

# APLIKASI INDUKSI MUTASI UNTUK PEMULIAAN TANAMAN HIAS

## [*Mutation Induction for Breeding in Ornamental Plants*]

Endang Gati Lestari<sup>✉</sup>

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian  
Jalan Tentara Pelajar No 3 Bogor  
emil: endangtilestari@gmail.com

### ABSTRACT

The breeding of ornamental plants through mutation induction has been applied to obtain the desired new characters. High diversity, such as brighter colors, more attractive shapes, and aromas, are needed for the assembly of new high yielding varieties to increase sales value. Mutagens that can be used as agents for mutation induction are physical mutagens (gamma rays, x rays, beta rays, UV rays) and chemical mutagens (EMS, DES, colchicine, oryzalin). The mutagens have been implemented to obtain a superior character compared to its parents. Breeding of ornamental plants through mutation has been applied in various countries such as Japan, Thailand, Korea, the Netherlands, and Indonesia to produce many new varieties, comprising of chrysanthemums, roses, gladiolus, tulips, carnations etc. The resulting new characteristics include a change in color to become more attractive according to market tastes, the shape and petals of a single flower that were originally single, become stacked, and not easily wither. The purpose of writing this review is to provide information about the role of mutations for the formation of new varieties in ornamental plants as well as mutagens that able to be utilized both physically and chemically.

**Key words:** *in vitro* culture, somaclonal variation, mutase

### ABSTRAK

Pemuliaan pada tanaman hias melalui induksi mutasi telah diaplikasikan untuk mendapatkan karakter baru yang diinginkan. Keragaman yang tinggi seperti warna menjadi lebih cemerlang, bentuk dan aroma lebih menarik sangat diperlukan untuk perakitan varietas unggul baru sehingga meningkatkan nilai jual. Mutagen yang dapat digunakan sebagai agen untuk induksi mutasi adalah mutagen fisik (sinar gamma, sinar x, sinar beta, UV) dan mutagen kimia (EMS, DES, kolkisin, oryzalin), mutagen tersebut telah diaplikasikan untuk mendapatkan karakter yang lebih unggul dibanding tetuanya. Pemuliaan pada tanaman hias melalui mutasi telah dilakukan diberbagai negara seperti Jepang, Tailand, Korea, Belanda termasuk di Indonesia untuk menghasilkan banyak varietas baru antara lain pada krisan, mawar, gladiol, tulip, anyelir dll. Sifat baru yang dihasilkan antara lain perubahan pada warna menjadi lebih menarik sesuai selera pasar, bentuk dan kelopak bunga yang semula tunggal, menjadi bertumpuk, serta menjadi tidak mudah layu. Tujuan penulisan review ini adalah untuk memberikan informasi peran mutasi untuk pembentukan varietas baru pada tanaman hias serta mutagen baik fisik maupun kimia yang dapat digunakan.

**Kata kunci:** kultur *in vitro*, variasi somaklonal, mutasi

### PENDAHULUAN

Tanaman hias memiliki keindahan dan daya tarik karena bentuk dan warnanya yang bervariasi, sehingga banyak diminati dan menjadi peluang bisnis untuk ekspor (Lakamisi, 2010). Kebutuhan tanaman hias yang mempunyai karakter warna atau bentuk yang unik dan menarik semakin meningkat, seiring meningkatnya pendapatan masyarakat, selain untuk keindahan dan penghijauan di rumah, juga dibutuhkan untuk menghias perkantoran/pertokoan dan hotel. Adanya peningkatan kebutuhan tanaman hias dengan warna dan bentuk yang menarik, maka pembentukan varietas baru dengan karakter seperti warna, bentuk, dan aroma bunga yang lebih menarik menjadi prioritas untuk memenuhi kebutuhan konsumen (Fang, 2011).

Masalah yang dihadapi dalam pemuliaan tanaman hias secara konvensional ialah terbatasnya sumber gen yang dapat digunakan sebagai tetua untuk persilangan selain itu adanya keterbatasan pada variasi bentuk dan warna yang memenuhi

selera pasar (Ibrahim *et al.*, 1988; Chandler dan Sanchez, 2012; Noman *et al.*, 2017). Selain itu pemuliaan melalui persilangan dan seleksi memerlukan waktu dan peluang untuk mendapatkan karakter yang diinginkan sangat terbatas (Aida *et al.*, 2005; Hanafiah *et al.*, 2012).

Perakitan varietas unggul baru pada tanaman hias dapat dilakukan menggunakan beberapa teknik, antara lain poliploidisasi, haploidisasi, induksi mutasi dan variasi somaklonal. Kultur *in vitro* mempunyai peran penting untuk mendukung program tersebut terutama pada tahap seleksi dan perbanyakan tanaman hasil pemuliaan (Manzoor, *et al.*, 2019). Teknik mutasi dan poliploid, paling banyak diaplikasikan pada tanaman yang diperbanyak secara vegetatif (Manzoor *et al.*, 2019).

Induksi mutasi pada tanaman hias, telah dikembangkan secara luas untuk mendapatkan karakter baru yang lebih unggul. Sejak tahun 1976,

para pemulia tanaman telah melakukan penelitian menggunakan teknik mutasi untuk mendapatkan varietas baru yang lebih unggul, diikuti dengan berkembangnya teknik *in vitro* untuk meregenerasikan tanaman hasil mutasi. Dari penemuan tersebut maka pemanfaatan teknik mutasi menjadi lebih berkembang, kultur *in vitro* diaplikasikan untuk memperbanyak mutan yang telah dihasilkan agar diperoleh tanaman yang seragam dalam jumlah banyak, atau menggunakan materi genetik berupa jaringan yang belum terdiferensiasi seperti kalus, agar peluang terjadinya mutasi lebih tinggi (Schum, 2003; Lestari 2012).

Peluang keberhasilan pemuliaan melalui mutasi pada tanaman hias cukup tinggi, dikarenakan adanya perubahan pada fenotipenya sehingga mudah diidentifikasi, selain itu tanaman hias bersifat heterosigot, serta frekuensi dihasilkannya mutan sangat tinggi sehingga varietas baru yang dihasilkan cukup banyak (Maluszynski *et al.*, 1995).

Dalam kegiatan perakitan tanaman melalui mutasi, kegiatan seleksi merupakan tahapan penting untuk mendapatkan karakter yang diinginkan, karena mutasi yang diberikan menyebabkan terjadinya perubahan gen secara acak, tahapan lain yang tidak kalah penting adalah klasifikasi dan konfirmasi (Lestari, 2012; Sanjaya *et al.*, 2015; Krishna *et al.*, 2016; Lestari, 2016; Kurniasih *et al.*, 2016; Noman *et al.*, 2017; Miri, 2018). Mutagen kimia dan mutagen fisik, telah diaplikasikan untuk induksi mutasi buatan, dari berbagai agen yang dapat digunakan, sinar gamma paling banyak digunakan (Ahloowalia, 2004). Induksi mutasi menggunakan senyawa kimia dapat dilakukan apabila tidak ada fasilitas yang tersedia (Fang, 2011). Etil Metan Sulfonat (EMS) merupakan senyawa kimia yang mempunyai efektifitas tinggi untuk menghasilkan mutan pada padi dan tanaman tergolong sereal (Bhan and Kaul, 1976).

Mutasi yang terjadi pada warna bunga antara lain terbentuknya gradasi warna dari warna bunga aslinya. Penelitian yang dilakukan oleh (Dwimahyani, 2007) memperoleh bunga warna kuning, orange, putih, pink gelap, dan pink pucat dari tetua berwarna pink menggunakan radiasi dosis 10-15Gy pada pucuk krisan. Iradiasi sinar gamma dengan dosis 20 Gy pada varietas Dewi Ratih telah menghasilkan enam mutan (putatif) dan tujuh mutan (putatif) pada varietas Puspita Nusantara (Handayati, 2013). Perlakuan iradiasi dengan dosis 15 Gy pada krisan pot genotip *Bornholm* menghasilkan kimera sektoral pada mahkota bunga (Qosim *et al.*, 2007). Untuk mengetahui peran teknik mutasi dalam pembentukan varietas baru, dalam tulisan ini dibahas mutagen apa saja yang dapat digunakan, serta mekanisme perubahan genetiknya dan contoh-contoh varietas baru yang telah diperoleh.

## PERAN MUTAGEN UNTUK INDUKSI MUTASI

Yang dimaksud dengan mutasi adalah proses terbentuknya varian baru melalui terbentuknya alel dan susunan gen yang baru, variasi yang ditimbulkan dapat disebabkan adanya rekombinasi pada alel dari kromosom yang homolog (Suprasanna *et al.*, 2015). Mutasi dapat terjadi secara alami maupun melalui induksi (Jabeen dan Mirza 2004).

Mutasi gen atau mutasi titik adalah jenis mutasi yang terjadi pada gen atau urutan basa nitrogen pada DNA (Suprasanna *et al.*, 2015). Perubahan susunan basa nitrogen pada DNA menyebabkan terjadinya perubahan protein sehingga menyebabkan perubahan pada fenotipe (Suprasanna *et al.*, 2015). Mutasi yang dihasilkan merupakan sumber utama dari semua keragaman genetik pada organisme, termasuk tanaman (Kharkwal dan Shu, 2009). Adanya keragaman genetik yang tinggi didalam populasi memberikan peluang untuk mendapatkan karakter baru yang diinginkan, sehingga memungkinkan mendapatkan satu atau beberapa karakter yang diinginkan tanpa perubahan karakter unggul dasarnya (Suprasanna *et al.*, 2015).

Klasifikasi mutasi dapat didasarkan pada tingkat urutan DNA yang berubah karena pengaruh kejadian mutasi, apabila terjadinya mutasi pada skala kecil maka yang terlibat hanya satu atau beberapa nukleotida yang berubah, sedangkan pada mutasi berskala besar maka struktur kromosomnya yang mengalami perubahan (Suprasanna *et al.*, 2015). Mutasi titik, merupakan salah satu jenis mutasi yang disebabkan adanya kesalahan selama replikasi DNA, ikatan oksigen-fosfat terputus, kemudian terjadi substitusi pasangan basa, dan perubahan jumlah basa (Kharkwal dan Shu, 2009).

Mutasi yang diakibatkan oleh perubahan susunan kromosom dapat berupa delesi, duplikasi, translokasi, dan inversi. Delesi merujuk pada mutasi kromosom yang terjadi karena hilangnya sebagian lengan kromosom, duplikasi terjadi karena bertambahnya lengan kromosom yang homolog, translokasi adalah mutasi yang terjadi karena patahan kromosom menempel pada kromosom non homolognya, inversi terjadi karena patahan kromosom menyatu kembali dengan kromosom asalnya, tetapi dengan posisi terbalik (Kharkwal dan Shu, 2009; Lestari, 2016). Tahapan dalam pemuliaan melalui mutasi meliputi (1) induksi mutasi untuk mendapatkan populasi dengan keragaman genetik yang tinggi, (2) seleksi berdasar karakter yang diinginkan, uji daya hasil pendahuluan, uji daya hasil lanjut dan uji multilokasi (3) pelepasan varietas unggul baru (Hase *et al.*, 2009). Miri, (2018) menyatakan bahwa kunci keberhasilan pada kegiatan mutasi adalah

identifikasi terhadap mutan yang dihasilkan meliputi seleksi dan konfirmasi.

### Agen untuk mutasi

Perakitan galur-galur unggul untuk mendapatkan bentuk dan warna yang baru pada tanaman hias menjadi tujuan utama para pemulia tanaman hias (Aida *et al.*, 2000; Schum, 2003; Anne dan Lim, 2020). Teknik yang dapat diaplikasikan dan terbukti efektif menghasilkan varietas unggul antara lain menggunakan kultur *in vitro*, mutasi menggunakan mutagen fisik dan kimia serta menggunakan *ion beam* (Yamaguchi *et al.*, 2009; Nishihara dan Nakatsuka, 2010). Jenis mutagen yang digunakan untuk tujuan pembentukan mutan sangat menentukan keberhasilan dalam pemuliaan mutasi, daftar varietas baru tanaman hias hasil mutasi menunjukkan bahwa hasil paling banyak adalah sinar-x dan sinar gamma (Yamaguchi *et al.*, 2009; Anne dan Lim, 2020)

### Mutagen Kimia

Senyawa kimia yang dapat digunakan sebagai agen untuk induksi mutasi antara lain EMS (*Etil Metan Sulfonat*), DES (*Dietil metan sulfonate*), *oryzalin*, kolkisin, dan zat pengatur tumbuh. Diantara mutagen tersebut, senyawa kimia EMS ( $\text{CH}_3\text{SO}_3\text{C}_2\text{H}_5$ ), merupakan mutagen yang sering digunakan sebagai agen untuk pembentukan mutan, karena mudah diperoleh, laju mutasinya tinggi dan tidak bersifat mutagenik setelah terhidrolisis (Khan *et al.*, 2000 ; Natarajan, 2005). EMS efektif untuk memicu perubahan pasangan basa pada DNA, setelah proses replikasi pada DNA sehingga menimbulkan terjadinya *aneuploidi*, yaitu beberapa set kromosom menurun atau meningkat jumlahnya (Lestari, 2016). EMS dapat menginduksi terbentuknya mutasi titik atau hilangnya segmen kromosom atau terjadinya perubahan pasangan basa tertentu dalam kromosom (Kim *et al.*, 2004; Qosim *et al.*, 2016; Raina *et al.*, 2016). EMS merupakan senyawa alkil yang dapat mengubah guanin menjadi 7-etil guanin yang berpasangan dengan timin (Chopra, 2005), serta adanya substitusi pada pasangan basa G dan C menjadi A dan T, sehingga menyebabkan terbentuknya mutasi titik tanpa menyebabkan kematian pada eksplan (Arisha *et al.*, 2014). Pada kondisi tertentu EMS dapat memacu terjadinya perubahan pada kromosom sehingga menyebabkan terjadinya delesi yaitu hilang atau penambahan kromosom atau penyisipan satu atau lebih pasangan basa nitrogen pada rantai DNA (Jabeen dan Mirza, 2004). Adanya kerusakan kecil pada kromosom dapat menurunkan fertilitas serta letal dominan dan mengubah lokus tertentu tanpa menginduksi sejumlah besar mutasi yang terpaut dengan lokus tersebut (Greene *et al.*, 2003).

Aplikasi mutagen baik kimia maupun fisika,

perlu diketahui berapa dosis  $\text{LD}_{50}$  untuk mendapatkan frekuensi tertinggi terbentuknya mutan, sehingga dapat diperoleh karakter yang diinginkan,  $\text{LD}_{50}$  dapat didefinisikan sebagai konsentrasi yang menyebabkan 50% dari materi yang diberi perlakuan mengalami kematian (Arisha *et al.*, 2014). Tidak mudah untuk menentukan dosis yang tepat agar menghasilkan frekuensi terbentuknya mutan, karena apabila konsentrasi yang diberikan terlalu tinggi akan menyebabkan tanaman menjadi steril dan mati, sebaliknya apabila menggunakan dosis terlalu rendah maka frekuensi terbentuknya mutan menjadi sangat rendah sehingga peluang untuk mendapatkan karakter yang diinginkan menjadi kecil. Faktor-faktor yang mempengaruhi efektifitas terbentuknya mutan antara lain konsentrasi mutagen, lama perendaman dan metoda perendaman (Arisha *et al.*, 2014). Perlakuan mutagen dapat menyebabkan terjadinya penghambatan secara fisiologi dan proses biologi, yaitu gangguan pada aktivitas enzim, sehingga menyebabkan perkecambahan menjadi terhambat (Devi dan Mullainathan 2012), serta kerusakan pada sel sehingga menyebabkan kerusakan pada level molecular dan aktivitas enzim menjadi terganggu (Khan *et al.*, 2000)

Beberapa putatif mutan yang telah diperoleh menggunakan EMS pada tanaman perkebunan antara lain tebu toleran cekaman Al, hasil perendaman kalus tebu dalam larutan EMS 0,1%, 0,3% dan 0,5% selama 30, 60, dan 120 menit (Purnamaningsih dan Hutami, 2016). Daun variegata tanaman abaka disebabkan mutasi gen tunggal dalam genom inti sehingga menyebabkan terjadinya kelainan pada kloroplas, yaitu degradasi protein tilakoid atau rusaknya plastid (Purwati I *et al.*, 2007). Perubahan bentuk bunga cabai diperoleh dari hasil perendaman biji selama 3 jam dalam larutan EMS 0,5% (Andriyani dan Muslihatin, 2017).

Arisha menggunakan EMS untuk mendapatkan mutan pada tanaman cabai, perlakuan yang dicobakan adalah perendaman 0,6% selama 12 jam, evaluasi pada mutan  $M_1$  diperoleh perubahan bentuk daun dan tinggi tanaman, pada mutan  $M_2$  diperoleh tanaman yang berubah menjadi lebih lambat pertumbuhannya, daun albino, klorofil pada mutan mengalami perubahan yaitu sebesar 62,15% berkurang klorofil a, 64,06% berkurang klorofil b. mutan menjadi lebih pedemk dan jarak antar buku menjadi sangat pendek, daun menjadi besar dan tebal (Arisha *et al.*, 2014).

### Kolkisin

Selain EMS, senyawa kimia lain yang dapat diaplikasikan sebagai agent untuk induksi mutasi antara lain kolkisin. Kolkisin banyak dimanfaatkan sebagai agent untuk pembentukan mutan karena

tidak merusak tanaman walaupun eksplan yang digunakan merupakan bagian dari organ tanaman seperti organ/sel, serta tidak merubah gen tanaman (Ade dan Rai, 2010; Lertsutthichawan *et al.*, 2017)

Kolkisin berperan sebagai anti mitotik untuk mencegah terjadinya pembelahan sel saat pembelahan meiosis, selain kolkisin dikenal pula senyawa lain yang mempunyai aktivitas yang sama yaitu orizalin dan trifuralin (Dhooghe *et al.*, 2011), Bunga dan buah yang selama ini diperbanyak secara vegetatif merupakan tanaman poliploid, namun proses terbentuknya tanaman poliploid secara alami sangat lambat sehingga perlu induksi secara buatan.

Peran kolkisin sangat besar untuk pembentukan keragaman baru pada tingkat genetik dan fenotipik (Xing *et al.*, 2011). Poliploidi untuk pemuliaan tanaman hortikultura sudah lama dikembangkan, level poliploidi dapat meningkatkan vigor tanaman, ukuran bunga menjadi lebih besar demikian pula ukuran buah dan biji lebih besar dibandingkan tanaman diploid, produksi lebih optimal serta meningkatkan toleransi terhadap cekaman biotik maupun abiotik seperti kekeringan dan toleran terhadap penyakit (Sattler *et al.*, 2016; Lertsutthichawan *et al.*, 2017). Poliploidi pada tanaman hortikultura seperti *Rhododendron fortunei* menghasilkan daun lebih kecil, bulat dan tebal pada tanaman yang bersifat tetraploid dan oktoploid, stomata tampak lebih besar, kandungan klorofil meningkat sehingga daun tampak lebih gelap (Mo *et al.*, 2020).

Perbedaan tanaman poliploid dan diploid tergantung pada jenis tanamannya serta tingkat heterozygositas, tanaman poliploid umumnya mempunyai kemampuan beradaptasi pada lingkungan suboptimal dan lebih resisten terhadap penyakit, dan ukuran bunga serta buahnya lebih besar (Eeckhaut *et al.*, 2004).

Beberapa tanaman poliploid yang telah dikembangkan antara lain gandum (hexaploid  $2n=6x$ ), kentang (tetraploid  $2n=4x$ ), pisang (triploid  $2n=3x$ ; tetraploid  $2n=4x$ ), jambu biji seedless (triploid  $2n=3x$ ), mangga (tetraploid  $2n=4x$ ), dan semangka seedless ( $2n=3x$ ) (Sukamto *et al.*, 2015).

### Oryzalin

Oryzalin ( $C_{12}H_{18}N_4O_6S$ ) dikenal dengan sulfonamide (3,5- dinitro-N4, N4-dipropylsulfani lamide), merupakan agen kimia yang dapat diaplikasikan untuk meningkatkan ploidi tanaman dan meningkatkan keragaman tanaman (Sukamto *et al.*, 2015), telah diaplikasikan pada beberapa tanaman antara lain mikrospora tanaman *Brassica napus*, mawar dan *Rubus lineatus* (Klíma *et al.*, 2008; Senapati dan Rout, 2011; Surya *et al.*, 2016). Tanaman poliploid pada umumnya mempunyai

ukuran vegetatif dan generatif lebih besar seperti pada *Petunia axillaris* (Gupta, 1982). Oryzalin mempunyai peran untuk menghalangi benang spindel saat pembelahan mitosis sehingga sel-sel yang dihasilkan mempunyai kromosom berlipat ganda (Sukamto, 2015). Ramulu *et al.* (1991) menyatakan bahwa oryzalin mempunyai aktivitas lebih tinggi dibanding kolkisin untuk penggandaan kromosom. Sukamto (2015) mendapatkan beberapa tanaman garut hasil perlakuan oryzalin yang berubah yaitu pada stomata dan daun relatif lebih panjang, penampakan daunnya lebih hijau, bentuk daun lebih membulat, lebih tebal, dan bergelombang dibanding dengan tanaman normal (kontrol).

### Mutagen fisik

Mutagen fisik yang dapat diaplikasikan untuk induksi mutasi antara lain, sinar gamma, sinar x, sinar beta, UV dan *fast neutron* (Reina *et al.* 2019). Sinar x merupakan mutagen fisik yang digunakan sebagai agent untuk induksi mutasi paling awal, namun sinar gamma dari sinar radio aktif  $^{60}Co$ , paling banyak diaplikasikan (Miri, 2018). Sinar gamma panjang gelombangnya pendek sehingga mempunyai energi lebih besar dan penetrasi ke dalam jaringan menjadi lebih kuat (Oladosu *et al.*, 2015). Berdasarkan data dari organisasi pangan dan Pertanian (FAO) menunjukkan bahwa dari berbagai teknologi yang telah digunakan untuk induksi mutasi, sinar gama paling banyak diaplikasikan (Anne dan Lim, 2020).

### Sinar gamma

Pelakuan mutasi yang diberikan menghasilkan respon yang berbeda beda, respon tersebut dipengaruhi oleh kondisi fisiologi eksplan, ukuran eksplan dan laju dosis iradiasi (Anne dan Lim, 2020). Untuk mendapatkan mutan, maka dosis radiasi yang digunakan harus tinggi, tetapi tidak menimbulkan kerusakan sel yang mengakibatkan pertumbuhan menjadi tidak normal (Suprasanna *et al.*, 2015). Dosis untuk sinar gamma adalah kilo Roentgen (kR) ( $1\text{ kR} = 1000\text{ rads}$ ),  $1\text{ Gy} = 100\text{ rad}$ . Untuk mendapatkan keragaman mutan yang tinggi, umumnya terjadi sedikit di bawah nilai  $LD_{50}$  (Letal Dose 50) atau pada nilai  $LD_{50}$  tersebut.  $LD_{50}$  adalah dosis yang menyebabkan 50% kematian dari populasi materi yang diberi perlakuan iradiasi (Suprasanna, 2015).

Tingkat kerusakan pada sel selama proses meiosis atau mitosis merupakan salah satu kriteria untuk menentukan pengaruh dari mutagen, mitosis adalah pembelahan sel melalui tahap profase, metaphase, anaphase dan telophase, sedangkan meiosis adalah pembelahan sel yang terjadi pada organisme yang bereproduksi secara seksual (Kumar dan Rai, 2007).

Agen fisik yang menyebabkan kerusakan pada molekul DNA dari organisme hidup disebut sebagai mutagen fisik atau mutagenik (Mba, 2013). Mutagen fisik merupakan radiasi pengion (*ionizing radiation*), mampu menimbulkan ionisasi ketika melewati atau menembus materi yang diberi perlakuan radiasi, radiasi juga menyebabkan modifikasi pada basa dan menyebabkan kerusakan pada rantai tunggal atau rantai ganda DNA (Mba, 2013). Dengan demikian maka dosis radiasi yang diberikan harus tepat agar menghasilkan perubahan-perubahan sesuai dengan karakter yang diinginkan (Yamaguchi *et al.*, 2008). Hasbullah *et al.*, (2012) mendapatkan hasil adanya penurunan kandungan klorofil pada eksplan bunga gerbera yang diberi perlakuan radiasi demikian pula pada pertumbuhan tinggi tunas dan multiplikasi tunasnya.

Materi yang diberi perlakuan mutasi dapat mengalami kerusakan oksidasi sehingga terjadi perubahan pada tingkat sel, genom, kromosom dan DNA, sinar-x dan sinar gamma merupakan mutagen fisik yang banyak digunakan dalam pemuliaan mutasi (Mba, 2013), karena memiliki energi dan daya tembus yang tinggi sehingga mampu meningkatkan variabilitas genetik tanaman (Al-Safadi *et al.*, 2000). Sebanyak 64% dari 1586 varietas yang dilepas sejak tahun 1985 berasal dari perlakuan iradiasi sinar gamma (Maluszynski *et al.*, 2000). Sianipar *et al.*, (2015) mendapatkan mutan pada tanaman keladi tikus dengan melakukan iradiasi sinar gamma pada kalus dengan dosis 6 Gy, deteksi pada mutan menggunakan RAPD diperoleh informasi adanya peningkatan keragaman.

Induksi mutasi menggunakan radiasi sinar gamma sangat efektif untuk menghasilkan sifat baru seperti produksi biji menjadi lebih tinggi, tanaman menjadi lebih toleran terhadap cekaman biotik maupun abiotik serta meningkatkan kualitas hasil seperti produksi biji, warna bunga lebih menarik (Ibrahim *et al.*, 1988; Ahloowalia *et al.*, 2004).

### Mutasi pada beberapa tanaman hias

Krisan (*Dendranthema grandiflora*) merupakan tanaman hias yang potensial untuk dikomersialkan dan mempunyai nilai ekonomi tinggi, karena mempunyai variasi bentuk dan tipe bunga yang sangat tinggi. Kebutuhan bunga krisan di Indonesia sangat tinggi untuk acara-acara seremonial (Dwimahyani dan Widiarsih, 2010; Pratomo, 2015; Sanjaya., 2015; Kurniasih *et al.*, 2016, Yamaguchi, 2018), sehingga pembentukan varietas baru dengan warna eksotik, ukuran serta bentuk lebih menarik perlu dilakukan. Krisan merupakan tanaman yang diperbanyak secara vegetatif sehingga perbaikan genetik melalui mutasi menjadi alternatif (Dwimahyani dan Widiarsih, 2010). Demikian pula bunga mawar (ros) dikenal sebagai bunga potong

dan bunga untuk ditanam di dalam pot, mempunyai banyak manfaat selain sebagai penghias ruangan, juga digunakan untuk keperluan industri farmasi dan untuk parfum, peluang perbaikan genetik pada tanaman tersebut sangat diperlukan (Noman *et al.*, 2017).

Anyelir (*Dianthus caryophyllus* Linn.) merupakan tanaman hias yang banyak dikembangkan di Indonesia, perakitan varietas unggul baru untuk mendapatkan karakter unggul seperti warna, bentuk, ukuran serta nilai jual yang tinggi telah dilakukan melalui introduksi, seleksi, induksi mutasi dan variasi somaklonal (Aisyah *et al.*, 2009). Iradiasi menggunakan sinar gamma dosis 15–90 Gy pada eksplan setek pucuk anyelir yang dilakukan oleh Aisyah *et al.* (2009), menghasilkan kisaran warna dan bentuk bunga yang baru namun tidak mengubah karakter vegetatif penting yang sudah ada. Semua mutan yang dihasilkan bersifat stabil, tidak mengalami perubahan warna atau bentuk petal sampai generasi ketiga. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa radiasi sinar gamma yang diberikan mampu menghasilkan mutan-mutan dengan karakter warna dan bentuk tepi petal yang stabil. Perubahan akibat mutasi pada jumlah kelopak dan warna bunga dikarenakan adanya mutasi pada sel-sel somatik dan terekspresi bila terjadi pada inisial sel apikal dan akan membentuk sektor yang stabil (Broertjes dan Harten, 1988).

Pusat Iradiasi di Malaysia telah melakukan induksi mutasi menggunakan iradiasi sinar gamma pada tanaman bunga sepatu menggunakan eksplan batang dengan dosis 20 Gy, varietas baru yang dihasilkan diberi nama “*Siti Hasmah Red Shine*” dan “*Siti Hasmah Pink Beauty*”, karakter baru yang dihasilkan antara lain bunga berwarna merah muda dan keputihan serta bentuk petala menjadi bertumpuk dan bergelombang, diberi nama “Nori”.

Kegiatan penelitian di Kasetsart University di Thailand bekerjasama dengan petani lokal berhasil mengembangkan lebih dari 50 mutan baru antara lain bunga kana (37), krisan (6), portulaca (10), dan adenium (2) (Ibrahim *et al.*, 2018). Badan tenaga atom di Malaysia berhasil mengembangkan mutan dengan karakter warna dan bentuk baru pada bunga angrek, bunga sepatu, petunia, lily, dan kana. Karakter menarik lain yang dihasilkan adalah variegata pada daun. Badan tenaga atom di Korea (KAERI) telah mengembangkan mutan dengan empat warna berbeda pada bunga kembang sepatu berasal dari iradiasi dengan dosis 100 Gy pada biji (Ibrahim *et al.*, 2018). Mutasi pada tanaman krisan yang dilakukan di Balai Penelitian Hias (Balithi) sampai tahun 2013 telah menghasilkan varietas baru diantaranya Julikara, Rosanda, dan Rosmarun

**Tabel 1.** Jenis tanaman, mutagen serta dosis yang digunakan (*Plant species, mutagens, and doses used*)

Tanaman ( <i>Plant</i> )	Eksplan	Mutagens	Dosis ( <i>Dosage</i> )	Perlakuan ( <i>Treatment</i> )
<i>T. anguina</i>	Biji	Sinar x Kolkisin	6–30kR 0,25–1.00 %	Rendam 18 jam
<i>T. cucumarina</i>	Biji	Sinar x Kolkisin	6–30kR 0,25–1.00 %	Rendam 18 jam
<i>C. indica</i>	Biji	Sinar x Kolkisin	6–30kR 0,25–1.00 %	Rendam 18 jam
<i>C. maxima</i>	Biji	Sinar x Kolkisin	6–30kR 0,25–1.00 %	Rendam 18 jam
<i>L. siceraria</i>	Biji	Kolkisin	0,25–1.00 %	Rendam 6 jam
<i>L. acutangula</i>	Biji	Kolkisin	0,25–1.00 %	Rendam 6 jam
<i>T. foetum-graecum</i>	Biji	Sinar gamma MMS EMS	30–50 kRad 0,02–0,06% 0,3–0,0,6 %	Rendam 6 jam Rendam 6 jam
<i>M. citrate</i>	Potongan akar	Sinar gamma	2-8 Krad	
<i>P. tetragonolobus</i>	Biji	Sinar gamma	10-30 kRad	
<i>J. curcas</i>	Biji	Sinar gamma Kolkisin	6-24 kRad 0,2%-1.00 %	Rendam 18 jam
<i>R. damascena</i>	Potongan ba- tang	Sinar gamma	1-2 krad	
<b>Tanaman bunga (<i>Flower plant</i>)</b>				
Amaryllis	Umbi	Sinar gamma	250 rad–5 krad	
Bougainville	Potongan ba- tang	Sinar gamma	250–1250rad	
Canna	Rizome	Sinar gamma	2 dan 4 krad	
Krisantemum	Potongan akar	Sinar gamma	1.0–3.3 krad	
Gerbera	Akar	Sinar gamma	1 dan 2 krad	
Gladiolus	Umbi	Sinar gamma	250 rad–5 krad	
Hibiscus	Potongan ba- tang	Sinar gamma	1.0–4 krad	
<i>Narcissus tazetta</i>	Umbi	Sinar gamma	250,500,750 rad	
<i>Perennial portulaka</i>	Potongan ba- tang	Sinar gamma	250–1250 rad	
<i>Polianthus tuberosa</i>	Umbi	Sinar gamma	250 rad–8 krad	
Rose	Mata tunas	Sinar gamma	2–6 krad	
<i>Tagetes tagetesecta</i>	akar	Sinar gamma	500 rad–2 krad	

Keterangan: EMS = Etil Metan Sulfonat; MMS= Metil Metan Sulfonat

(mawar mini); Rosma (mawar potong) dan Mustika Kania (krisan) (Handayati., 2013).

Pemuliaan pada tanaman anggrek sudah dilakukan sejak lama, untuk mendapatkan karakter unik serta mampu beradaptasi luas dan resisten terhadap penyakit (Li *et al.*, 2021; De Chandra *et al.*, 2014). Induksi mutasi pada tanaman anggrek umumnya dilakukan dengan teknik poliploidisasi seperti pada anggrek *Cymbidium* (Wang *et al.*, 2017) dan jenis anggrek lainnya (Li *et al.*, 2021).

## KESIMPULAN

Pemuliaan melalui mutasi menggunakan mutagen fisik dan kimia pada tanaman hias telah diaplikasikan di berbagai negara dan telah menghasilkan banyak varietas unggul baru antara lain pada tanaman mawar, krisan, gladiole, anyelir, anggrek. Perubahan genetik yang dihasilkan meliputi warna menjadi lebih cemerlang dan lebih menarik, demikian pula perubahan pada aroma dan bentuk sehingga menambah nilai jual.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ade, R. and Rai, M.K., 2010. Review : Colchicine, current advances and future prospects. *Bioscience*, 2(2), pp. 90–96.
- Ahloowalia, B.S., Maluszynski, M. and Nichterlein, K., 2004. Global impact of mutation-derived varieties. *Euphytica*, 135, pp. 187–188.
- Ahloowalia, S.M.N., 2004. Global impac of mutation-derived varieties. *Euphytica*, 135, pp. 187–204.
- Aida, R., Kishimoto. S., Tanaka. Y and Shibata. M., 2000. Modification of flower color in torenia (*Torenia fournieri* Lind.). By genetic transformation. *Plant Science*, 153(1). pp. 33–42 doi: 10.1016/S0168-9452(99) 00239-3.
- Aida, R. Nagaya,S., Yoshida.K., Kishimoto. S., Shibata M and Ohmita. A., 2005. Efficient transgene expression in chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat), with the promoter of a gene for tobacco elongation factor 1  $\alpha$  protein. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 39(4), pp. 269–274. doi: 10.6090/jarq.39.269
- Aisyah, S.I., Aswidinnoor H., Saefuddin. A., Marwoto. B dan Sastrosumarjo. S., 2009. Induksi mutasi pada stek pucuk anyelir (*Dianthus caryophyllus* Linn.) melalui iradiasi sinar gamma induced mutations in cutting of carnation (*Dianthus caryophyllus* Linn.) through gamma rays irradiation. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 37(1), pp. 62–70
- Al-Safadi, B., Mir. Ali, N. and Arabi, M.I.E., 2000. Improvement of garlic (*Allium sativum* L.) resistance to white rot and storability using gamma irradiation induced mutations. *Journal of Genetics and Breeding*, 54(3), pp. 175–181.
- Andriyani dan Muslihatin W., 2017. Pengaruh mutagen kimia EMS terhadap perkembangan bunga tanaman cabai. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 6(2), pp. 22–24.
- Anne, S. and Lim, J.H., 2020. Mutation breeding using gamma irradiation in the development of ornamental plants : A review mutation breeding using gamma irradiation in the development of ornamental plants : A review. *Flower Res J*, 3(November), pp. 102–115. doi: 10.11623/frj.2020.28.3.01.
- Arisha, M.H., Liang, B-K., Muhammad Shah, S.N., Gong, Z-H. and Li, D-W., 2014. Kill curve analysis and response of first generation *Capsicum annuum* L. B12 cultivar to ethyl methane sulfonate. *Genetics and Molecular Research*, 13(4), pp. 10049–10061. doi: 10.4238/2014.November.28.9.
- Bhan, A.K. and Kaul, M.L.H., 1976. Frequency and spectrum of chlorophyll-deficient mutations in rice after treatment with radiation and alkylating agents. *Mutation Research - Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 36(3), pp. 311–317. doi: 10.1016/0027-5107(76)90241-4.
- Broertjes and A.M. van Harten., 1988. Applied mutation breeding for vegetatively propagated crops. *Book. Vol 12* (345pp).
- Chandler, S.F. and Sanchez, C., 2012. Genetic modification; the development of transgenic ornamental plant varieties. *Plant Biotechnology Journal*, 10(8), pp. 891–903. doi: 10.1111/j.1467-7652.2012.00693.x.
- Chandra De. L., Pathak. P., Rao. A.N and Rajeevan. P.K., 2014. 5 Breeding approaches for improved genotypes. *Commercial Orchids*, pp. 103–117. doi: 10.2478/9783110426403.5.
- Chopra, V.L., 2005. Mutagenesis: Investigating the process and processing the outcome for crop improvement. *Current Science*, 89(2), pp. 353–359.
- Devi, A.S., M., 2012. Effect of gamma rays and ethyl methane sulphonate (EMS) in M3 generation of blackgram (*Vigna mungo* L. Hepper). *African Journal of Biotechnology*, 11 (15), pp. 3548–3552. doi: 10.5897/ajb10.1773.
- Dhooghe, E. Laere. K.V., Eeckhaut. T., Leus. L., Huylenbroeck. J.V., 2011. Mitotic chromosome doubling of plant tissues in vitro. *Plant Cell Tiss Cult*, pp. 359–373. doi: 10.1007/s11240-010-9786-5.
- Dwimahyani, I., 2007. Pengaruh Iradiasi sinar gamma terhadap pertumbuhan dan pembungaan stek pucuk krisan (*Chrysanthemum morifolium* Ramat ) cv, pink Fiji. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan*

- Radiasi*, 3(1), pp. 67–79.
- Dwimahyani, I. and Widiarsih, S., 2010. The effects of gamma irradiation on the growth and propagation of in-vitro chrysanthemum shoot explants (cv. Yellow Puma). *Atom Indonesia*, 36(2), pp. 45–49. doi: 10.17146/aij.2010.25.
- Eeckhaut, T.G.R. Werbrouck. S.P.O., Leus. L.W.H., Van Bockstaele and Deberg. P.C., 2004. Chemically induced polyploidization in *Spathiphyllum wallisii* Regel through somatic embryogenesis. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 78 (3), pp. 241–246. doi: 10.1023/B:TICU.0000025659.19232.04.
- Fang, J.Y., 2011. *In vitro* mutation induction of *Saintpaulia* using ethyl methanesulfonate. *HortScience*, 46(7), pp. 981–984. doi: 10.21273/hortsci.46.7.981.
- Greene, E.A. Codomo., C.A., Taylor., N.E., Henikoff. J.G., Till, B.J., Reynolds. S.H., Enns. L.C., Butner. C., Johnson. J.E., Odden. A.R., Comai. L. and Henicoff., 2003. Spectrum of chemically induced mutations from a large-scale reverse-genetic screen in *Arabidopsis*. *Genetics*, 164(2), pp. 731–740.
- Gupta, P.P., 1982. Genesis of microspore-derived triploid petunias. *Theoretical and Applied Genetics*, 61(4), pp. 327–331. doi: 10.1007/BF00272850.
- Hanafiah, D.S., Trikoesoemaningtyas., Yahya. S. dan Wirnas. D., 2012. Penggunaan mikro irradiasi sinar gamma untuk meningkatkan keragaman genetik pada varietas kedelai argomulyo (*Glycine max* (L.) Merr. *Jurnal Natur Indonesia*, 14(1), p. 80. doi: 10.31258/jnat.14.1.80-85.
- Handayati. W., 2013. Perkembangan pemuliaan mutasi tanaman hias di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*, 9(1), pp. 67–80.
- Hasbullah, N.A., Taha., R.M., Saleh. A and Mahmas. N., 2012. Irradiation effect on *in vitro* organogenesis, callus growth and plantlet development of *Gerbera jamesonii*. *Horticultura Brasileira*, 30(2), pp. 252–257. doi: 10.1590/s0102-05362012000200012.
- Hase, Y. Okamura. M., Takehita. D., Narumi. I. and Tanaka. A., 2009. Efficient induction of flower-color mutants by ion beam irradiation in petunia seedlings treated with high sucrose concentration. *Plant Biotechnology*, 27 (1), pp. 99–103. doi: 10.5511/plantbiotechnology.27.99.
- Ibrahim, R.R., Ahmad. Z., Saleh. S., Hassam. A.B and Ariffin. S. I., 2018. Chapter 8 mutation breeding in ornamentals, *Developments in Crop Science*. doi: 10.1016/B978-0-444-42786-1.50014-3.
- Jabeen, N. and Mirza, B., 2004. Ethyl methane sulfonate induces morphological mutations in *Capsicum annum*. *International Journal of Agriculture and Biology*, 6(2), pp. 340–345.
- Khan, S.J., Khan. H.U., Khan., R.D., Iqbal. M.M and Zafa. Y., 2000. Development of sugarcane mutants through *in vitro* mutagenesis. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 3(7), pp. 1123–1125.
- Kharkwal, M.C. and Shu, Q.Y., 2009. The role of induced mutations in world food security. *Induced Plant Mutations in the Genomics Era*, pp. 33–38.
- Kim, J.H., Baek. M.H., Chung. B.Y., Wi. S.G. and Kim. J.S., 2004. Alterations in the photosynthetic pigments and antioxidant machineries of red pepper (*Capsicum annum* L.) seedlings from gamma-irradiated seeds. *Journal of Plant Biology*, 47(4), pp. 314–321. doi: 10.1007/BF03030546.
- Klíma, M., Vyvadilová, M. and Kučera, V., 2008. Chromosome doubling effects of selected antimutagenic agents in *Brassica napus* microspore Culture. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 44(1), pp. 30–36. doi: 10.17221/1328-cjgpb.
- Krishna, H., Alizadeh. M., Singh. D., Singh U., Chauhan N., Eftekhari. M. and Sadh. R.K., 2016. Somaclonal variations and their applications in horticultural crops improvement. 3 *Biotech*. doi: 10.1007/s13205-016-0389-7.
- Kumar, G. and Kumar Rai, P., 2007. EMS induced karyomorphological variations in maize (*Zea mays* L.) inbreds. *Turkish Journal of Biology*, 31(4), pp. 187–195.
- Kurniasih, D. Ruswandi D., Karmana M.h., Qosim W.A., 2016. Variabilitas genotipe-genotipe mutan Krisan (*Dendranthema grandiflora Tzvelv.*). Gen- erasi MV5 hasil irradiasi sinar gamma. *Agrikultura*, 27(3), pp. 173–178. doi: 10.24198/agrikultura.v27i3.10881.
- Lakamisi, H., 2010. Prospek agribisnis tanaman hias dalam pot (POTPLANT). *Agrikan: Jurnal Ilmiah Agribisnis dan Perikanan*, 3(2), p. 55. doi: 10.29239/j.agrikan.3.2.55-59.
- Lertsutthichawan, A. Ruamrungsri. S., Duangkongsan. W. and Saetiew. K., 2017. Induced mutation of *chrysanthemum* by colchicine. *International Journal of Agriculture technology*, 13(7), pp. 2325–2332.
- Lestari. E.G., 2016. *Pemuliaan tanaman melalui induksi mutasi dan kultur in vitro*. Edited by Mariska and Sutrisno. IAARD Press.
- Lestari, E.G., 2012. Combination of somaclonal variation and mutagenesis for Crop Improvement. *Agrobiogen*, 8(1), pp. 38–44.
- Li, C. Dong. N., Zhao. Y., Wu. S., liu. Z., Zhai. J.,



2021. A review for the breeding of orchids: current achievements and prospects. *Horticultural Plant Journal*. Elsevier B.V. doi: 10.1016/j.hpj.2021.02.006.
- Maluszynski, M., Bichterlein, K., Zanten, V. and Ahloowalia, B.S., 2000. Officially released mutant varieties - the FAO/IAEA database. *Mutation breeding*, 12, pp. 1–12.
- Maluszynski, M., Ahloowalia, B.S. and Sigurbjörnsson, B., 1995. Application of *in vivo* and *in vitro* mutation techniques for crop improvement. *Euphytica*, 85(1–3), pp. 303–315. doi: 10.1007/BF00023960.
- Manzoor, A., Ahmad, T., Bashir, M.A., *et al.*, 2019. Studies on colchicine induced chromosome doubling for enhancement of quality traits in ornamental plants. *Plants*, 8(7), pp. 1–16. doi: 10.3390/plants8070194.
- Manzoor, A., Ahmad, T., Bashir, M.A., Hafiz, I.A. and Silvestri, C., 2019. Studies on Colchicine induced chromosome ornamental plants. *Plants (Basel)*, 8(7), pp. 1–16.
- Mba, C., 2013. Induced mutations unleash the potentials of plant genetic resources for food and agriculture. *Agronomy*, 3(1), pp. 200–231. doi: 10.3390/agronomy3010200.
- Miri, S.M., 2018. Mutation technique and its applications in the breeding of ornamental plants. (October), pp. 1–4. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/328601280\\_Mutation\\_technique\\_and\\_its\\_applications\\_in\\_the\\_breeding\\_of\\_ornamental\\_plants](https://www.researchgate.net/publication/328601280_Mutation_technique_and_its_applications_in_the_breeding_of_ornamental_plants).
- Mo, L. Chen. J., Lou, X., Xu, Q., Dong, R., Tong, Z., Huang H., Lin, E., 2020. Colchicine-induced polyploidy in *Rhododendron fortunei* Lindl. *Plants*, 9(4). doi: 10.3390/plants9040424.
- Natarajan, A.T., 2005. Chemical mutagenesis: From plants to human. *Current Science*, 89(2), pp. 312–317. doi: 10.1029/JC089iC06p10431.
- Nishihara M and T.N., 2010. *Chapter 29 Genetic Engineering of Novel Flower Colors in Floricultural Plants: Recent Advances via Transgenic Approaches, Protocols for in vitro Propagation of ornamentals Plants*. doi: 10.1007/978-1-60327-114-1.
- Noman, A. Aqeel. M., Deng J., Khalid. N., Sanaullah. T. and Shuilin. H., 2017. Biotechnological advancements for improving floral attributes in ornamental plants. *Frontiers in Plant Science*, 8, pp. 1–15.
- Pratomo, A.G. dan Andri, K.B., 2015. Aspek sosial ekonomi dan potensi agribisnis bunga krisan di Kabupaten Pasuruan Jawa Timur. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 4(2), pp. 70–76. doi: 10.29244/jhi.4.2.70-76.
- Purnamaningsih, R. and Hutami, S., 2016. Increasing al-tolerance of sugarcane esing ethyl methane sulphonate and in Vitro selection in the Low pH Media. *HAYATI Journal of Biosciences*. 23(1), pp. 1–6. doi: 10.1016/j.hjb.2016.01.006.
- PurwatiI , R.D., Harran, S. and Sudarsono, 2007. In vitro selection of abaca for resistance to *Fusarium oxysporum* f.sp. Cubense. *HAYATI Journal of Biosciences*, 14(2), pp. 65–70. doi: 10.4308/hjb.14.2.65.
- Qosim, W. A., Istifadah, Djatnika dan Yunitasari. 2016. Pengaruh mutagen etil metan sulfonat terhadap kapasitas regenerasi tunas hibrida *Phalaenopsis* in vitro. *Jurnal Hortikultura*, 22 (4), p. 360. doi: 10.21082/jhort.v22n4.2012.p360-365.
- Qosim, W.A., Purwanto, R., Wattimena. G.A. dan Witjaksono., 2007. Pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap kapasitas regenerasi kalus nodular tanaman manggis. *HAYATI Journal of Biosciences*, 14(4), pp. 140–144. doi: 10.4308/hjb.14.4.140.
- Raina, A. Laskar. R.A., Khursheed S., Amin. R., Tantray. Y.R., Parven. K. and Khan., 2016. Role of mutation breeding in Crop Improvement- Past, Present and Future. *Asian Research Journal of Agriculture*, 2(2), pp. 1–13. doi: 10.9734/ARJA/2016/29334.
- Ramulu, Verhoeven, H.A. and Dijkhuis, P., 1991. Mitotic blocking, micronucleation, and chromosome doubling by oryzalin, amiprofos-methyl, and colchicine in potato. *Protoplasma*, 160(2–3), pp. 65–71. doi: 10.1007/BF01539957.
- Sanjaya, L., Marwoto, B. dan Soehendi, R., 2015. Membangun industri bunga krisan yang berdaya saing melalui pemuliaan mutase. *Pengembangan Inovasi Pertanian*, 8(1), pp. 43–54.
- Sattler, M.C., Carvalho, C.R. and Clarindo, W.R., 2016. The polyploidy and its key role in plant breeding. *Planta*. Springer Berlin Heidelberg, 243(2), pp. 281–296. doi: 10.1007/s00425-015-2450-x.
- Schum, A., 2003. Mutation breeding in ornamentals: An efficient breeding method?. *Acta Horticulturae*, 612, pp. 47–60. doi: 10.17660/ActaHortic.2003.612.6.
- Senapati, S.K. and Rout, G.R., 2011. *In vitro* mutagenesis in *Rosa hybrida* using oryzalin as a mutagen and screening of mutants by randomly amplified polymorphic DNA (RAPD) marker. *African Journal of Biotechnology*, 10(30), pp. 5705–5712. doi: 10.4314/ajb.v10i30.
- Sianipar, N.F.F., Laurent. D., Purnamaningsih. R. and Darwati. I., 2015. Genetic variation of the

- first generation of rodent tuber (*Typhonium flagelliforme* Lodd.) Mutants based on RAPD molecular markers. *HAYATI Journal of Biosciences*, 22(2), pp. 98–104. doi: 10.4308/hjb.22.2.98.
- Sukamto, L.A., Ahmad, F. dan Wawo, A.H., 2015. Pengaruh oryzalin terhadap tingkat Ploidi tanaman Garut (*Maranta Arundinacea* L.). *Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat*, 21(2), pp. 93–102. doi: 10.21082/bullitro.v21n2.2010.
- Suprasanna ; S.J, Mirajkar. S.G.B., 2015. *Induced Mutation and Crop Improvement, Plant Biology and Biotechnology: Plant Diversity, Organization, Function and Improvement*. doi: 10.1007/978-81-322-2286-6.
- Surya, M.I., Ismaini. L., Destri. D. and Normasiwi. S., 2016. An effort of mutation breeding by oryzalin and gamma rays on wild raspberry (*Rubus* sp.) in Cibodas Botanical Garden. *Biosaintifika: Journal of Biology and Biology Education*, 8(3), p. 331. doi: 10.15294/biosaintifika.v8i3.6559.
- Wang, Y. Liu. L., Song. S., Li. Y., Shen L and Yu. H., 2017. DOFT and DOFTIP1 affect reproductive development in the orchid *Dendrobium Chao Praya Smile*. *Journal of Experimental Botany*, 68 (21–22), pp. 5759–5772. doi: 10.1093/jxb/erx400.
- Xing, S.H., Guo X.B., Wang Q., Pan Q.W., Tian. Y.S., Liu. P., Zhao. J.Y., Wang. G.F., Sun. X.F., and Tang. K.X., 2011. Induction and flow cytometry identification of tetraploids from seed-derived explants through colchicine treatments in *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 2011. doi: 10.1155/2011/793198
- Yamaguchi, H. Shimizu. A., Degi. K. and Morishita. T., 2008. Effects of dose and dose rate of gamma ray irradiation on mutation induction and nuclear DNA content in chrysanthemum. *Breeding Science*, 58(3), pp. 331–335. doi: 10.1270/jsbbs.58.331.
- Yamaguchi, H. Hase. Y., Tanaka. A., Shikazono. N., Degi. K., Shimizu. A. and Morishita. T., 2009. Mutagenic effects of ion beam irradiation on rice. *Breeding Science*, 59(2), pp. 169–177. doi: 10.1270/jsbbs.59.169.