangan bawang putih daratan tinggi dan bawang putih daratan rendah. Dinas Perpustakaan dan Arsip Daerah Provinsi Jambi. Jambi.
- Santoso, H.B. 2000. Bawang Putih. Edisi ke-12. Yogyakarta: Kanisius.
- Selvaraj, N. S., Natarajan, B., Ramaraj. 2001. Studies On Induced Mutations In Garlic. *Mutation Breeding Newsletter*. Issue No. 45. P. 40-42.
- Soedomo. R. P. 1987. Studi Pendahuluan Tentang Pengaruh Radiasi Gamma Pada Pertumbuhan dan Perkembangan Bawang Merah (*Allium ascalonium*) Simposium Aplikasi Isotop dan Radiasi, Jakarta, 16-17.
- Soeranto, H. 2003. Peran iptek nuklir dalam pemuliaan untuk mendukung industry pertanian. Hlm. 308-316. *Dalam* K. Abraham, Y. Arrianto, D.W. Nurhayati, Sujatmoko, R. Sukarsono, T.T. Basuki, A. Takazani, IGN J. Sarjono, T. D. Sujiko (eds.) *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir 8 Juli 2003*. P3TM Batan. Yogyakarta.
- Sudarsono, A. Pudjoarinto, D. Gunawan, S. Wahyono, I.A. Donatus, M. Dradjad, S. Wibowo dan Ngatidjan. 2006. *Tumbuhan Obat 1*. Yogyakarta: Pusat Penelitian Obat Tradisional Universitas Gadjah Mada.
- Sumiyarsih, S. dan Aliudin. 1990. Pengaruh sinar gamma <sup>60</sup>CO terhadap pertumbuhan dan struktur anatomi daun pada bawang putih. *Bull. Penel. Hort.* 19(4): 57-61
- Sunarjono, H., Yett dan Ety. 1984. Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma Terhadap Pertumbuhan Bawang Merah. Balai Penelitian Hortikultura Lembang.
- Sunarjono, H., Yett dan Ety. 1987. Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma Terhadap Pertumbuhan Bawang Merah. Balai Penelitian Hortikultura Lembang.
- Suprasanna, P., H. Nakagawa. 2013. Mutation breeding of vegetatively propagated crops. In: Shu, Forster BP, Nakagawa H. editor. *Plant Mutation Breeding and Biotechnology*. Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2012; Rome, Italy, Austria (AT): FAO/IAEA. p. 347-358.
- Suryowinoto, M. 1987. Tenaga Atom dan Pemanfaatannya dalam Biologi Pertanian. Kanisius. Yogyakarta.
- Sutarto, I. Nurrohma. Dewi, K. Arwin. 2004. Pengaruh Iradiasi Gamma <sup>60</sup>Co Terhadap Pertumbuhan Tanaman Bawang Putih (*Allium sativum.L*) Varietas Lumbu Hijau Di Dataran Rendah.

- Risalah Seminar Ilmiah Penelitian dan Pengembangan Aplikasi Isotop dan Radiasi. Jakarta.
- Timlin, d., S.M.L. Rahman., J.Baker., V.R. Reddy., dan Quebe-deaux. 2006. Whole Plan Photosyn-thesis, Development, and Carbon Partitioning In potato as Function of Temperatur. *Agronomi Jurnal*. 98(5) 1195-1203.
- Ulukapi, Kamile and Ayse Gul Nasircilar. 2015. "Developments of Gamma Ray Application on Mutation Breeding Studies in Recent Years. " Pp. 31-34 in International Conference on Advances in Agricultural, Biological & Environmental Sciences.
- Vaijapurkar, S.G., Agarwal, D., Chaudhuri, S.K., Senwar, K.R., Bhatnagar, P.K., 2001. Gamma-irradiated onions as a biological indicator of radiation dose. *Radiat. Meas.* 33 (5), 833-836.
- Wibowo, S. 2007. *Budidaya Bawang: Bawang Putih, Bawang Merah, Bawang Bombay*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Wirasti, S. 2014. Analisis pendapatan dan kelayakan usaha bawang putih goreng pada Industri Rumah Tangga Sofie di Kota Palu. *E-Journal Agrotekbis*. 2 (5): 500-504.
- Zhang, X. 1999. *WHO Monographs on Selected Medicinal Plants: Bulbus Allii Sativii*. Geneva: World Health Organization.